

**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 2021

RAPPORTO n. 16

OPERATORE SCIENTIFICO:

**CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS, AGROLAB
AMBIENTE S.R.L., 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

ALESSIO GOMIERO

LUDMILA KOZINKOVA

FRANCESCO REGOLI

MARIA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

ANNA NORA TASSETTI

LIDIA URBINI



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM
Referente SZN	S. Stefanni	
Referente OGS	G. Siena	
Referente CIBM	A.M. De Biasi	
Referente UNIVPM	E. Fanelli	
Referente CONISMA-UNIVPM	F. Regoli	
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni	

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

V. Salvalaggio	CNR - IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
P. Ottoni	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile di Laboratorio
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare
C. Fabbro	OGS	Campionamento in mare
S. Kuchler	OGS	Campionamento in mare
F. Relitti	OGS	Analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
A. Buondonno	SZN	Campionamento in mare, Analisi clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati, stesura relazione clorofille
F. Rebecchi	CNR - IRBIM	Campionamento in mare
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

T. Manarini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
L. Montagnini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Rebecchi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	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
A. Gomiero	NORCE Research Institute Norvegia	Analisi di bioaccumulo in <i>H. diversicolor</i> e stesura relazione

ANALISI IN MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

P. Ottoni	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB Ambiente S.r.l.	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' ITTICA

C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati provenienti dai campionamenti di pesca, stesura relazione
A.N. Tassetti	CNR-IRBIM	Survey acustici e visivi; analisi ed elaborazione dati, stesura relazione

ANALISI DI RISCHIO AMBIENTALE

F. Regoli	CONISMA-UNIVPM	Responsabile Scientifico Analisi di rischio ambientale
S. Gorbi	CONISMA-UNIVPM	Stesura relazione Analisi di rischio ambientale
G. D'Errico	CONISMA-UNIVPM	Analisi di rischio ambientale (WOE)

SUPPORTO INFORMATICO

P. Scarpini	CNR-IRBIM	Gestione e manutenzione dei supporti informatici per l'elaborazione e conservazione dei dati
-------------	-----------	--

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE	4
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	7
2.1.3.	INDAGINI FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI ...	7
2.1.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	10
2.1.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	11
2.1.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	11
2.1.6.1	Campionamenti di pesca	11
2.1.6.2	Investigazioni acustiche	12
2.1.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	14
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	14
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	14
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	23
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>	34
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 SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	48
2.2.6.1	Campionamenti di pesca	48
2.2.6.2	Investigazioni acustiche	50
2.2.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	52
2.2.8.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE).....	52
3.	RISULTATI.....	62
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	62
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	62
3.1.2.	NUTRIENTI.....	70
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO.....	78
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	86
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	90
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	90
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	97
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	100

3.3.1.	GRANULOMETRIA	100
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	104
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	117
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	119
	3.4.4.1 Estrazione sequenziale del bario	137
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	137
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)	140
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	143
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	143
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	144
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	145
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	147
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	150
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	151
3.5.2.	BIOMARKER.....	156
	3.5.2.1 Micronuclei	156
	3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi	159
	3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	160
	3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali.....	161
	3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale.....	162
	3.5.2.6 Livelli di metallotioneine	163
	3.5.2.7 Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente.....	164
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	165
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI	165
	3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE).....	165
	3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA).....	166
	3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	167
	3.6.1.4 Metalli pesanti	169
3.6.2.	BIOMARKER.....	172
	3.6.2.1 Stress on stress.....	172
	3.6.2.2 Micronuclei	173
	3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine	173
	3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri	174
	3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali.....	175
	3.6.2.6 Attività della Catalasi	175
	3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide	176
	3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine	177
	3.6.2.9 Livelli di mRNA delle metallotioneine MT ₁₀ e MT ₂₀	177
3.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	179
3.7.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	179
	3.7.1.1 Ricchezza specifica (S) e diversità specifica (H')	179
	3.7.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture	182
	3.7.1.3 Affinità delle specie catturate con i substrati duri	185
3.7.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE	186
3.7.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA.....	200
3.8.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	202
3.8.1.	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE 1)	202
3.8.2.	CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE 2)	205



3.8.3.	RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOAMARKER (LOE 3)	206
3.8.4.	CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE 4) ...	206
3.8.56.	ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	208
4.	CONCLUSIONI.....	211
5.	BIBLIOGRAFIA	221
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 sul popolamento ittico	XVII
- ALL. A4	Indagini in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	XXI
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti lungo i transetti A e B e dei Controlli K1 – K4. 11° survey post lavori (inverno 2021).....	XXVIII

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 la piattaforma alla già esistente Bonaccia. Tale monitoraggio dal 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 AGROLAB Ambiente S.r.l. 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; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a) 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 insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico;
9. rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

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;
- c. Fase di produzione;
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento;
 2. smantellamento;
 3. post-smantellamento.

In base a quanto riportato nel Decreto n. 0000222 del Ministero Ambiente a partire dal 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno post lavori di installazione della piattaforma, sarebbero proseguiti esclusivamente i campionamenti della colonna d'acqua. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 le indagini relative agli aspetti fisici, chimici ed ecotossicologici dei sedimenti, quelle sul bioaccumulo e biomarker in organismi marini (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*) e i survey acustici e visivi per lo studio del popolamento ittico non sono stati effettuati a causa dell'emergenza COVID-19 (Spagnolo *et al.*, 2021c). Dunque, esse sono state ripetute nel 2021.

Nel presente rapporto sono pertanto descritti i risultati conseguiti per la piattaforma Bonaccia NW nel 1° semestre 2021 relativi a tutti gli aspetti sopra indicati, confrontati con i precedenti.

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In verde le fasi di monitoraggio concluse; in giallo quelle ancora in corso. In rosa le indagini che si sarebbero dovute concludere nel 2020 ma, non essendo state effettuate nel 1° semestre a causa del lockdown per COVID-19 che ha sospeso tutte le attività, sono state ripetute nel 1° semestre 2021.

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) (Leonori *et al.*, 2016)

** 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.

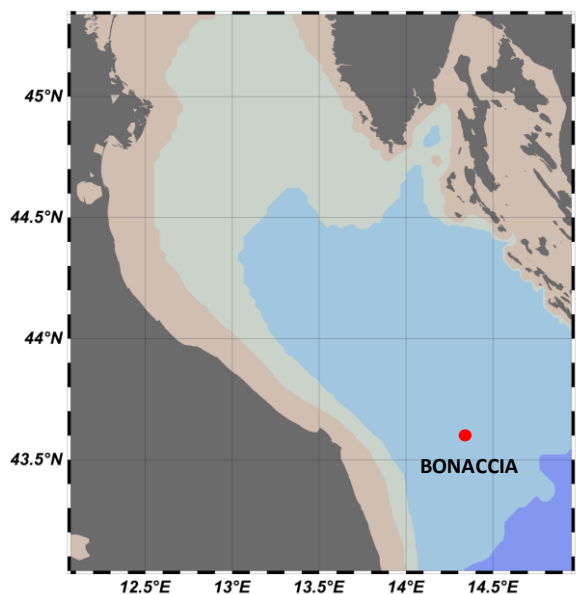


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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 1° semestre 2021 sono stati condotti 3 survey (febbraio, marzo e maggio).

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).

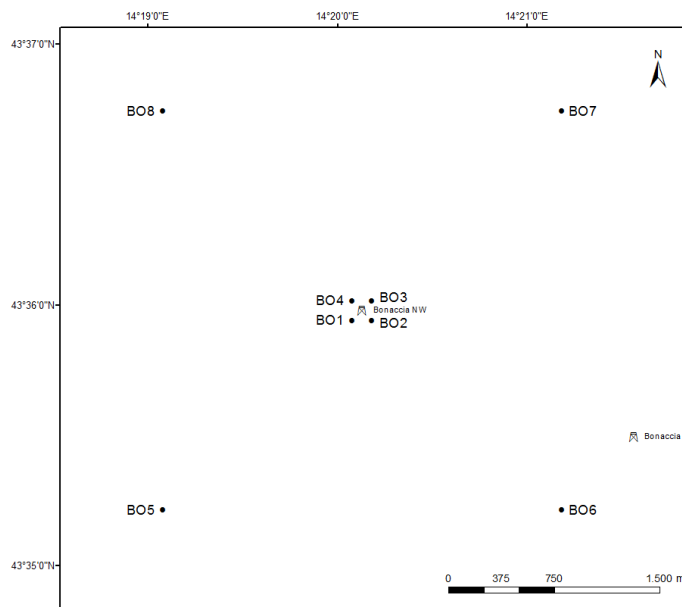


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

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
BO1	43° 35' 57"N	14° 20' 05"E	100	SW
BO2	43° 35' 57"N	14° 20' 12"E	100	SE
BO3	43° 36' 02"N	14° 20' 12"E	100	NE
BO4	43° 36' 02"N	14° 20' 05"E	100	NW
BO5	43° 35' 13"N	14° 19' 06"E	2000	SW
BO6	43° 35' 14"N	14° 21' 12"E	2000	SE
BO7	43° 36' 45"N	14° 21' 11"E	2000	NE
BO8	43° 36' 45"N	14° 19' 05"E	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 Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali;
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio,

nicel, 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

Nel 1° semestre 2021 è 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. L'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 dal 01 gennaio al 30 giugno.

2.1.3. INDAGINI FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

Come anticipato nel Cap. 1., nel 1° semestre 2020 non è stato possibile effettuare le analisi di laboratorio sui sedimenti per il tempo di stoccaggio dei campioni troppo prolungato a causa del lockdown nazionale per COVID-19 che li aveva resi inutilizzabili. Il survey è stato pertanto ripetuto nel 1° semestre 2021 (11° survey post lavori). Come precedentemente 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 2021, ovvero nell’11° survey post lavori di installazione.

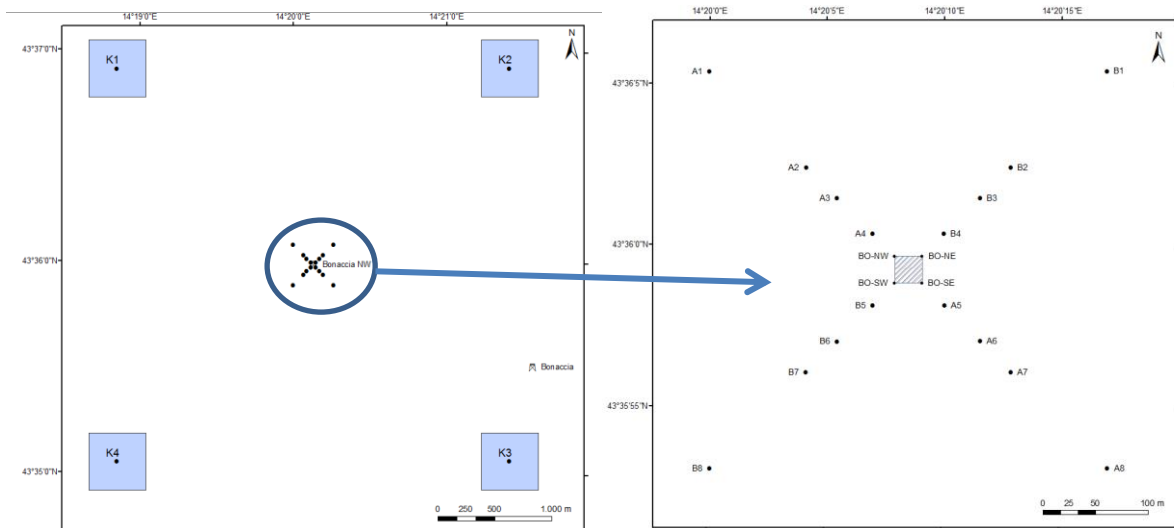


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche nella fase di produzione di Bonaccia NW, con il particolare dei 20 siti posti attorno alla piattaforma.

Indagini fisiche e chimiche - 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 $+4^{\circ}\text{C}$.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nell'11° survey post lavori di installazione (inverno 2021) per le indagini sedimentologiche. 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°36'099N 14°20'054E	86,6
A2	120	NW	43°36'072N 14°20'087E	86,8
A3	60	NW	43°36'039N 14°20'060E	86,8
A4	30	NW	43°36'052N 14°20'107E	87,3
BO NW	0	NW	43°36'042N 14°20'164E	86,8
BO SE	0	SE	43°36'014N 14°20'212E	87,3
A5	30	SE	43°35'988N 14°20'171E	87,0
A6	60	SE	43°35'966N 14°20'183E	86,8
A7	120	SE	43°35'959N 14°20'209E	86,8
A8	250	SE	43°35'921N 14°20'254E	86,6
B1	250	NE	43°36'025N 14°20'309E	86,6
B2	120	NE	43°36'052N 14°20'210E	86,9
B3	60	NE	43°36'056N 14°20'165E	86,8
B4	30	NE	43°36'037N 14°20'150E	87,1
BO NE	0	NE	43°36'044N 14°20'165E	87,3
BO SW	0	SW	43°36'016N 14°20'122E	87,3
B5	30	SW	43°35'999N 14°20'109E	87,0
B6	60	SW	43°35'969N 14°20'118E	87,1
B7	120	SW	43°35'958N 14°20'117E	87,0
B8	250	SW	43°35'900N 14°19'979E	86,5
K1	2000	NW	43°36'837N 14°19'443E	84,5
K2	2000	NE	43°36'730N 14°20'994E	85,3
K3	2000	SE	43°35'307N 14°21'181E	86,3
K4	2000	SW	43°35'002N 14°19'979E	85,8

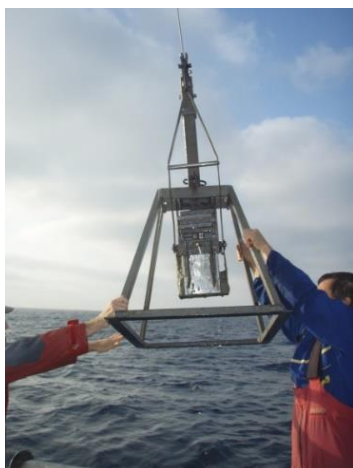


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini ecotossicologiche - Sino all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) 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'area da indagare inserendo anche gli altri 3 siti BO (BO NW, BO SW e BO NE) e le 4 stazioni posizionate a 30 m di distanza (A4, A5, B4 e B5). I campioni di sedimento sono stati prelevati mediante benna Van-Veen (fig. 2.5) in aliquote adeguate allo 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.



Fig. 2.5 – Benna Van Veen utilizzata per il prelievo di campioni di sedimento da destinare alle indagini ecotossicologiche.

2.1.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

Nel 1° semestre 2020 le analisi relative a queste indagini sono state effettuate per i motivi di cui al capitolo precedente, per cui sono state ripetute nel 1° semestre 2021.

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. A partire dall'inverno 2019 è stata anche applicata una batteria di biomarker. I campioni di sedimento da utilizzare sono

stati prelevati e trattati con le stesse modalità descritte nel Capitolo precedente.

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

Anche queste indagini sono state ripetute nel 1° semestre 2021 perché nel medesimo periodo del 2020 il campionamento è stato improvvisamente interrotto per il COVID-19 e non è stato possibile prelevare i mitili da Bonaccia NW.

Come precedentemente i campioni sono stati raccolti 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'ultimo campionamento dai due siti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo: 62 ± 7 mm
2. Vicino Anodo: 70 ± 8 mm
3. Lontano Anodo: 67 ± 8 mm.

2.1.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.1.6.1 Campionamenti di pesca

Le indagini sul popolamento ittico mediante campionamenti di pesca sono iniziate nel gennaio 2016 e sono continuate sino a dicembre 2020. Nel 1° semestre 2020 non sono stati effettuati tre dei sei campionamenti mensili previsti a causa del lockdown nazionale dovuto all'emergenza epidemiologica, ma è stato comunque possibile ottenere un quadro esaustivo dell'evoluzione del popolamento ittico avendo a disposizione 5 anni di dati (i risultati complessivi relativi all'intero periodo di indagine sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2022b). Ciononostante, nei primi sei mesi del 2021 i campionamenti di pesca sono stati ripetuti essendo i risultati necessari per l'interpretazione dei dati derivati dalle indagini acustiche che invece, come specificato nel Cap. 2.1.6.2, nel 1° semestre 2020 non erano state affatto eseguite.

I survey di pesca sono stati condotti 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 effettuati 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. 3-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.

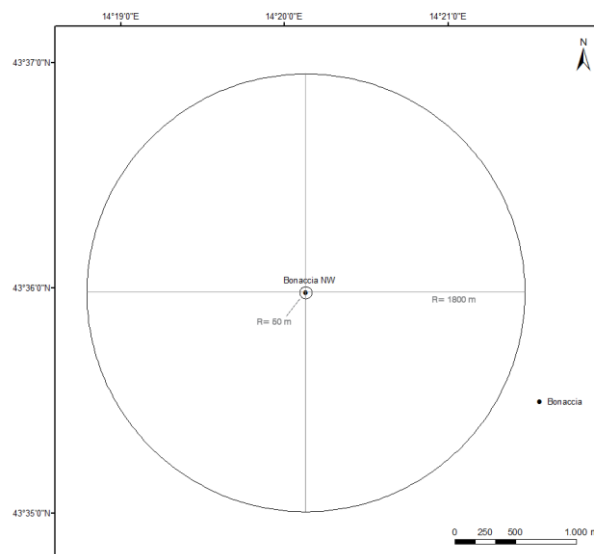


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

2.1.6.2 Investigazioni acustiche

Nel 1° semestre 2020 non è stato possibile effettuare questa tipologia di indagine per problemi tecnici e per il sopraggiungere dell’emergenza COVID-19; pertanto, l’indagine non è terminata a dicembre 2020 come inizialmente previsto ma è continuata anche nel 1° semestre 2021.

Come di consueto, le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con il sistema multibeam echosounder (MBES) Kongsberg EM2040CD (All. A3-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 in 10 transetti, di interesse 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. 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 survey 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.

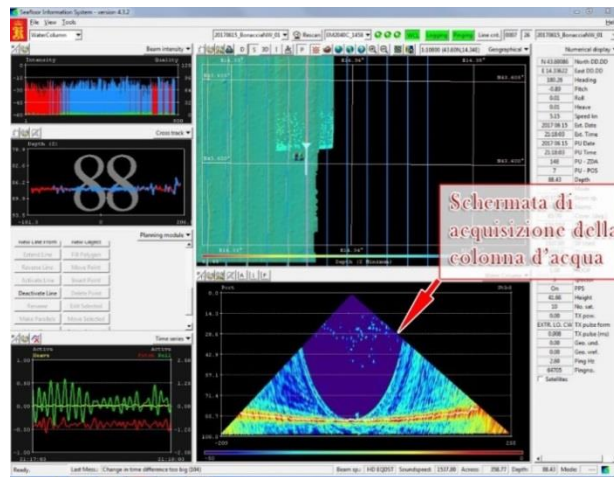


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

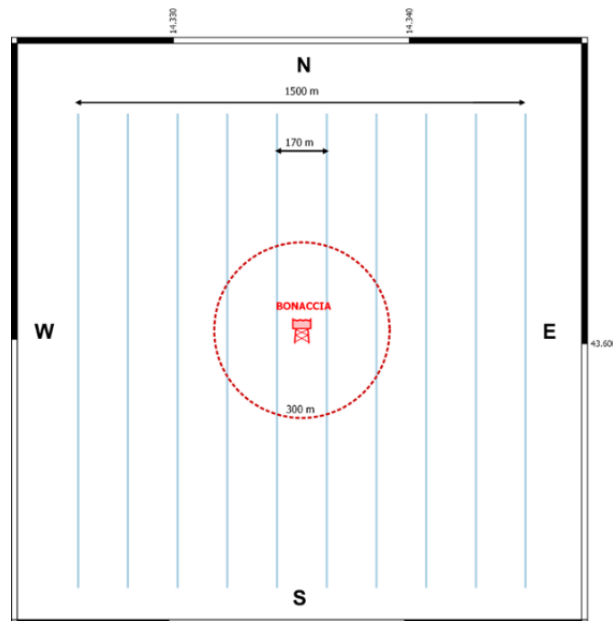


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

2.1.6.3 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. 3-III) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 200 m 200 m), con intensità di appena 2 millesimi di lux. Le registrazioni sono state effettuate immergendo la telecamera in prossimità della piattaforma a vari step di profondità, controllando contemporaneamente le registrazioni dal monitor del notebook ad essa collegato: in tal modo si sono acquisiti filmati sulle aggregazioni rilevate ed è stata individuata la quota a cui sono state riscontrate nella colonna d'acqua.

2.2. 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.

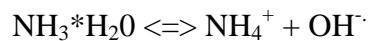
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale $0,7\ \mu m$), precombusti a $450^\circ C$ per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a $-20^\circ C$ 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 (NO_2) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopulazione 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
- NH₄: 0,02 µM
- PO₄: 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.

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

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).

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. 2.9) 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).

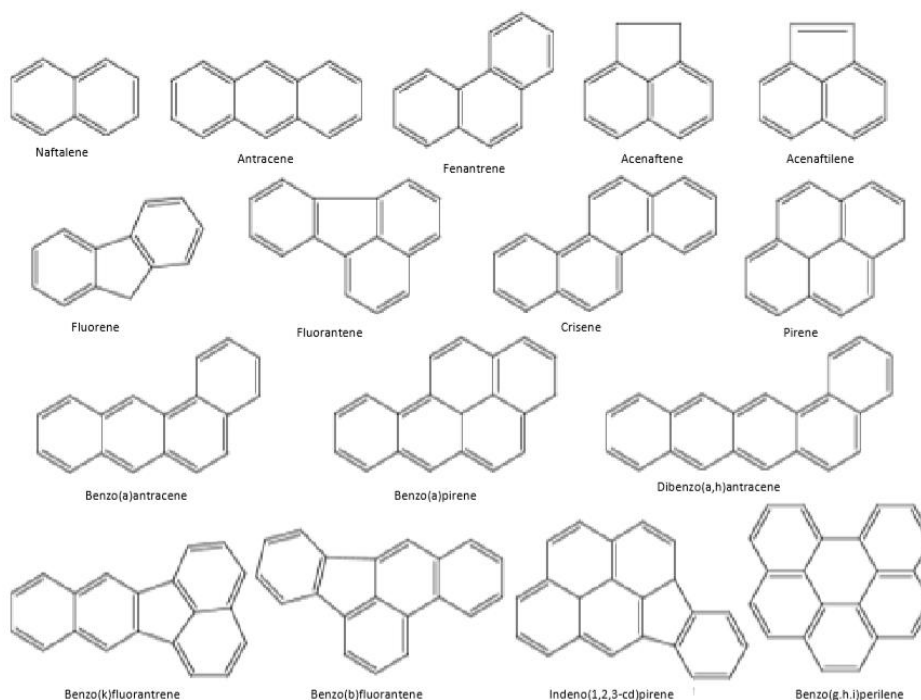


Fig. 2.9 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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).

Nel presente rapporto sono riportati nel dettaglio i risultati conseguiti nel 1° semestre 2021. Per i precedenti consultare Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b e Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c e 2022b.

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.

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

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. A2-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento è 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$ di sostanza secca: Naftene, Acenaftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, DiBenzo(a,h)Antracene, Fluorene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indeno(1,2,3,c,d)Pirene. Le rette di calibrazione sono state preparate con la tecnica della standardizzazione esterna utilizzando come IPA di riferimento il Perilene, che permette anche di normalizzare le aree dei picchi dei singoli componenti la miscela e di confrontarle tra loro ai fini della quantizzazione.

Idrocarburi totali - Per gli idrocarburi leggeri ($C < 12$) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. A2-VI).

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

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio e zinco.

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO_3 , 1 ml di HCl e 4 ml di H_2O .

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri. L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A2-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**, **silicio**, **ferro**, **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 HNO_3 , 3 ml di HCl (acidi

concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

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

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

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

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

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

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 HNO₃ 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 HNO₃ 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 HNO₃ 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 g di sostanza essiccata (in stufa per 48h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

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

2.2.3. 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±2°C e areati in continuo.

Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l CdCl₂.

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

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

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

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

2.2.3.4 *Crassostrea gigas*

Il test di embriotossicità con *C. gigas* è stato eseguito in accordo con la linea guida standard ASTM E724-98. 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
50 < S ≤ TL	Bassa		
1 ≤ TU < 2	Media	Semiscala delle T.U.	S ≤ 50
2 ≤ TU < 4	Alta		
TU ≥ 4	Molto alta		

Dove:

$$S = \left[\frac{\text{Sopravvissuti campione}}{\text{Sopravvissuti controllo}} \right] \cdot 100$$

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

2.2.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

2.2.4.1 Ricerca di metalli pesanti

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±2‰, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm³ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±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, NH₄⁺ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di 16±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non

dovrebbe superare il 10%.

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

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

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

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 + 4°C 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), aggiungendo 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 µl 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 l' 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'H₂O₂ 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 µl di surnatante ottenuto è stato prelevato e aggiunto a 200 µl di soluzione 0,5M di H₂O₂ e 750 µl di tampone fosfato.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di H₂O₂ 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 ditiorettiolo (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 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 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-nitrobenzoico) 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,

nicel, 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 ottinimento di due distinte frazione; 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. A4-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 H₁₂) inclusi

(b) *Analisi frazione estraibile*: una aliquota del campione è triturata, 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. A4-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. A4-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 rilevatore 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. A4-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. A4-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

inviata 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. A4-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 (All. A4-IV).

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 ($4\pm 1^\circ\text{C}$) in un frigorifero a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione (All. A4-V). Quotidianamente sono stati registrati e asportati gli individui morti fino ad esaurimento degli organismi, registrando LT_{50} e LT_{90} . Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano a 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. A4-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. A4-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. A4-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 μm^2 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 alcool 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. A4-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. A4-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 (fenilmetilsolfonilfloruro) 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. A4-IX), la frazione citosolica è stata aliquotata e conservata a -80°C. L'attività enzimatica della catalasi è stata analizzate 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. A4-X). Il saggio è condotto per un minuto in un volume finale di 1 ml contenente

tampone Kfosfato 100 mM a pH 7, con H₂O₂ 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. A4-XI). La reazione di coniugazione è stata condotta a 45°C per 40' 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. A4-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. A4-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. A4-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 (All. A4-XIV).

L'RNA totale è stato purificato da 50-100 mg di ghiandola digestiva tramite kit Hybrid-R™, 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; All. A3-XIV). 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 templatato. 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	Genbank
<i>mt10</i>	Fwd: GGGCGCCGACTGTAAATGTTTC Rev: CACGTTGAAGGCCCTGTACACC	Dondero <i>et al.</i> , 2005	93 bp	55 °C	HQ681034
<i>mt20</i>	Fwd: TGTGAAAGTGGCTGCGGA Rev: GTACAGCCACATCCACACGC	Dondero <i>et al.</i> , 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 SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.6.1 Campionamenti di pesca

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

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

Per *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 periodo di survey, sia la Ricchezza Specifica per cala (S), come numero di specie catturate in ogni campionamento di pesca.

L’indice di Shannon-Weaver (H' ; Pielou, 1974), utilizzato per valutare la diversificazione del popolamento 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 Shapiro-Wilk e di Levene. Se tali assunzioni non erano rispettate è stata eseguita una trasformazione logaritmica dei dati, se dopo la trasformazione le assunzioni non venivano comunque rispettate è stato applicato il test non parametrico di Mann-Whitney (Gibbons e Chakraborti, 2011). Per tutti i test statistici è stato utilizzato il software statistico R.

In questa relazione si riportano solo i risultati del 1° semestre 2021. Per i precedenti consultare Spagnolo *et al.*, 2022b.

2.2.6.2 Investigazioni acustiche

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

Dopo la conversione dei *raw data*, è stato eseguito lo *screening* dettagliato degli ecogrammi bidimensionali relativi a ciascun transetto. Una volta individuata una possibile aggregazione di pesce (*target*), sono stati selezionati i ping contenenti l'aggregazione creando un sottoinsieme dell'ecogramma. In presenza di rumore di fondo ben distinguibile dal *target*, è stata applicata una pulizia del dato utilizzando una procedura di mascheramento. D'altra parte, nel caso di intenso e diffuso rumore di fondo dovuto alla presenza di strutture e/o oggetti in grado di creare un forte *backscatter* e *scattering* dell'impulso acustico, non è stato possibile individuare alcun banco di pesce per l'alto livello di mascheramento. Questo avviene per esempio in prossimità della piattaforma stessa (fig. 2.10) la cui base, costituita da pali che si estendono verticalmente lungo tutta la colonna d'acqua, causa intensi fenomeni di *backscatter* e di *scattering* omnidirezionale. Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo sono stati presi in considerazione solo quei *target* chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo.

Una volta individuato, il banco di pesce è stato estratto tramite la procedura *target detection* e l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.11).

Poiché il sistema EM2040CD non può essere calibrato per il riconoscimento di particolari specie ittiche, si è considerato l'*uncalibrated volume backscatter strength* (S_{vu}) compreso tra $-35 +64$ dB re $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$, intervallo scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. Va precisato che, nonostante i valori di S_{vu} non possano essere considerati esatti a priori (data la non calibrazione dello strumento), lo strumento può comunque calcolare in maniera attendibile le metriche dei banchi stessi (lunghezza, altezza, superficie e volume), mentre non è funzionale al calcolo dei parametri più strettamente dipendenti dalle variabili acustiche registrate (ad esempio, la quantità di biomassa). Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del *target* permette di estrarne le caratteristiche metriche e acustiche che, quando possibile, sono state usate 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 estratte per ogni *target* tridimensionale (Tab. 2-XI).

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.

In questo rapporto si descrivono i risultati conseguiti nel 1° semestre 2021. I precedenti sono disponibili in Fabi *et al.*, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a e 2019b e in Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b e 2021c.

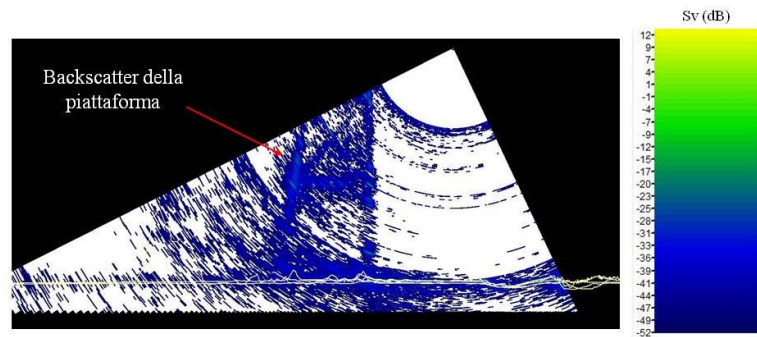


Fig. 2.10 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Bonaccia NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali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

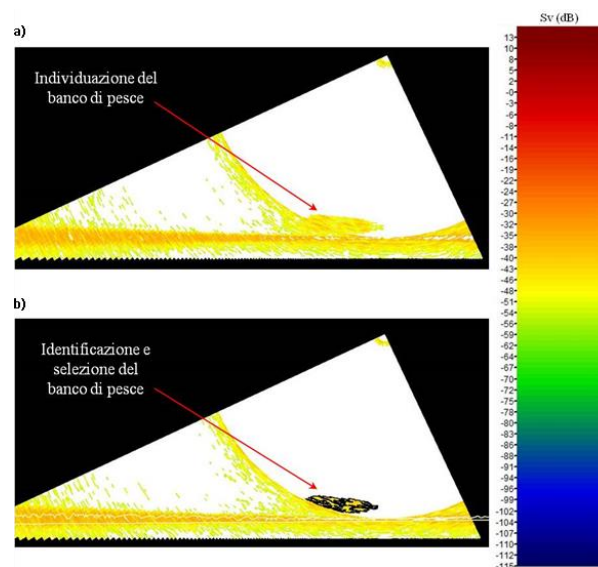


Fig. 2.11 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echowiew. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra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

Tab. 2-XI - 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.

2.2.6.3 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.

2.2.7. ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

I dati sono stati elaborati in un modello di analisi di rischio (SediquaSoft) basato su un approccio quantitativo del tipo Weight Of Evidence (WOE), in grado di integrare i risultati ottenuti da diverse tipologie di indagine (o linee di evidenza, LOEs), nella valutazione di rischio ecologico. Questo modello contiene specifici algoritmi e diagrammi di flusso che, sulla base di precisi obiettivi ed assunzioni da giudizio esperto, permettono di applicare criteri di integrazione ponderata ad ampi data-sets di dati ottenuti fino a 5 linee di evidenza: caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE-1), biodisponibilità dei contaminanti in organismi bioindicatori (LOE-2), effetti subletali misurati tramite batterie di biomarker (LOE-3) ed effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici (LOE-4), analisi delle comunità bentoniche (LOE-5). Ciascuna linea di evidenza è stata sviluppata all'interno di un singolo modulo in grado di fornire per ciascuna tipologia di dati sia un indice quantitativo di pericolo (HQ, Hazard Quotient), che un giudizio sintetico del livello di pericolo (suddiviso in 5 classi da assente a molto alto).

Queste procedure di calcolo sono state ulteriormente sviluppate all'interno di un Software dedicato che, nonostante l'elaborazione di dati complessi in indici sintetici, mantiene tuttavia informazioni di grande importanza e valore scientifico utili per eventuali approfondimenti. Il modello Sediqualssoft prevede poi un modulo di elaborazione finale WOE che integra le diverse linee di evidenza, dando un peso diverso in funzione della loro rilevanza ai fini dell'indagine, per arrivare alla valutazione sia quantitativa che qualitativa del Rischio Ecologico (Piva *et al.*, 2011; Regoli *et al.*, 2019). Nel presente studio sono stati integrati i risultati relativi a 4 linee di evidenza (LOE 1 - caratterizzazione chimica dei sedimenti; LOE 2 - biodisponibilità dei contaminanti, bioaccumulo; LOE 3 - effetti subletali misurati tramite batterie di biomarker; LOE 4 - effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici); i principali criteri scientifici e i relativi flow-charts sviluppati per queste 4 LOEs nell'ambito del modello Sediqualssoft sono di seguito riportati.

LOE1 - Caratterizzazione chimica dei sedimenti - Per la elaborazione dei dati relativi alle concentrazioni delle sostanze chimiche nei sedimenti, i criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo complessivo che, nei confronti di diversi riferimenti normativi o standard di qualità ambientale (SQA) per i sedimenti, considera il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, la pericolosità di tali parametri, e l'entità degli sforamenti rispetto ai limiti previsti. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un "peso" (da 1 a 1.3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1) o che, al contrario, siano inseriti nella lista delle sostanze "prioritarie" (peso 1.1) o in quella delle sostanze "pericolose e prioritarie" (peso 1.3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente.

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate per ciascun parametro rispetto ai valori indicati nei riferimenti normativi o SQA adottati in funzione dell'obiettivo di protezione scelto. In questo studio i riferimenti utilizzati per i vari parametri chimici sono quelli relativi agli Standard di Qualità Ambientale riportati nel

D. Lgs 172/2015, ed i limiti L1 e L2 previsti dal DM 173/2016 sulla caratterizzazione e classificazione della qualità dei sedimenti marini soggetti ad attività di movimentazione. In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (equazione 3 del flow-chart di fig. 2.12); il valore di RTR viene corretto in funzione del “peso” del contaminante per ottenere un valore di RTR_w (equazione 4), al fine di enfatizzare l’importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi. Il calcolo dell’indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQ_C), è ottenuto dalla media di tutti gli RTR_w dei parametri con RTR ≤ 1 (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTR_w di tutti i contaminanti con RTR > 1 (equazione 5), dove N e M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ o > 1, mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.

Con tale procedura di calcolo, l’indice di pericolo chimico (HQ_C) varia in funzione del numero di parametri che superano i riferimenti (i cui RTR_w sono addizionati nella sommatoria Σ), dell’entità del superamento e della tipologia dei contaminanti. La scelta di non calcolare l’HQ_C come media degli RTR_w di tutti i parametri chimici analizzati (indipendentemente dalle loro variazioni), permette di evitare che il pericolo chimico legato ad alcuni contaminanti possa essere abbassato dall’analisi di molti altri composti che non superano i propri limiti e che, nel calcolo di un valore mediato, andrebbero a “diluire” il contributo di poche sostanze. In assenza di parametri che superano i propri limiti normativi, l’indice HQ_C è in grado di discriminare anche sedimenti solo moderatamente inquinati, con parametri che presentano concentrazioni vicine ai valori di riferimento.

L’indice chimico HQ_C è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore (Tab. 2-XII). Poiché la procedura di calcolo non cambia in funzione del tipo di riferimento scelto per il confronto, i dati chimici vengono elaborati contemporaneamente per ottenere un valore di HQ_C ed una classe di pericolo chimico nei confronti di più riferimenti (es. SQA, L1 e L2).

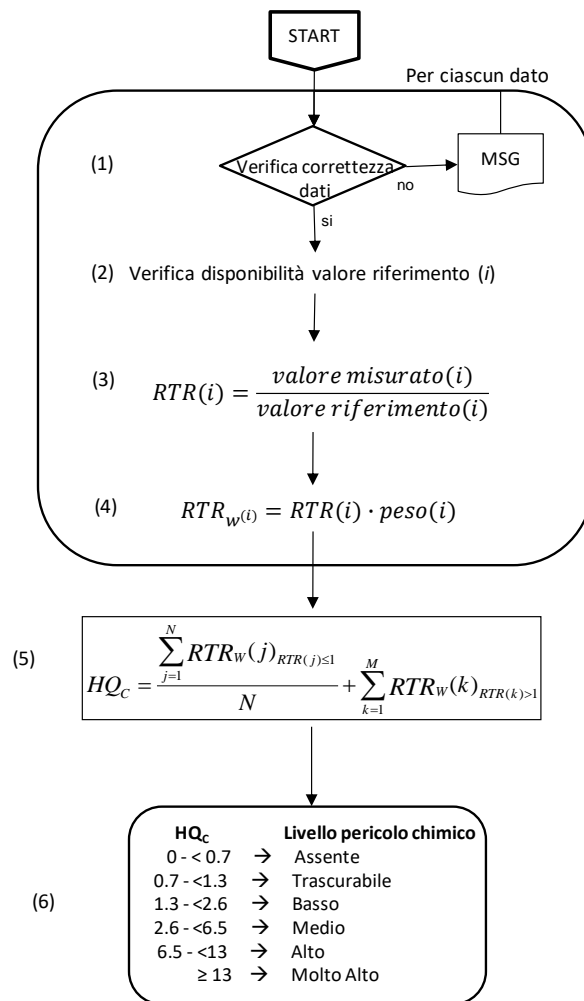


Fig. 2.12 - Procedura per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE 1).

Tab. 2-XII – Livelli di pericolo chimico e relativi indici chimici (HQ_c).

Assente	HQ _c < 0,7
Trascurabile	0,7 ≥ HQ _c < 1,3
Basso	1,3 ≥ HQ _c < 2,6
Medio	2,6 ≥ HQ _c < 6,5
Alto	6,5 ≥ HQ _c < 13
Molto alto	HQ _c ≥ 13

LOE2 - Bioaccumulo - L'elaborazione dei dati di biodisponibilità è fondamentale in quanto permette di stabilire il pericolo associato al possibile trasferimento di contaminanti ambientali al comparto biotico. Nel calcolo del pericolo biodisponibilità (HQ_{BA}), per ciascun parametro viene calcolata la variazione di concentrazione rispetto ai controlli (RTR), corretta ancora una volta in funzione della tipologia del contaminante e della significatività statistica delle differenze (RTR_w).

La significatività statistica della variazione rispetto ai controlli viene pesata applicando il coefficiente Z, calcolato in funzione del valore ottenuto dal test T per dati con varianza disomogenea (punto 4 del flow chart di fig. 3.13).

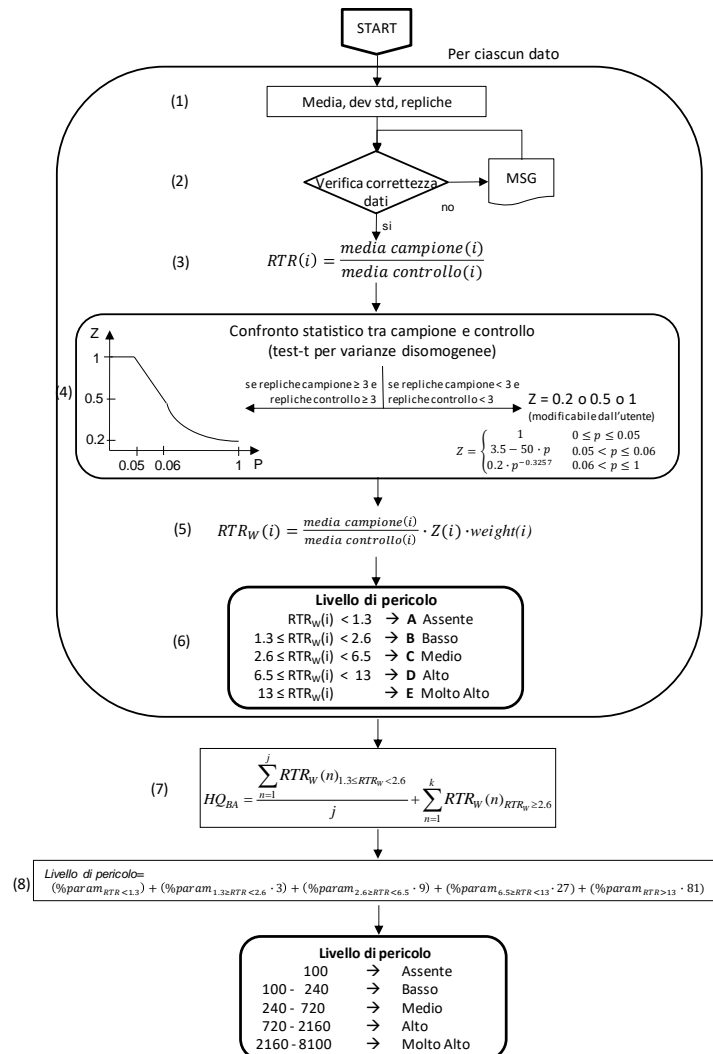


Fig. 3.13 - Procedura per l'elaborazione dei dati di bioaccumulo negli organismi (LOE 2).

Il coefficiente Z ha un valore pari a 1 (nessuna riduzione dell'effetto) quando il campione risulta significativamente diverso dal controllo ($p < 0,05$), mentre decresce con il diminuire della significatività, passando in maniera lineare da 1 a 0,5 quando p cresce da 0,05 a 0,06; per valori di p superiori a 0,06, il coefficiente Z diminuisce rapidamente in maniera non lineare fino a 0,2 quando p tende a 1. Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un parametro la cui variazione media non sia statisticamente significativa, ma non ne elimina completamente il contributo al calcolo dell' HQ_{BA} .

A seconda dell'entità della variazione, che considera anche la variabilità naturale delle concentrazioni tissutali dei contaminanti, i singoli parametri analizzati vengono attribuiti a una di 5 classi di effetto (da assente a molto alto; punto 6 del flow chart di fig. 3.14). Il valore cumulativo di HQ_{BA} viene poi calcolato senza considerare i parametri con $RTRw < 1,3$ (effetto assente), facendo la media per quelli con $RTRw$ tra 1,3 e 2,6 (effetto basso), e sommando (Σ) tutti gli $RTRw > 2,6$ (effetti medio, alto e molto alto): in funzione della distribuzione % dei parametri nelle varie classi di effetto, il modello indica la classe complessiva di pericolo per la biodisponibilità.

LOE3 - Analisi Biomarker - Il modulo sulle analisi dei Biomarker può elaborare i risultati ottenuti da un'ampia lista di biomarker tra quelli maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica. A ciascun biomarker è associato un peso diverso (tra 1 e 3) a seconda della rilevanza biologica della risposta e del livello di conoscenze sui meccanismi coinvolti; inoltre per ciascun biomarker, in funzione della specie e del tessuto, è stabilita anche una soglia di variazione biologicamente significativa (*Threshold*) che tiene conto delle possibili risposte bi-fasiche di certi biomarker che possono essere sia indotti che inibiti. Per garantire un approccio multi-biomarker, il modello richiede alcuni requisiti minimi in termini di numero ed importanza dei biomarker analizzati. Per calcolare l'indice cumulativo di pericolo per i biomarker HQ_{BM} (flow chart di fig. 2.14), la variazione misurata per ciascun biomarker è confrontata con la soglia specifica e corretta sia per l'importanza biologica della risposta, che per la significatività statistica della differenza rispetto al controllo applicando il coefficiente Z già descritto per l'elaborazione dei dati di biodisponibilità. Ogni biomarker è quindi assegnato ad una classe di effetto (da assente a molto alto) a seconda dell'entità della variazione rispetto alla soglia: assente o basso se $E < 1$, medio con E compreso tra 1 e 2, alto se E è tra 2 e 3, molto alto per i biomarker con $E > 3$. I risultati di tutti i biomarker sono diversamente pesati nel calcolo del pericolo cumulativo HQ_{BM} , che non considera il contributo dei biomarker con effetto assente o basso, calcola la media degli E_w per le risposte con effetto moderato e addiziona (Σ) gli E_w delle risposte con effetto alto o molto alto. L'attribuzione di una di 5 classi di gravità deriva dalla distribuzione percentuale delle risposte dei biomarker nelle 5 classi di effetto. Il modello indica il numero di biomarker all'interno di ciascuna delle 5 classi, il valore di pericolo cumulativo HQ_{BM} e la classe di pericolo complessivo per i biomarker.

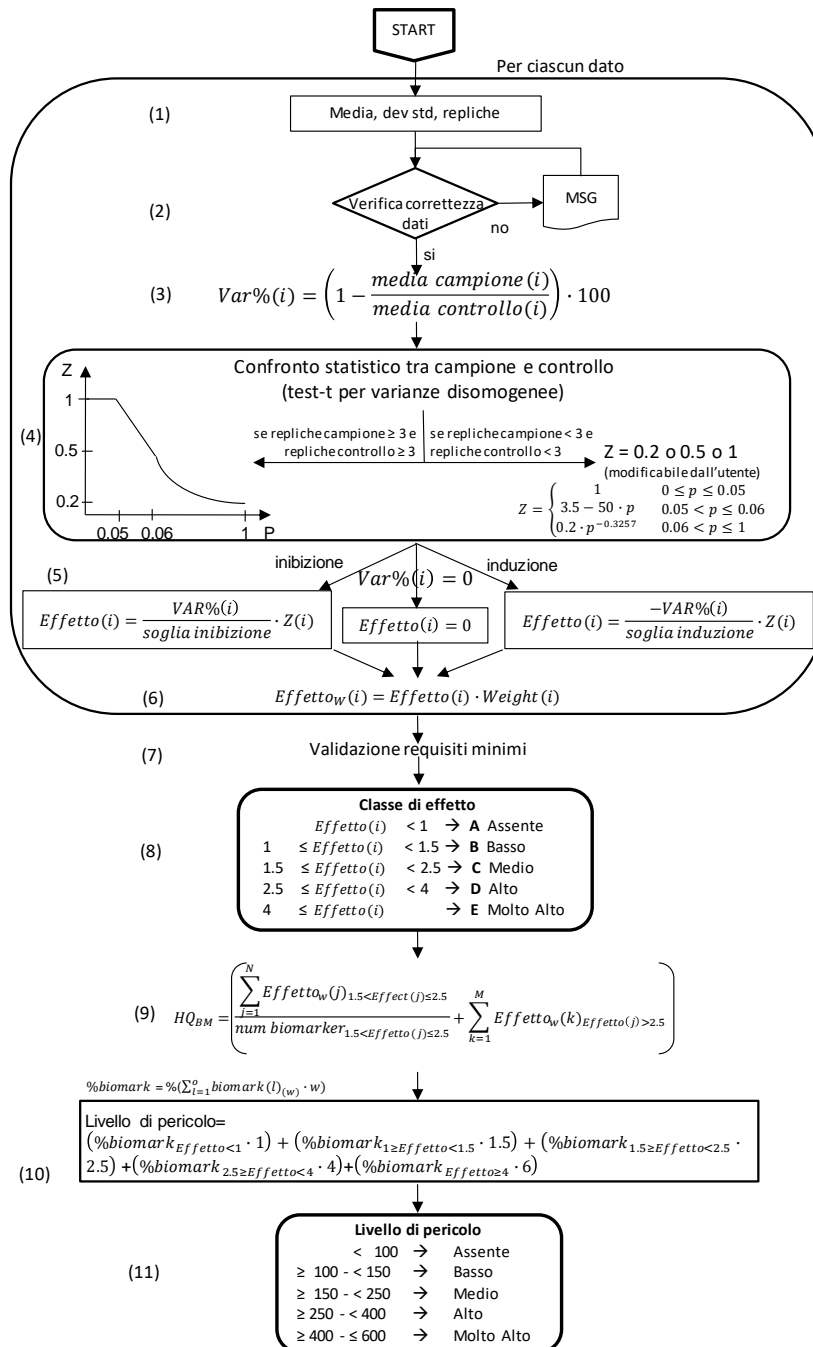


Fig. 2.14 - Procedura per l'elaborazione dei dati dei biomarker (LOE 3).

LOE4 - Saggi Ecotossicologici - I criteri di integrazione ponderata per i risultati ecotossicologici considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici utilizzati nella batteria, tra cui la rilevanza tossicologica della risposta biologica misurata, l'entità e la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo, la sensibilità della specie testata, la tipologia di esposizione (acuta o cronica) e la

matrice testata. In questo senso, per ciascuno dei saggi considerati nelle diverse tipologie di batterie è prevista una “soglia” di effetto, che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale, e dei “pesi” che vengono attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell’end-point misurato, della durata dell’esposizione, della matrice testata.

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l’integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella fig. 2.15:

- dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l’effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell’endpoint misurato e compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (equazione 2 del flow chart di fig. 2.15);
- l’effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z già descritto per l’elaborazione dei dati di biodisponibilità (punto 3). Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z , viene rapportato con la “soglia” specifica per quel saggio (equazione 4); l’effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- solo per determinati saggi, quando sia possibile ottenere un eventuale effetto ormetico, viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l’effetto ormetico è $<40\%$, 1,25 se l’effetto ormetico è $>40\%$ ma $<100\%$, pari a 1,5 se l’effetto ormetico è $>100\%$;
- l’indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, $HQ_{Batteria}$) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (equazione 5 del flow-chart), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell’endpoint considerato, della rilevanza ecologica della matrice testata, della esposizione acuta o cronica degli organismi.
- Per l’attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l’indice $HQ_{Batteria}$ è normalizzato ad una scala

compresa tra 0 e 10 (equazione 6), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell' $HQ_{BATTERIA}$ normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore (Tab. 2-XIII e punto 6 del flow chart della fig. 2.15).

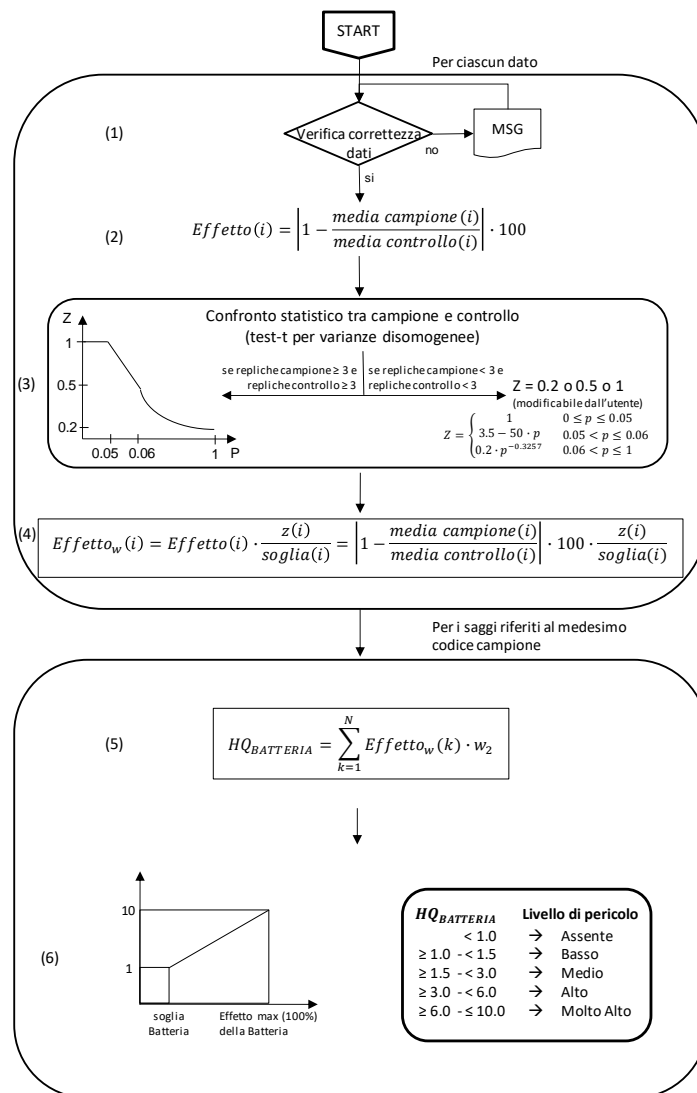


Fig. 2.15 – Procedura per l'elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici (LOE 4).

Tab. 2-XIII – Livelli di pericolo ecotossicologico e relativi indici chimici ($HQ_{Batteria}$).

Assente	$HQ_{Batt} < 1$
Basso	$1 \geq HQ_{Batt} < 1,5$
Medio	$1,5 \geq HQ_{Batt} < 3$
Alto	$3 \geq HQ_{Batt} < 6$
Molto alto	$HQ_{Batt} \geq 6$

Elaborazione finale Weight Of Evidence WOE - I risultati ottenuti dalle singole LOEs vengono integrati nella fase finale attraverso un classico approccio WOE che attribuisce pesi diversi alle varie tipologie di dati. Dopo la normalizzazione degli indici di pericolo ad una scala comune (fig. 2.16), l'elaborazione complessiva WOE porta ad una caratterizzazione del rischio che fornisce sia un valore quantitativo che una assegnazione qualitativa ad un livello che va da assente a molto alto.

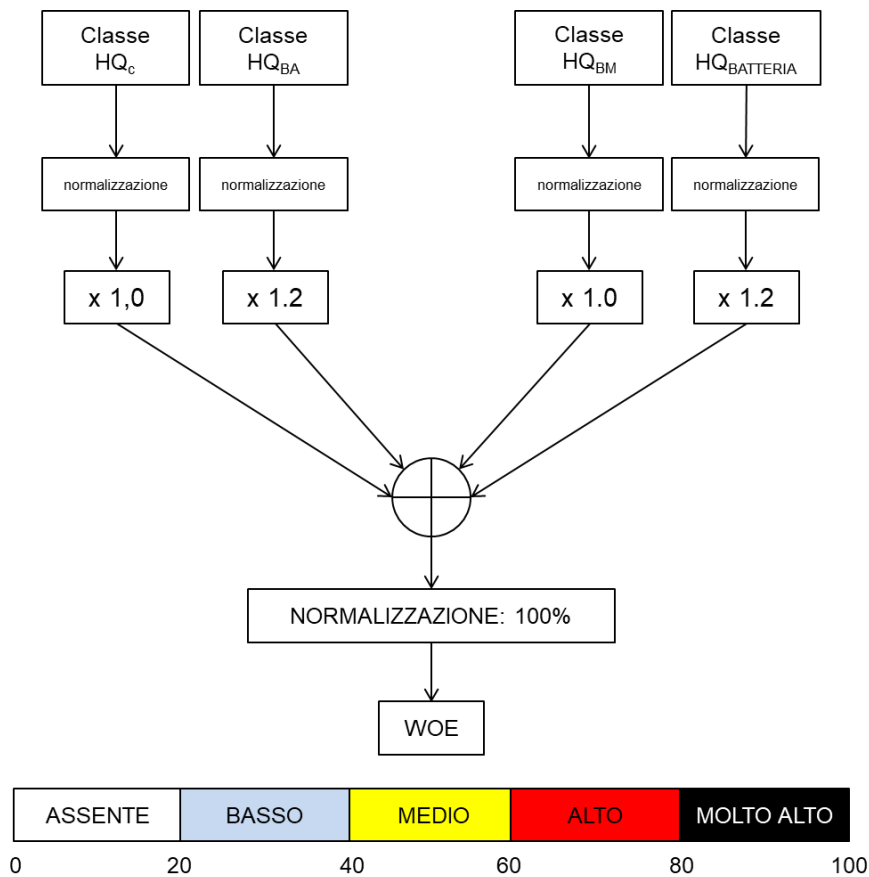


Fig. 2.16 – Procedura per l'elaborazione finale WOE dai risultati delle singole LOE.

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 2021** (fig. 3.1) i profili verticali della temperatura hanno mostrato la presenza di una distribuzione uniforme in tutte le stazioni di campionamento, con valori bassi e omogenei più elevati in superficie (media \pm dev.st.; $13,84 \pm 0,18^\circ\text{C}$), in lieve diminuzione in uno strato intermedio e minimi verso il fondo ($12,73 \pm 0,11^\circ\text{C}$).

La salinità ha presentato una certa variabilità nella distribuzione verticale fino a circa 60 m di profondità ($38,78 \pm 0,04$ psu) e valori omogenei verso il fondo ($38,83 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno confermato la presenza di temperature omogenee sia in superficie che al fondo, con un lieve abbassamento in quest'ultima quota. Analogamente, per la salinità hanno confermato la presenza di piccole differenze nella distribuzione tra le stazioni in superficie ($\Delta \sim 0,2$ psu) e valori uniformi e leggermente più elevati al fondo.

La torbidità (fig. 3.1) è stata molto bassa ($< 0,4$ mg l⁻¹) e omogenea in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 65 m di profondità, con un rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,3 mg l⁻¹, stazione BO1).

Anche l'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è risultato uniforme nei primi 40 m di profondità ($99,4 \pm 0,4\%$), presentando poi uno strato intermedio sino a circa 70 m con valori variabili e percentuali minime, e valori confrontabili tra i siti al fondo (media $94,7 \pm 0,2\%$).

L fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa e abbastanza uniforme dalla superficie al fondo ($0,4 \pm 0,1$ µg l⁻¹).

Nel mese di **marzo** (fig. 3.4) la distribuzione verticale della temperatura è risultata ancora generalmente omogenea in tutte le stazioni di campionamento, con piccole differenze tra la superficie e il fondo ($\Delta T \sim 1,5^\circ\text{C}$),

La salinità è stata più uniforme su tutta la colonna d'acqua rispetto al campionamento precedente ($38,81 \pm 0,02$ psu).

Quanto osservato dai profili verticali è stato confermato dalle mappe areali (fig. 3.5).

La torbidità (fig. 3.4) ha fatto registrare valori omogenei e $< 0,5$ mg l⁻¹ fino al fondo in tutte le stazioni, analogamente all'ossigeno disciolto (fig. 3.4) i cui profili verticali sono risultati

completamente omogenei in tutta la colonna d'acqua ovunque (media $99,9 \pm 1,0\%$).

Anche la fluorescenza (fig. 3.6) è da considerare omogenea, essendo minime le differenze tra i siti, e caratterizzata da valori molto bassi ($< 0,5 \mu\text{g l}^{-1}$) dalla superficie fino quasi al fondo ovunque.

A **maggio** (fig. 3.7) la distribuzione verticale della temperatura ha evidenziato la presenza di una debole stratificazione stagionale, con valori ovunque più elevati in superficie ($15,21 \pm 0,10^\circ\text{C}$), progressivamente in diminuzione verso i minimi al fondo ($13,20 \pm 0,04^\circ\text{C}$). La salinità è risultata omogenea fino a circa 20 m di profondità ($38,72 \pm 0,01$ psu), aumentando poi progressivamente fino ai valori massimi al fondo (massimo 38,87 psu, stazione BO6).

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione della temperatura sia in superficie che al fondo caratterizzato da un decremento di valori. Analogo risultato per la salinità, con valori omogenei alle due quote e leggermente maggiori al fondo.

La torbidità (fig. 3.7) è risultata ancora omogenea con valori molto bassi ovunque, attorno a $0,25 \text{ mg l}^{-1}$ sino a circa 60 m, in aumento sul fondo (massimo $2,25 \text{ mg l}^{-1}$ in BO6).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è risultato basso fino a circa 60 m di profondità ovunque ($90,2 \pm 0,9\%$), riducendosi ulteriormente in uno strato omogeneo in prossimità del fondale ($81,0 \pm 0,8\%$).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata omogenea con valori molto bassi ovunque (media $0,4 \pm 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$).

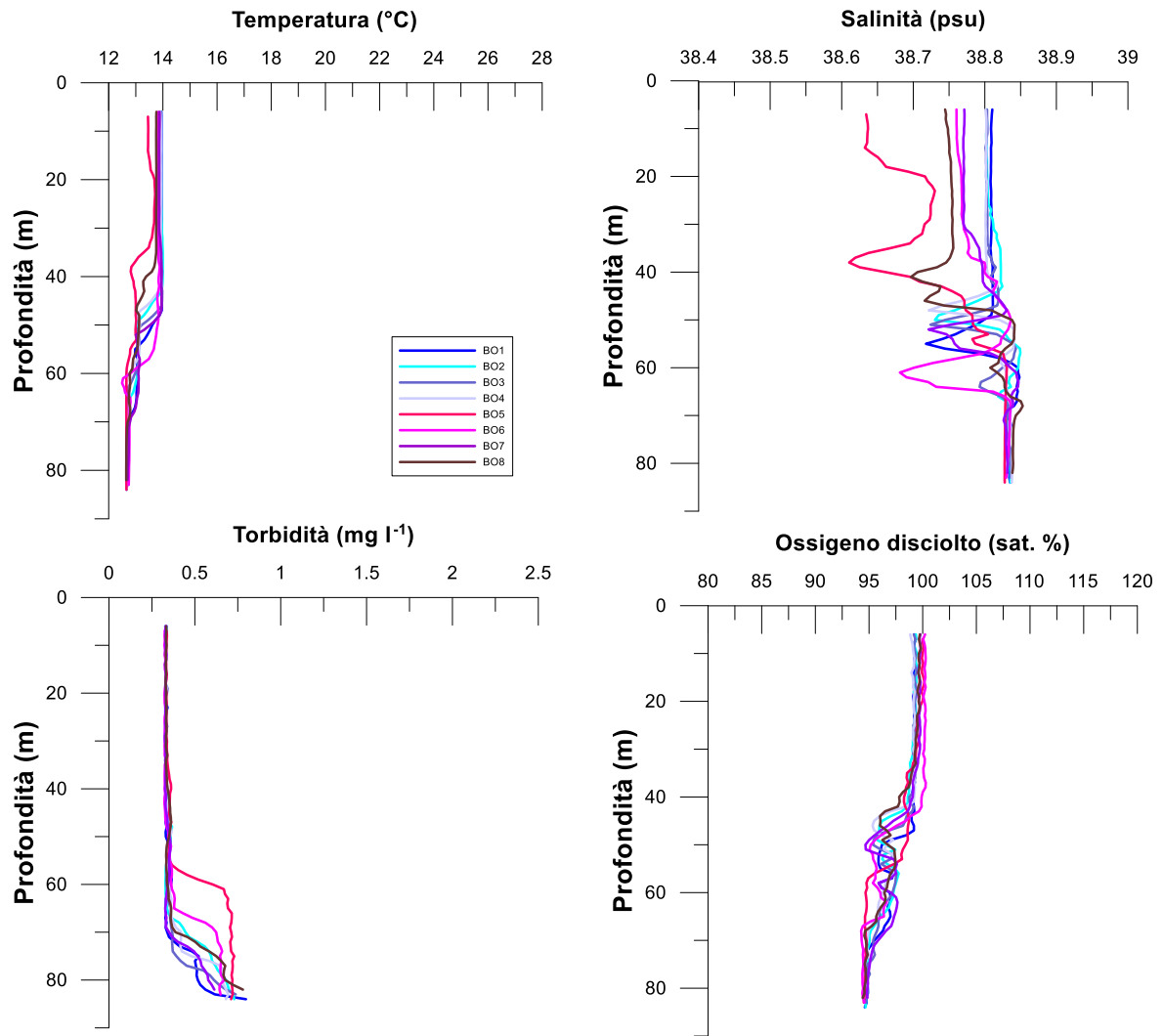


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Febbraio 2021.**

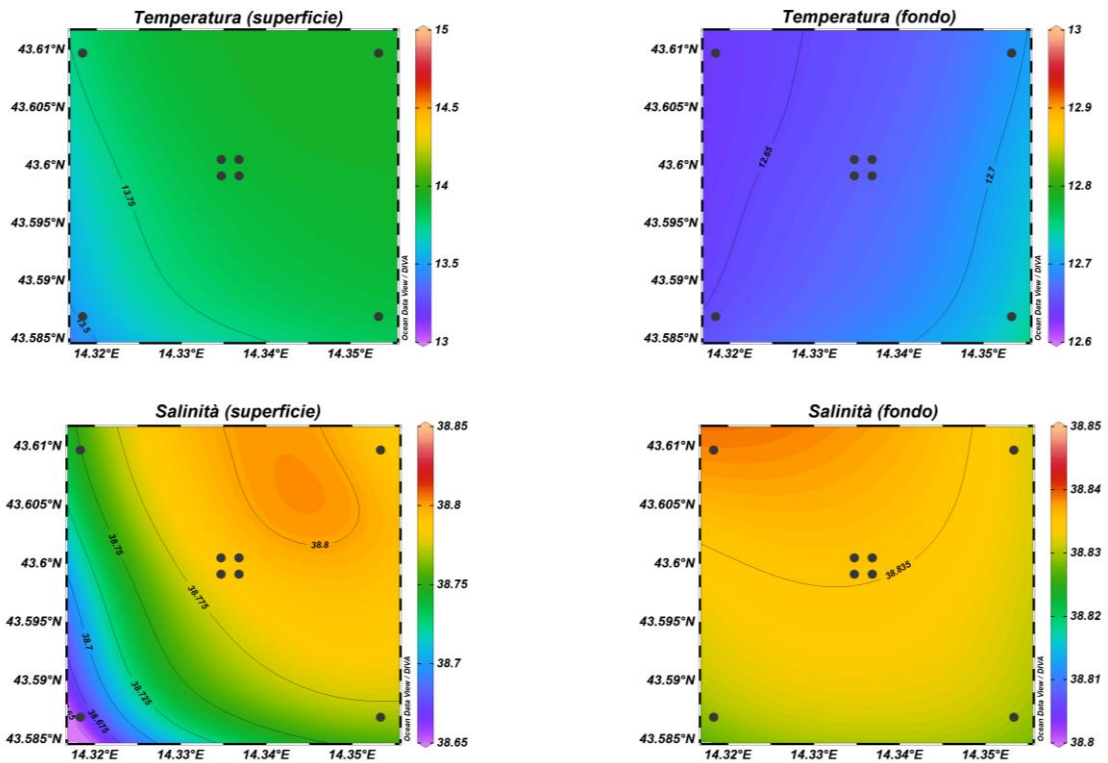


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

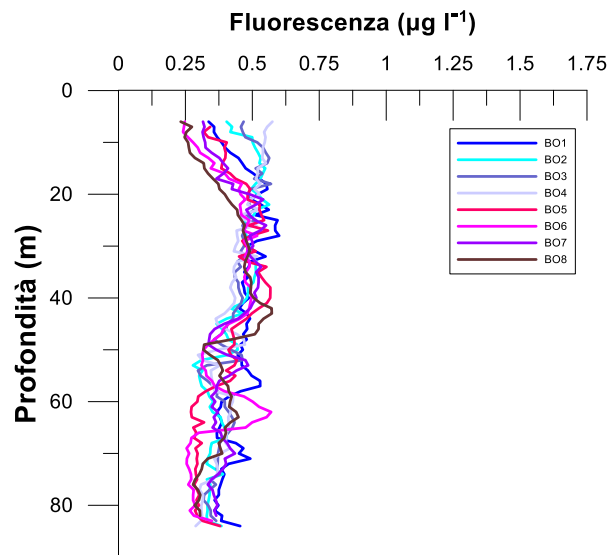


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2021**.

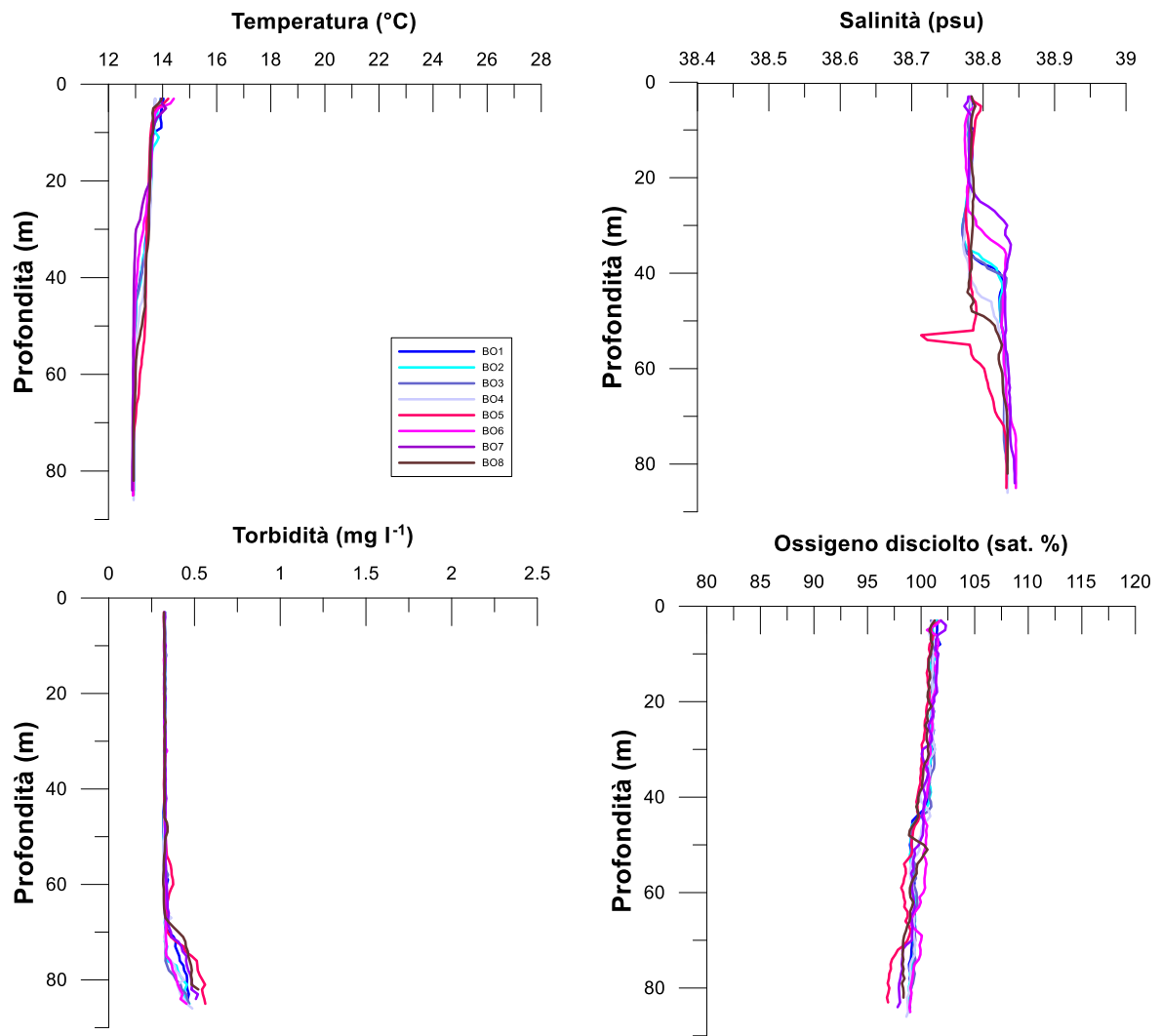


Fig. 3.4 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), torbidità (mg l^{-1}) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**

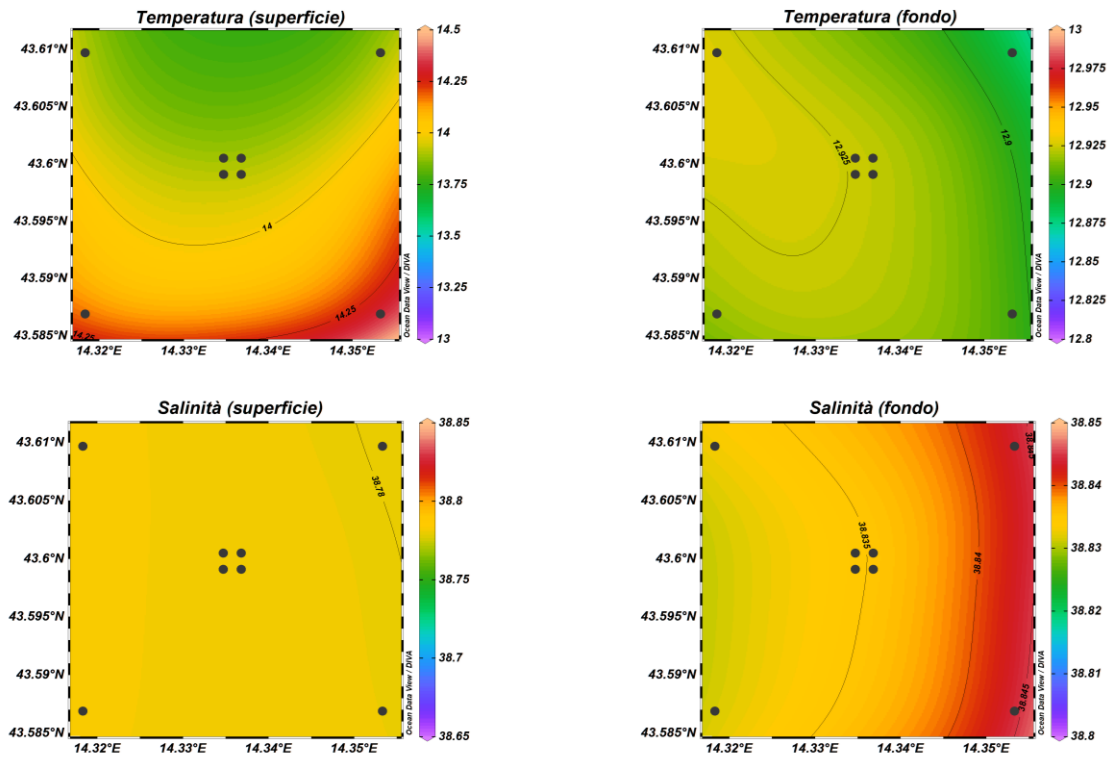


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

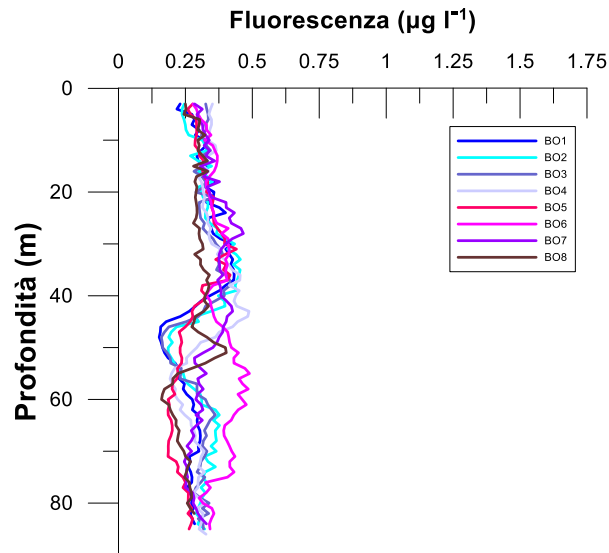


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Marzo 2021**.

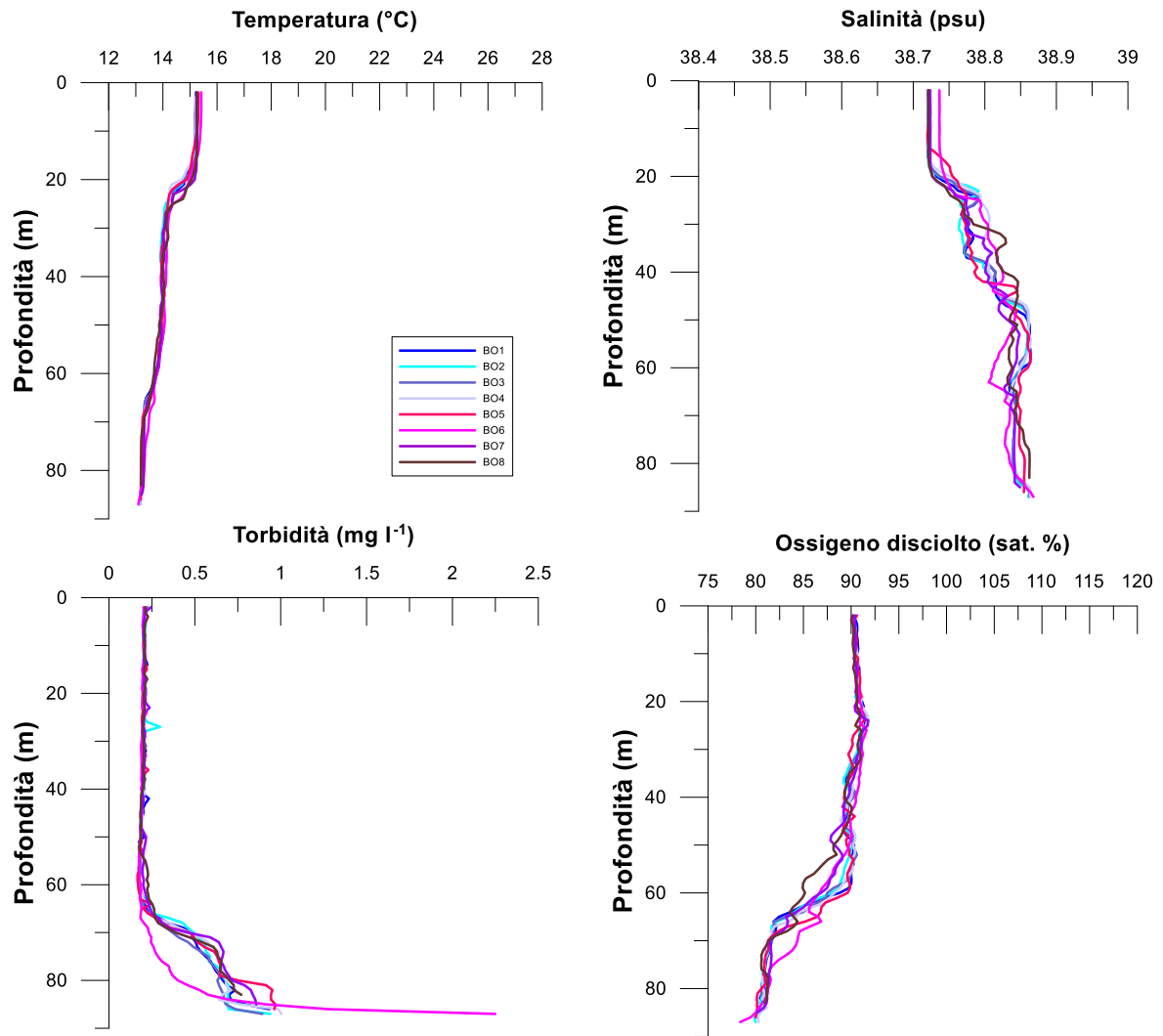


Fig. 3.7- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2021.**

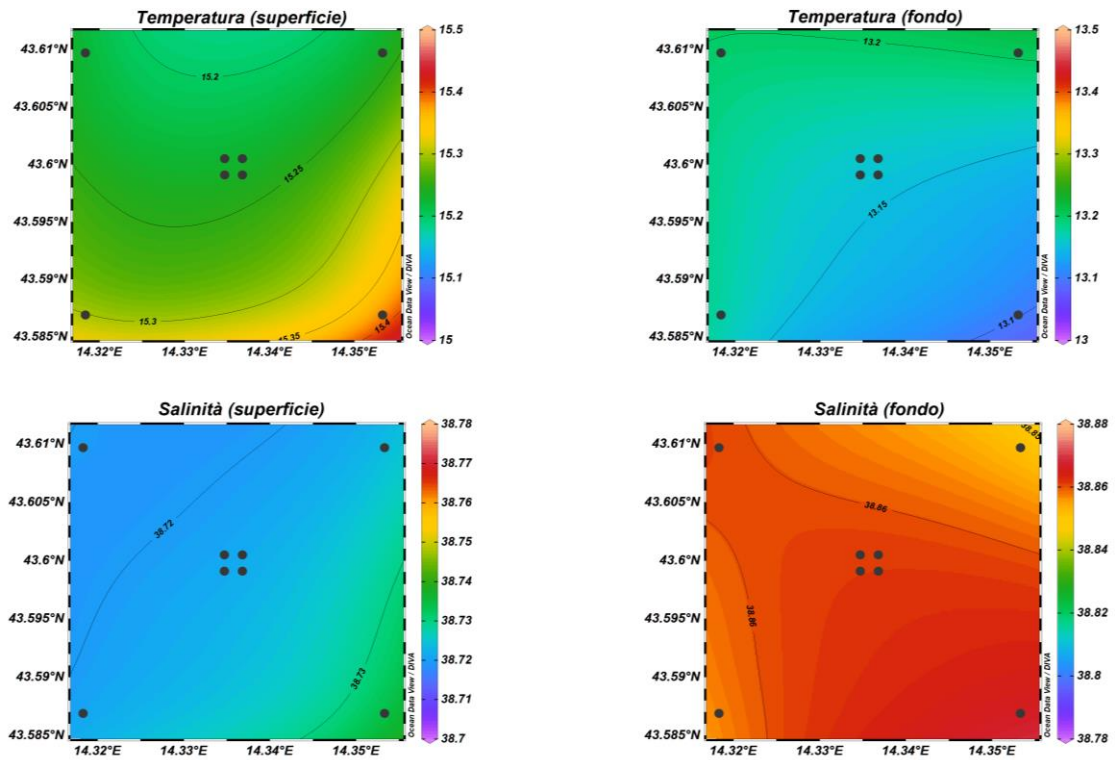


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

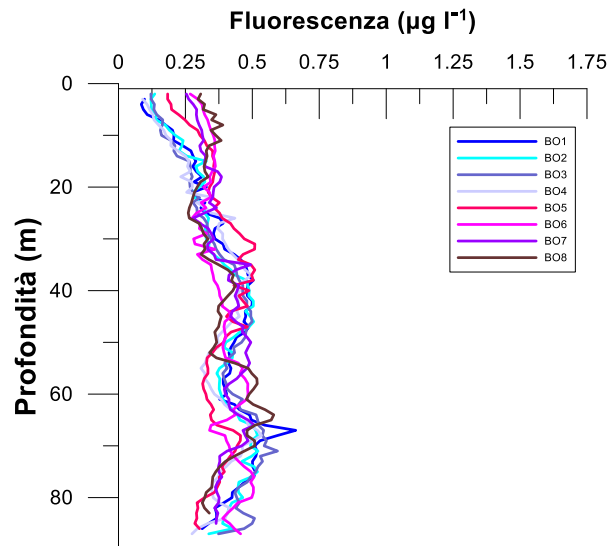


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2021**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel campionamento di **febbraio** (figg. 3.10a, 3.10b e 3.11) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,64 \pm 0,22 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), a $0,17 \pm 0,09 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Nitrati e nitriti sono risultati maggiori nelle acque più profonde, dove le medie sono state rispettivamente $0,95 \pm 0,13$ e $0,31 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e dove sono stati registrati i massimi (NO_3 : $1,27 \mu\text{M}$ in BO4; NO_2 : $0,34 \mu\text{M}$ in BO5). Le concentrazioni minime sono invece state registrate in BO6 a 20 e 40 m per gli NO_3 ($0,43 \mu\text{M}$) e in superficie e a 20 m in BO1 e in superficie in BO2 per gli NO_2 ($0,09 \mu\text{M}$).

Per l'ammonio non è stato osservato un andamento particolare. La concentrazione massima ($0,13 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione BO4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutti i siti.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti e omogenei ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), con il massimo ($0,04 \mu\text{M}$) al fondo nella stazione BO4. Concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili ovunque.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $1,78 \pm 0,26 \mu\text{M}$. I valori più elevati sono stati rilevati alla quota di fondo ($2,18 \pm 0,19 \mu\text{M}$) dove è stato raggiunto il massimo ($2,64 \mu\text{M}$) in BO4; il minimo ($1,56 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie nella stazione BO2.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.12a, 3.12b e 3.13) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,27 \pm 0,05 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,09 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NH_4). Nitriti e nitrati sono risultati omogenei lungo la colonna d'acqua, mentre l'ammonio è stato mediamente più elevato sul fondo. Il massimo di NO_3 ($0,51 \mu\text{M}$) è stato misurato nella stazione BO5 al fondo, il minimo ($0,18 \mu\text{M}$) a 40 m nella BO7. Per i NO_2 le concentrazioni sono variate tra un massimo di $0,21 \mu\text{M}$, misurato al fondo della stazione BO5, come osservato per i NO_3 , e un minimo di $0,06 \mu\text{M}$ rilevato in superficie nei siti BO2, BO6, BO7 e BO8. La concentrazione media di NH_4 in prossimità del fondale è risultata pari a $0,07 \pm 0,03 \mu\text{M}$, quota alla quale è stato raggiunto il massimo di $0,12 \mu\text{M}$ nella stazione BO8; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili tra la superficie e i 40 m di tutti i siti di campionamento eccetto BO8.

I PO_4 sono risultati generalmente omogenei e contenuti lungo tutta la colonna d'acqua ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$). Il massimo ($0,05 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie e al fondo nella stazione BO5 e a 40 m nella BO1, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità

strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutti i siti entro 100 m dalla piattaforma, oltre ai controlli BO5 e BO8.

Anche i $\text{Si}(\text{OH})_4$ sono risultati abbastanza omogenei, con una media di $1,83 \pm 0,09 \mu\text{M}$, e moderatamente più elevati al fondo ($1,93 \pm 0,13 \mu\text{M}$) dove è stato osservato il massimo ($2,20 \mu\text{M}$) in BO5. Il minimo ($1,75 \mu\text{M}$) è stato rilevato a 40 m nella stazione BO8.

A **maggio** (figg. 3.14a, 3.14b e 3.15) le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_4 sono risultate ripetutamente pari a $0,34 \pm 0,52$, $0,06 \pm 0,09$ e $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$; i nitrati e i nitriti sono stati più elevati al fondo, come indicato dalle medie rilevate a questa quota (NO_3 : $1,22 \pm 0,06 \mu\text{M}$; NO_2 : $0,20 \pm 0,02 \mu\text{M}$), mentre l'ammonio è apparso omogeneamente distribuito.

Per i NO_3 le concentrazioni sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, osservati tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni, e un massimo di $1,29 \mu\text{M}$ misurato al fondo della BO1. Il valore maggiore di NO_2 ($0,23 \mu\text{M}$) è stato riscontrato al fondo della BO7, mentre concentrazioni uguali o inferiori al limite strumentale hanno caratterizzato i 20 m e la superficie di tutta l'area investigata. NH_4 è oscillato tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, a quote variabili in tutte le stazioni, e un massimo di $0,07 \mu\text{M}$ misurato a 40 m nella BO4.

Per i PO_4 non è stato osservato alcun andamento particolare; la concentrazione media è stata pari a $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$; il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) ha caratterizzato la quota dei 40 m della stazione BO3, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati rilevati nella BO2 a 40 m e in BO3 e BO5 in superficie e a 20 m.

Infine, i $\text{Si}(\text{OH})_4$ sono risultati mediamente presenti con $1,91 \pm 0,44 \mu\text{M}$ e più abbondanti in prossimità del fondo. A questa quota, infatti, la media è aumentata a $2,65 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ed è stato registrato il massimo ($2,75 \mu\text{M}$; BO6); il minimo ($1,54 \mu\text{M}$) ha invece interessato la superficie di BO5.

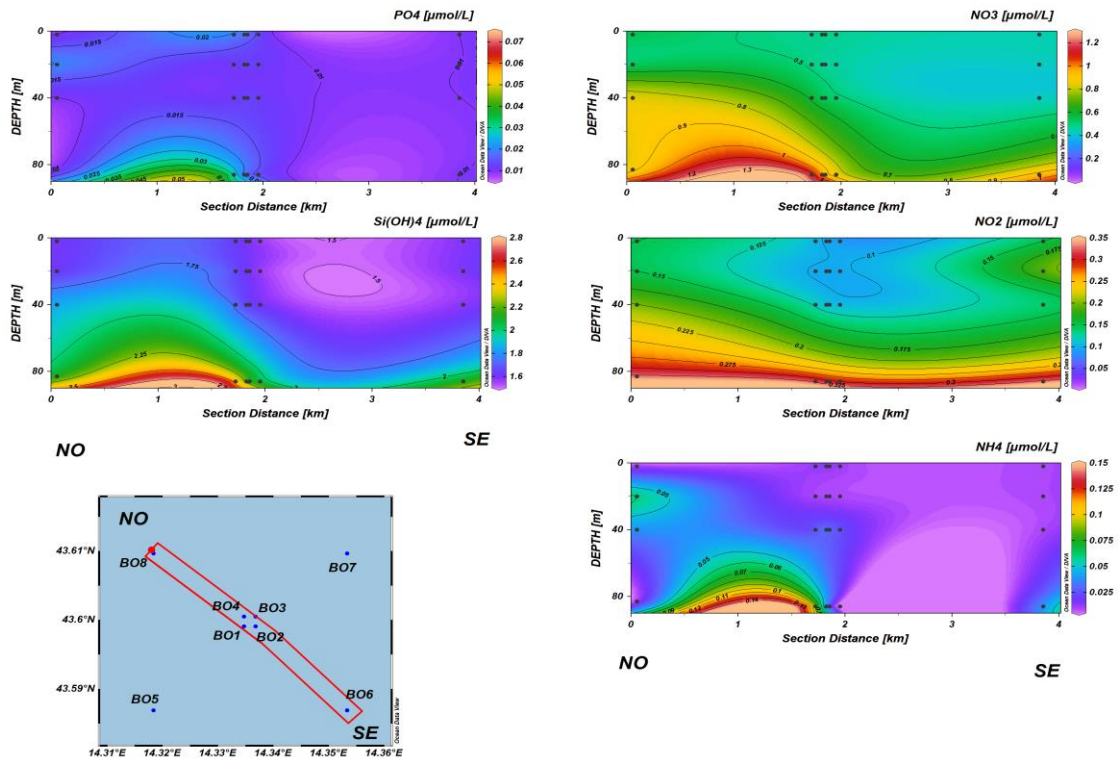


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. Febbraio 2021.

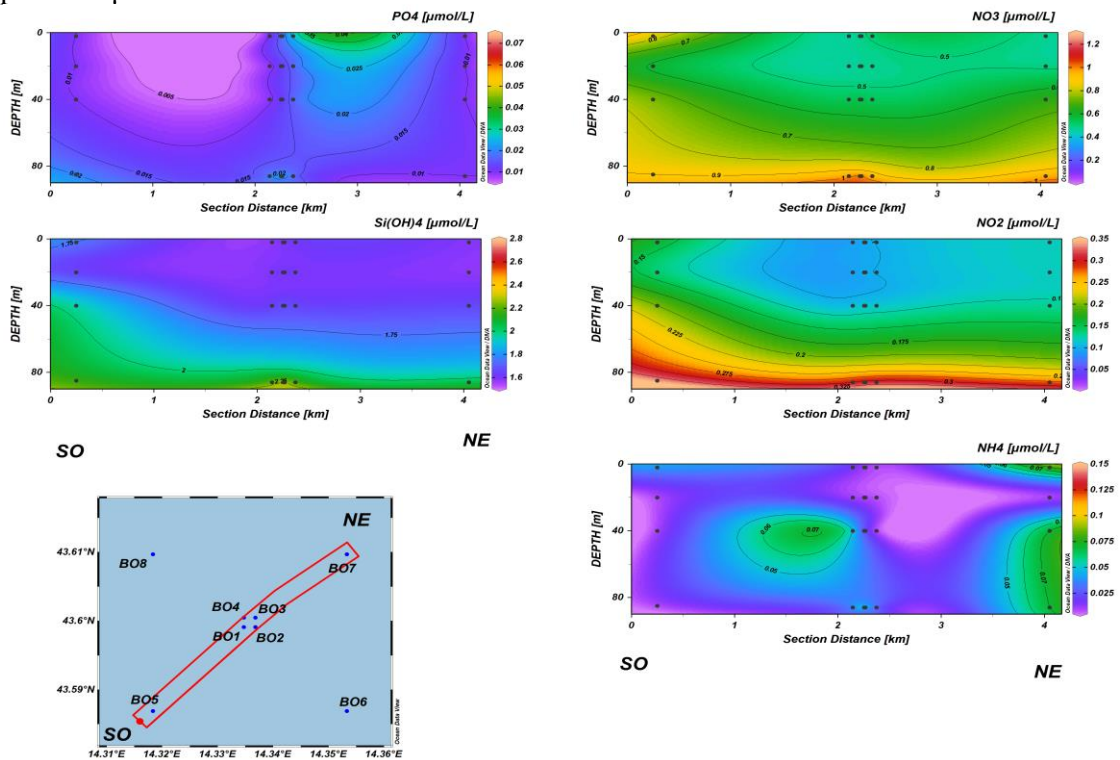


Fig. 3.10b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. Febbraio 2021.

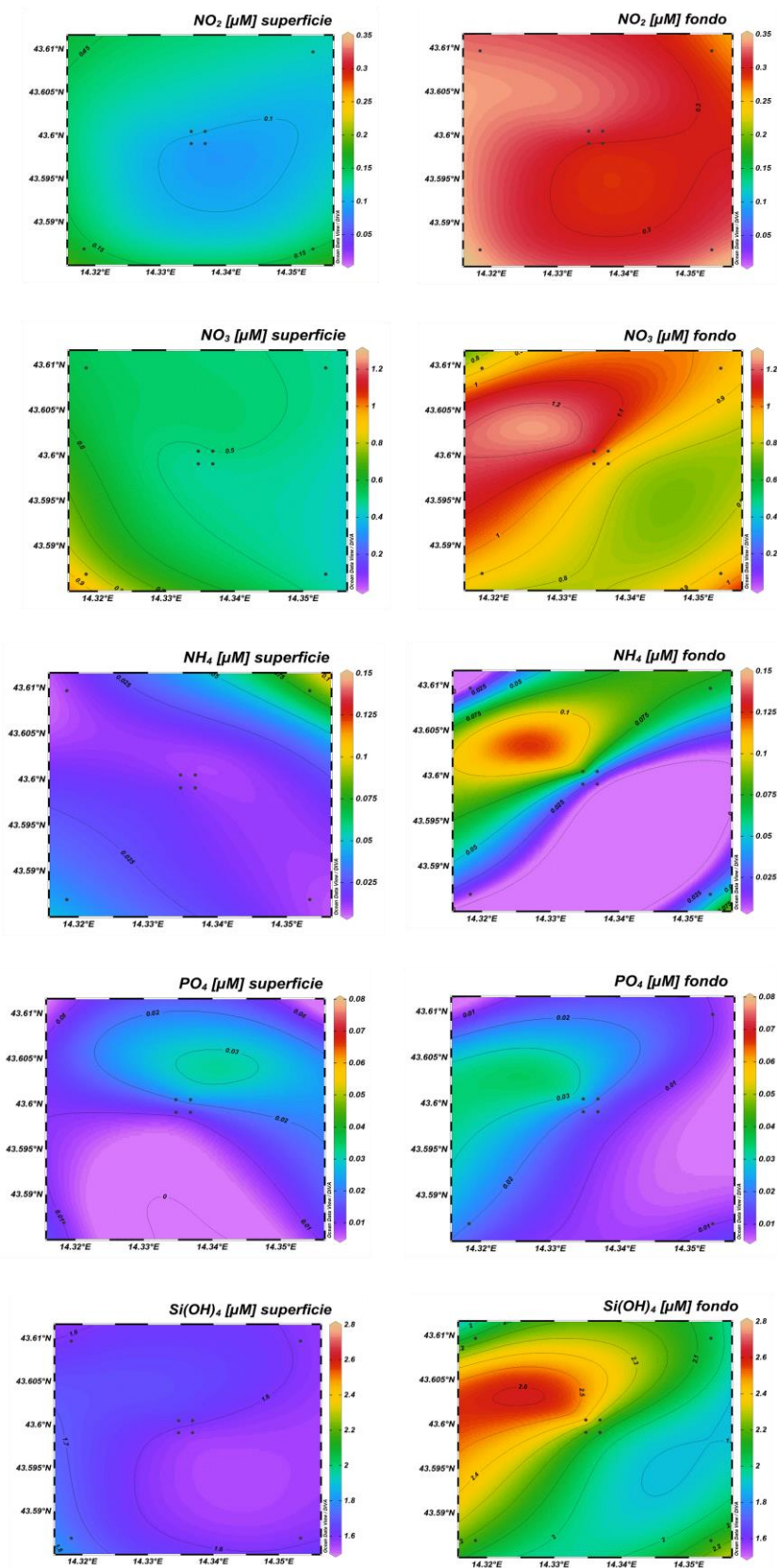


Fig. 3.11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

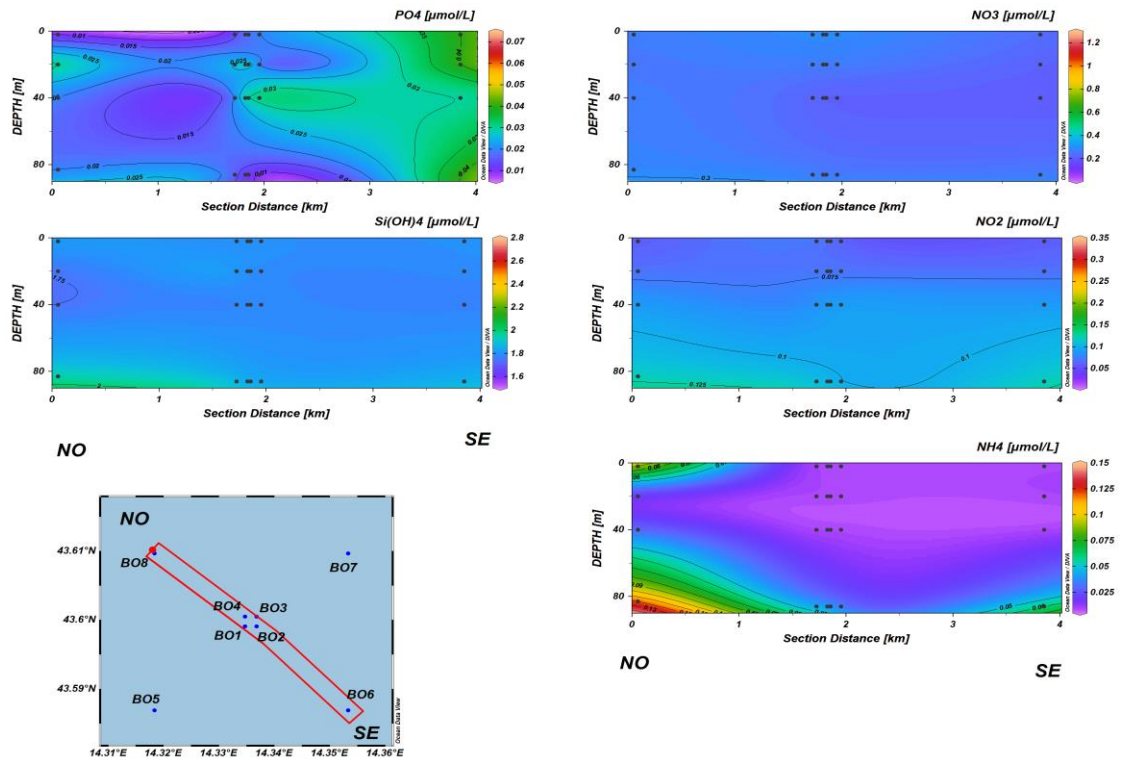


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

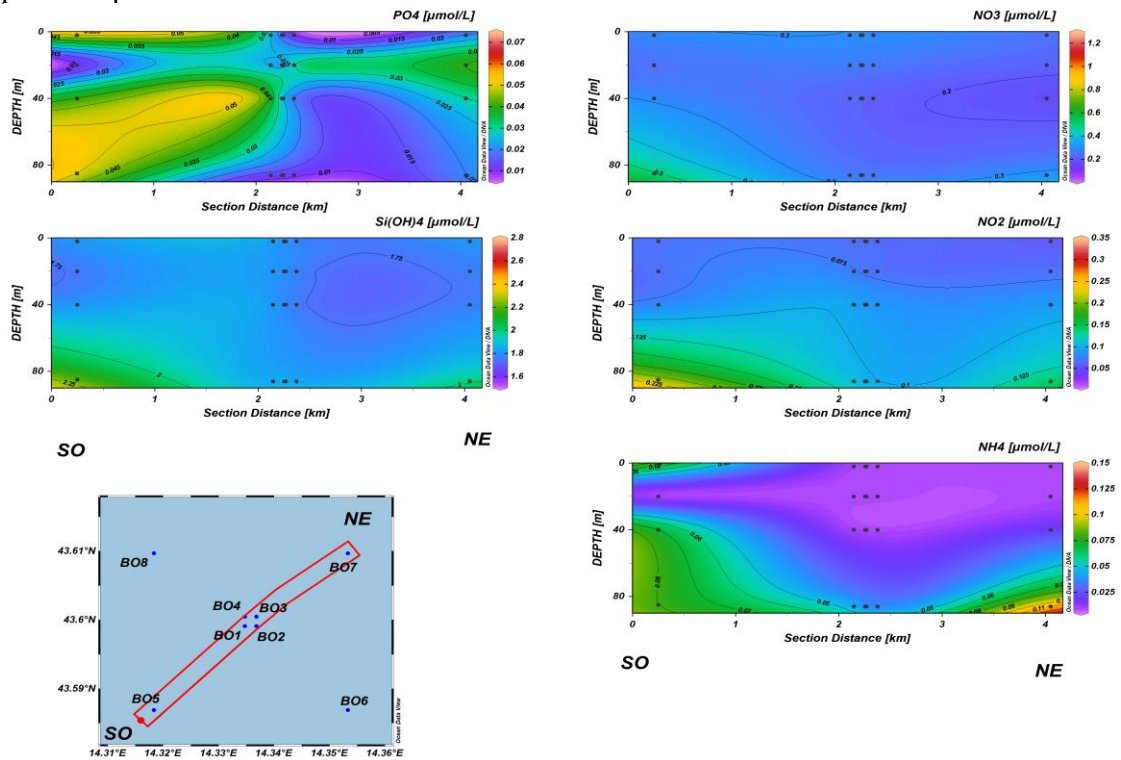


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

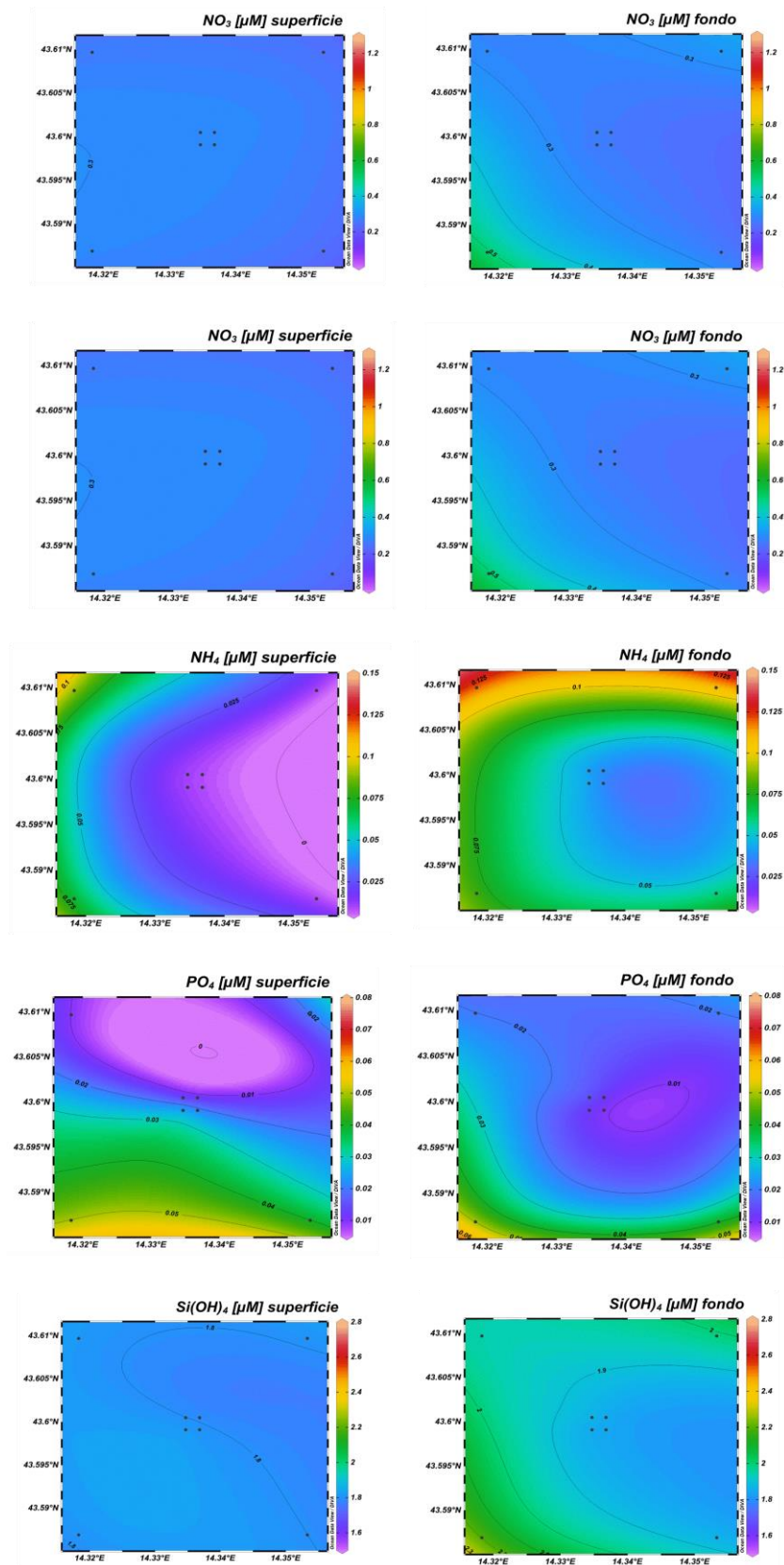


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

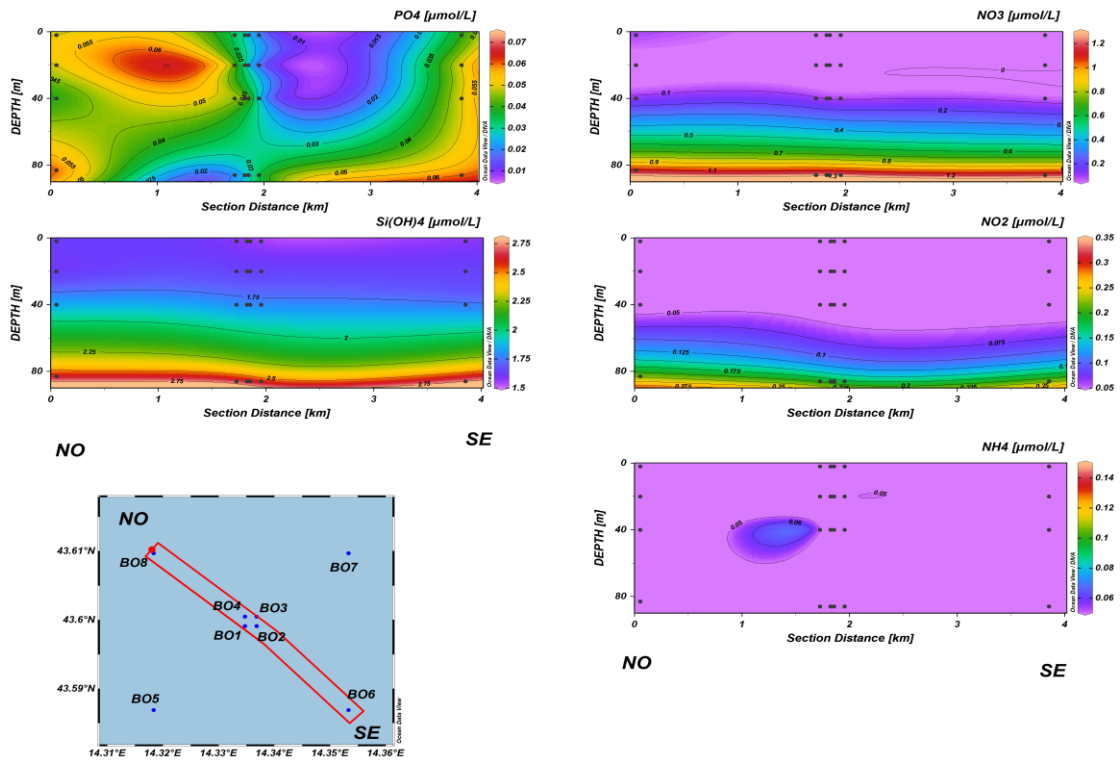


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

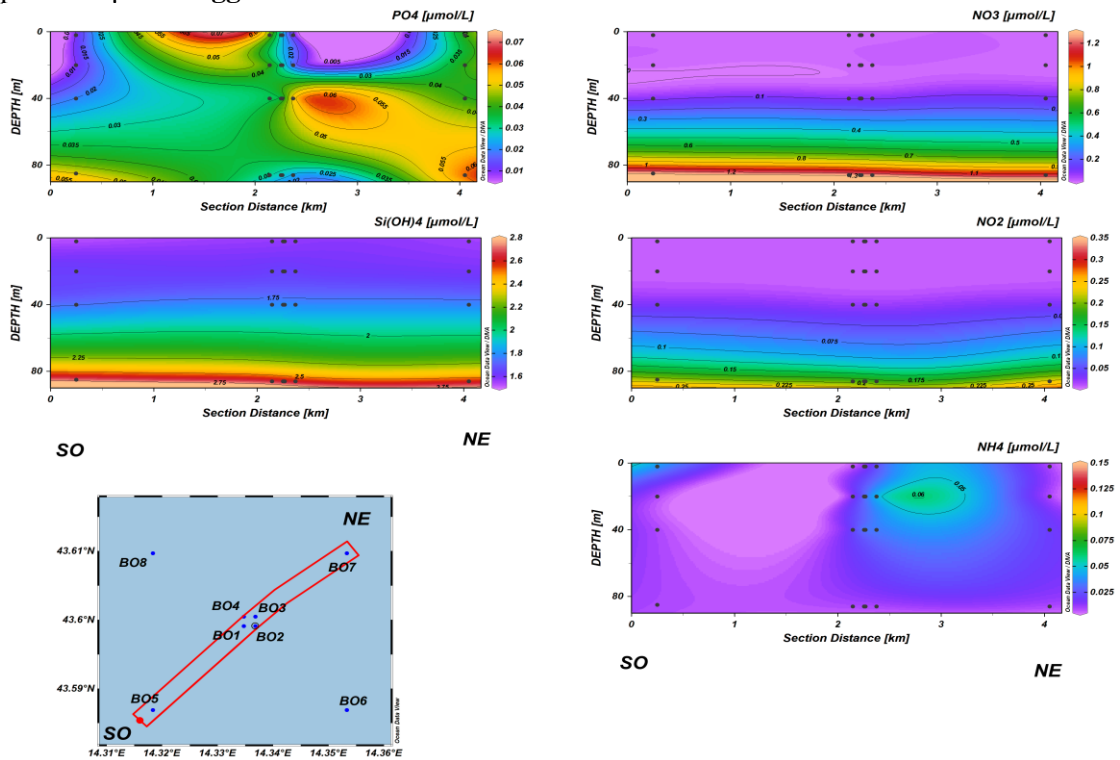


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

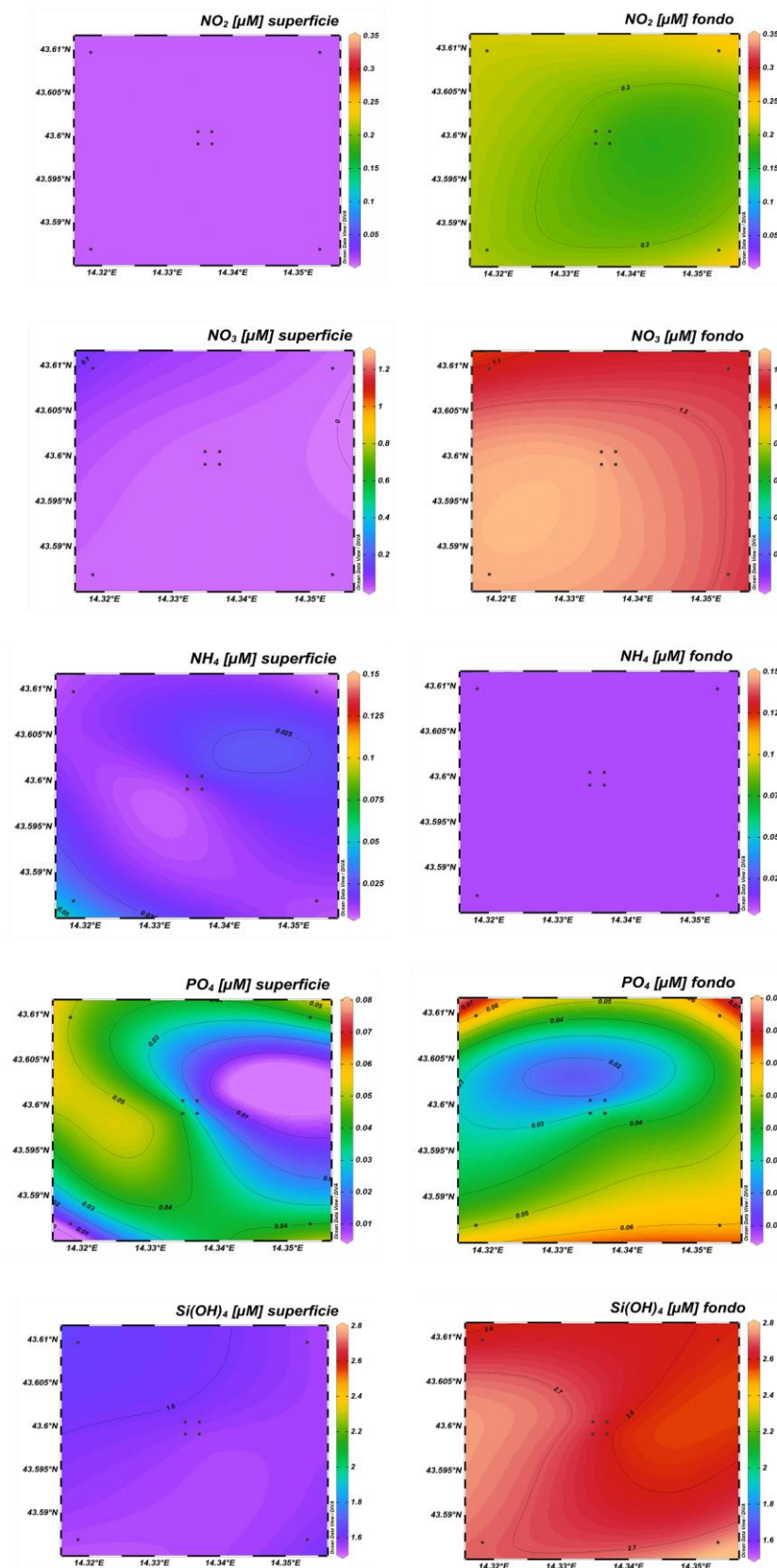


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammonio (NH₄), fosfati (PO₄) e silicati (Si(OH)₄) espresse in μM. **Maggio 2021.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b, 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $253,3 \pm 40,1$ ng l⁻¹, con un massimo di 330,6 ng l⁻¹ e un minimo di 152,7 ng l⁻¹ misurati rispettivamente a 40 m nella stazione BO5 e al fondo della BO6. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $24,5 \pm 6,6$ e $70,2 \pm 10,4$ ng l⁻¹. Il massimo contenuto di Chl *b* (50,3 ng l⁻¹) è stato misurato a 40 m di profondità nella BO5, analogamente a quanto osservato per la Chl *a*; il più basso (16,8 ng l⁻¹) è stato riscontrato nella medesima stazione in superficie. Anche il massimo di Chl *c* (87,3 ng l⁻¹) è stato rilevato a 40 m nella BO5, mentre la concentrazione minima (48,4 ng l⁻¹) è stata misurata al fondo della BO8. In generale i pigmenti clorofilliani sono risultati maggiori a 40 m di profondità.

Il materiale particellato (TSM), è stato mediamente presente con $0,4 \pm 0,4$ mg l⁻¹ ed è stato più abbondante al fondo dell'area di campionamento dove è stato misurato il massimo (1,4 mg l⁻¹) presso la stazione BO4 (minimo di 0,1 mg l⁻¹ a 20 m in BO6).

A **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b, 3.19) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $189,8 \pm 31,2$ ng l⁻¹ ed è variata tra 269,9 ng l⁻¹ (BO7, 40 m) e 129,6 ng l⁻¹ (BO8, superficie). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $13,5 \pm 3,3$ ng l⁻¹ e $45,5 \pm 11,7$ ng l⁻¹. Il massimo contenuto di Chl *b* (22,0 ng l⁻¹) è stato misurato al fondo della stazione BO5, il minimo (8,1 ng l⁻¹) nel medesimo sito in superficie. Il massimo di Chl *c* (79,6 ng l⁻¹) è stato riscontrato a 40 m nella BO7, mentre la concentrazione minima (23,6 ng l⁻¹) è stata misurata alla quota superficiale della BO8, analogamente a quanto osservato per la Chl *a*. In generale, per le concentrazioni di pigmenti clorofilliani non è stato rilevato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una concentrazione media di $0,4 \pm 0,3$ mg l⁻¹. Analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, non è stato rilevato un andamento particolare: il massimo (1,1 mg l⁻¹) è stato registrato al fondo della stazione BO8, il minimo (0,1 mg l⁻¹) a 20 m di profondità nella BO6.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) la Chl *a* ha raggiunto una concentrazione media di $227,4 \pm 53,3$ ng l⁻¹, con un massimo di 410,2 ng l⁻¹ misurato al fondo della stazione BO2 e un minimo di 153,7 ng l⁻¹ a 20 m nella BO8. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato contenuti medi rispettivamente pari a $15,7 \pm 8,0$ ng l⁻¹ e $60,2 \pm 18,7$ ng l⁻¹. La Chl *b* è oscillata tra 30,8 ng l⁻¹ (BO6, fondo) e 6,8 ng l⁻¹ (BO4, superficie), la Chl *c* tra 99,1 ng l⁻¹ (BO2, fondo) e

36.8 ng l⁻¹ (BO1, superficie). In generale, le concentrazioni più elevate dei pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

Il TSM era mediamente presente con $0,3 \pm 0,3$ mg l⁻¹; analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, le concentrazioni più elevate sono state osservate in prossimità del fondale dove è stato raggiunto il massimo (0,9 mg l⁻¹) in BO7; il minimo (0,1 mg l⁻¹) è stato misurato nella stazione BO6 a 20 m di profondità.

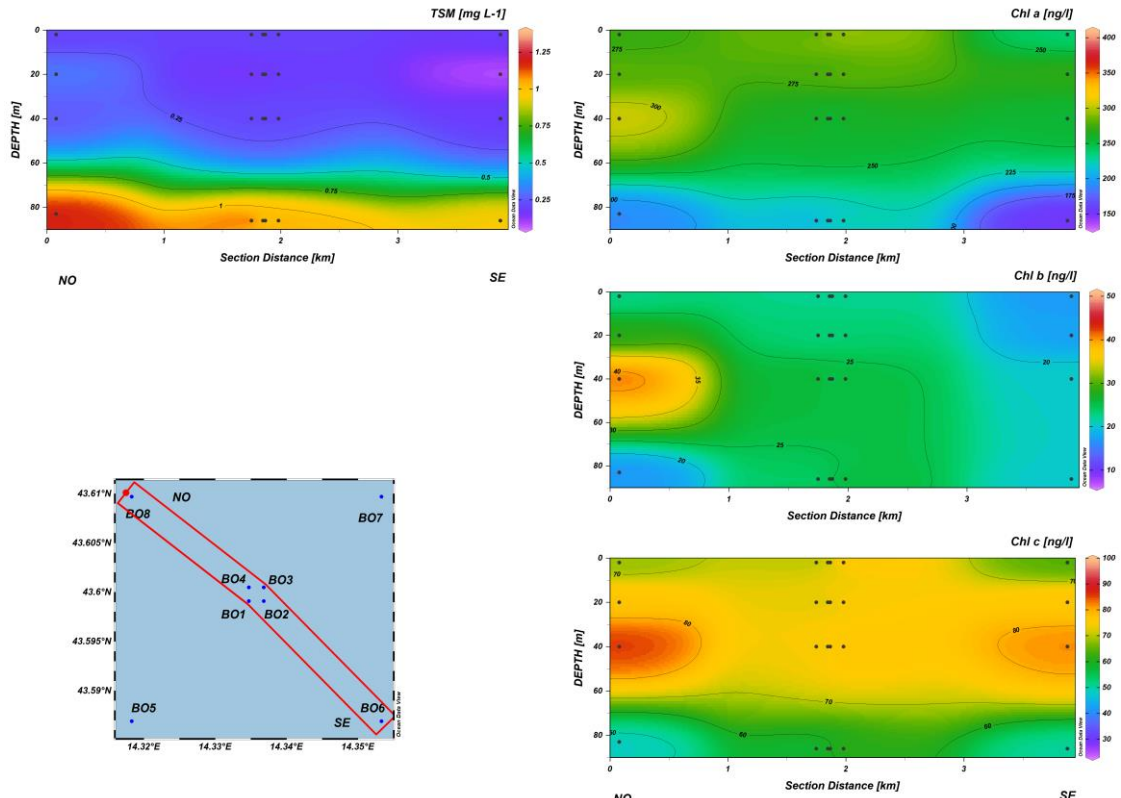


Fig. 3.16a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

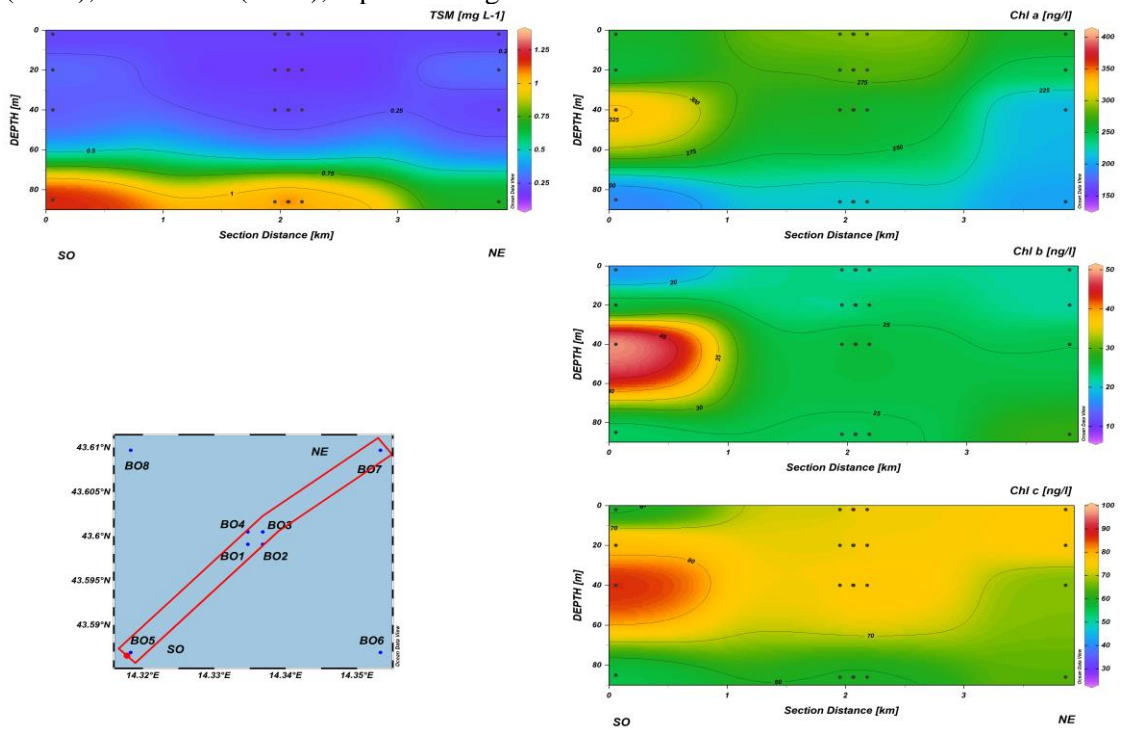


Fig. 3.16b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

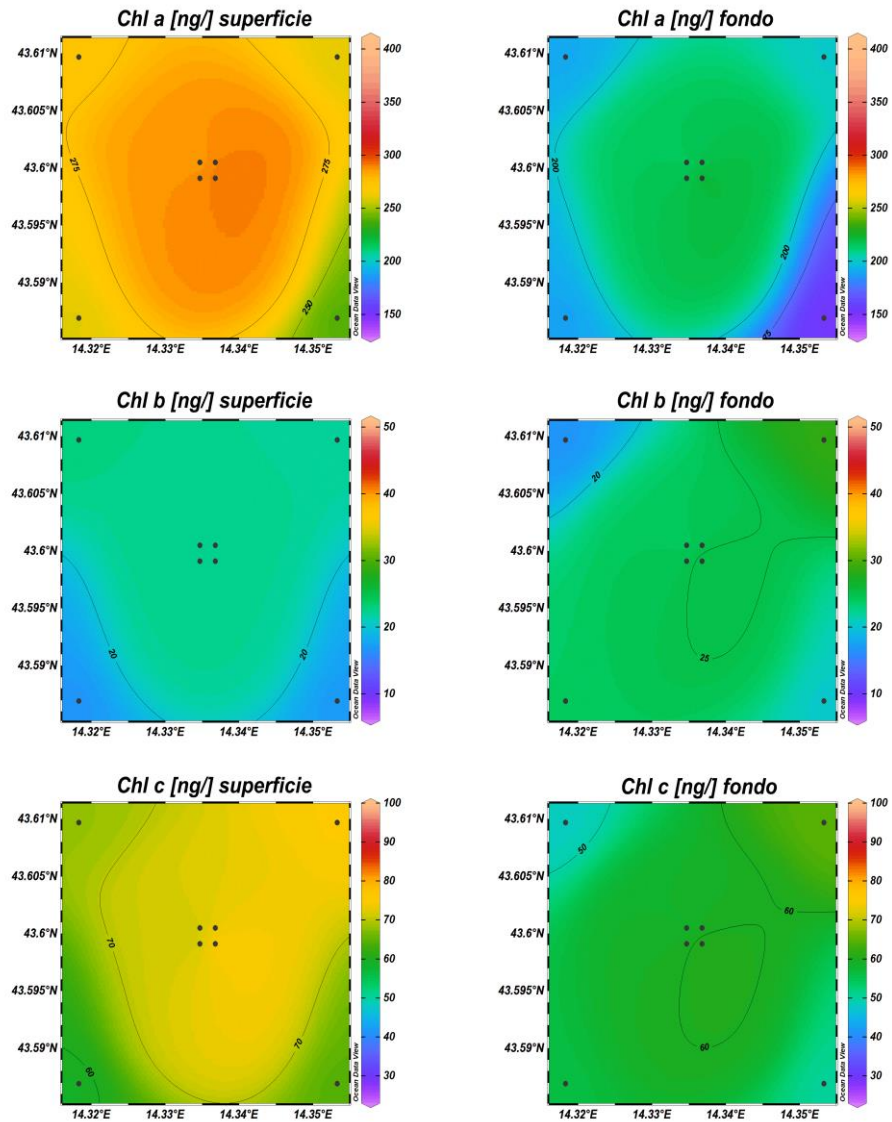


Fig. 3.17 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2021.**

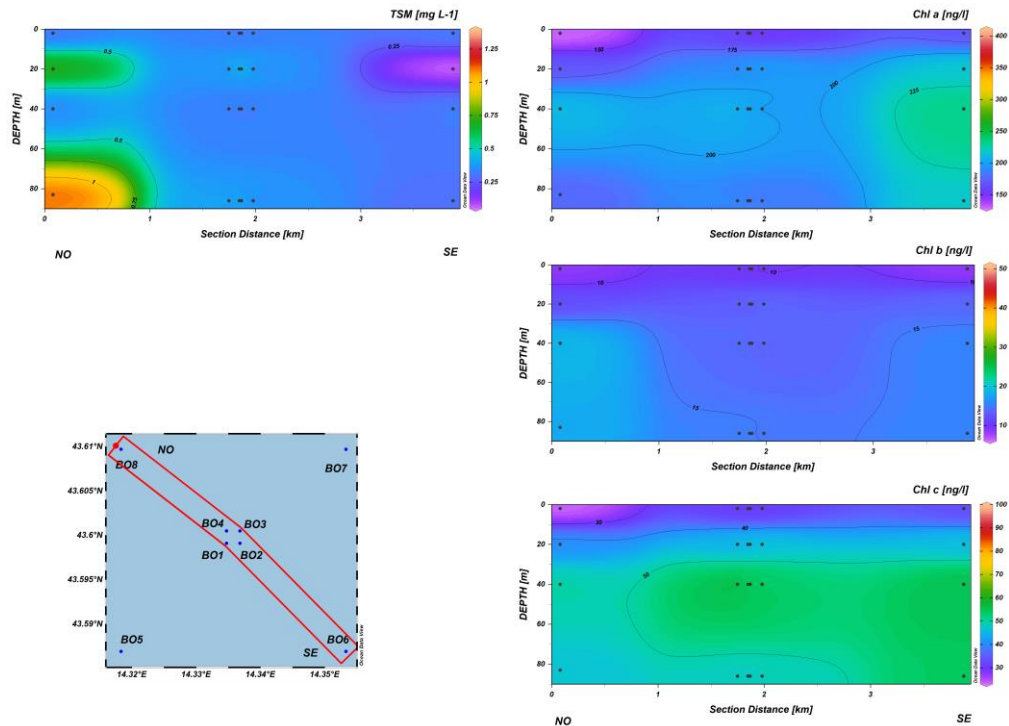


Fig. 3.18a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

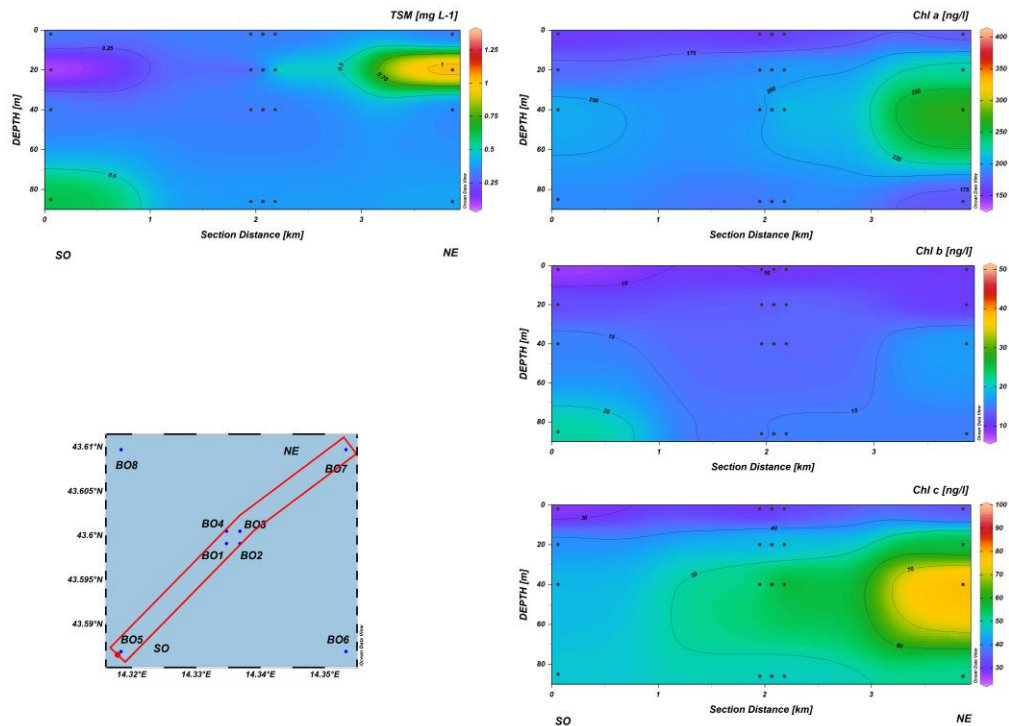


Fig. 3.18b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

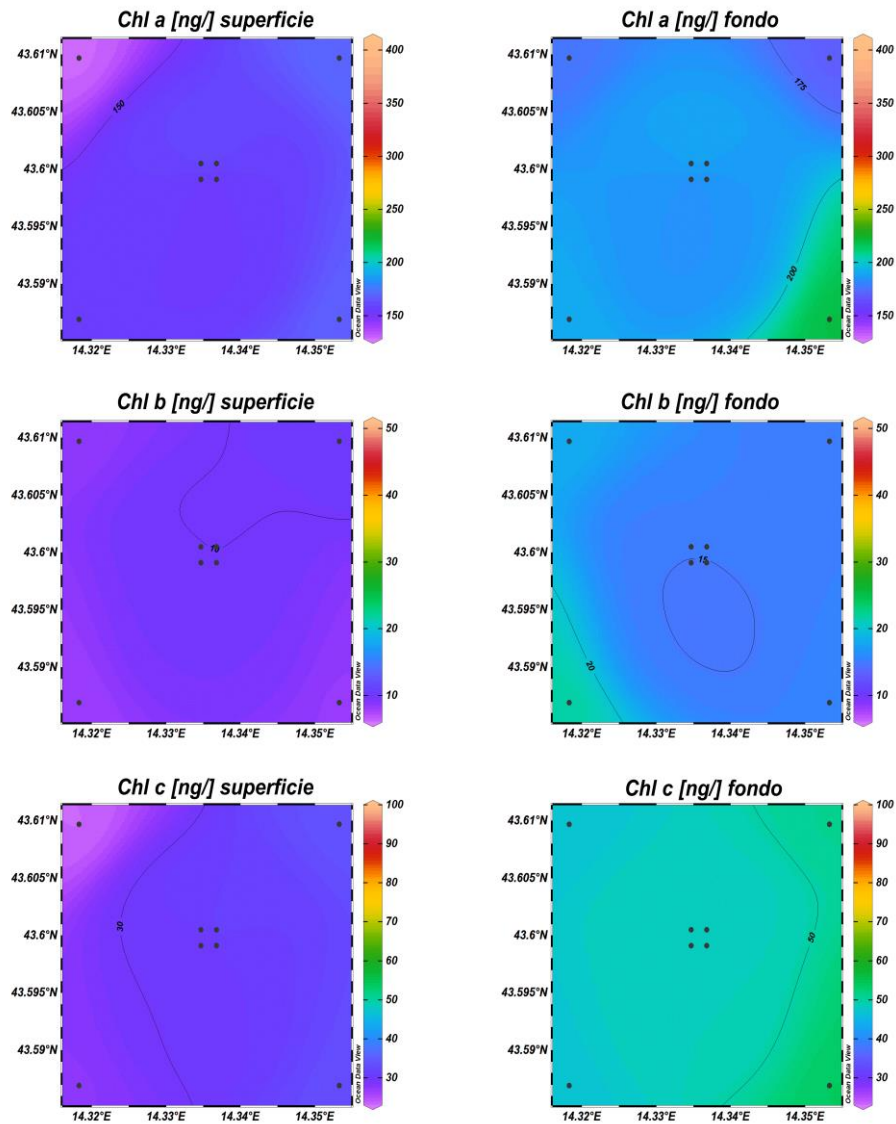


Fig. 3.19 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021**.

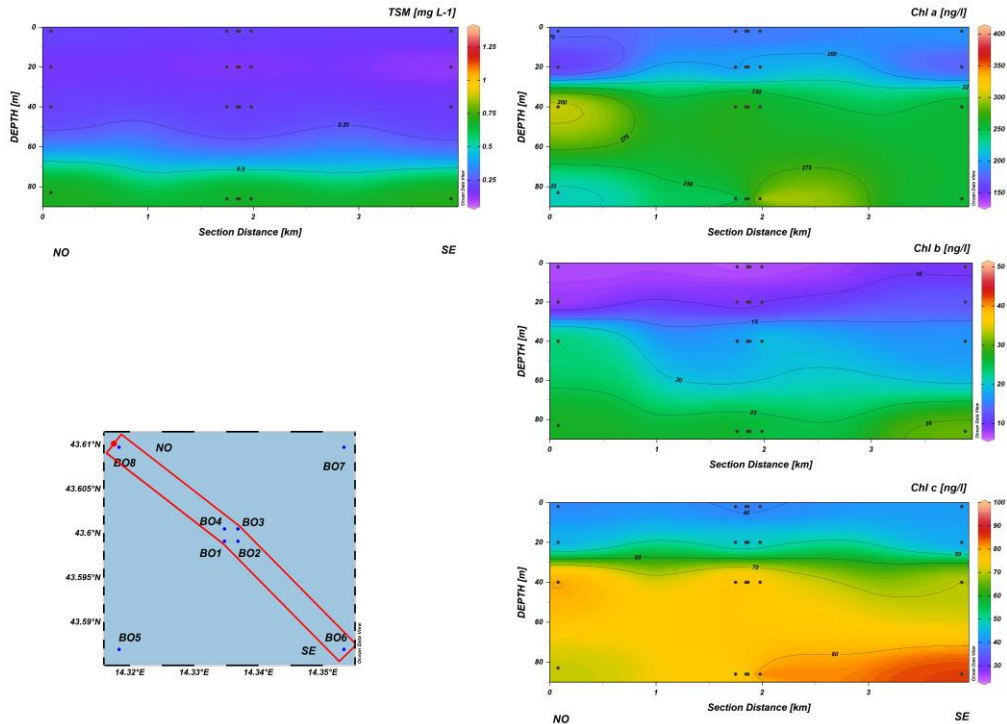


Fig. 3.20a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

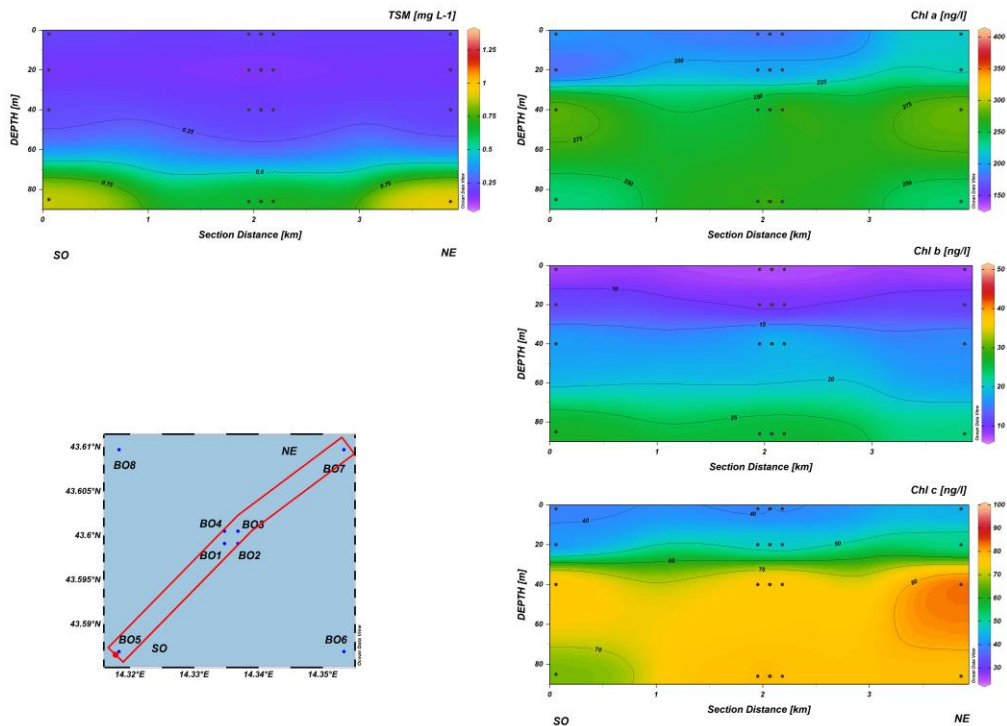


Fig. 3.20b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

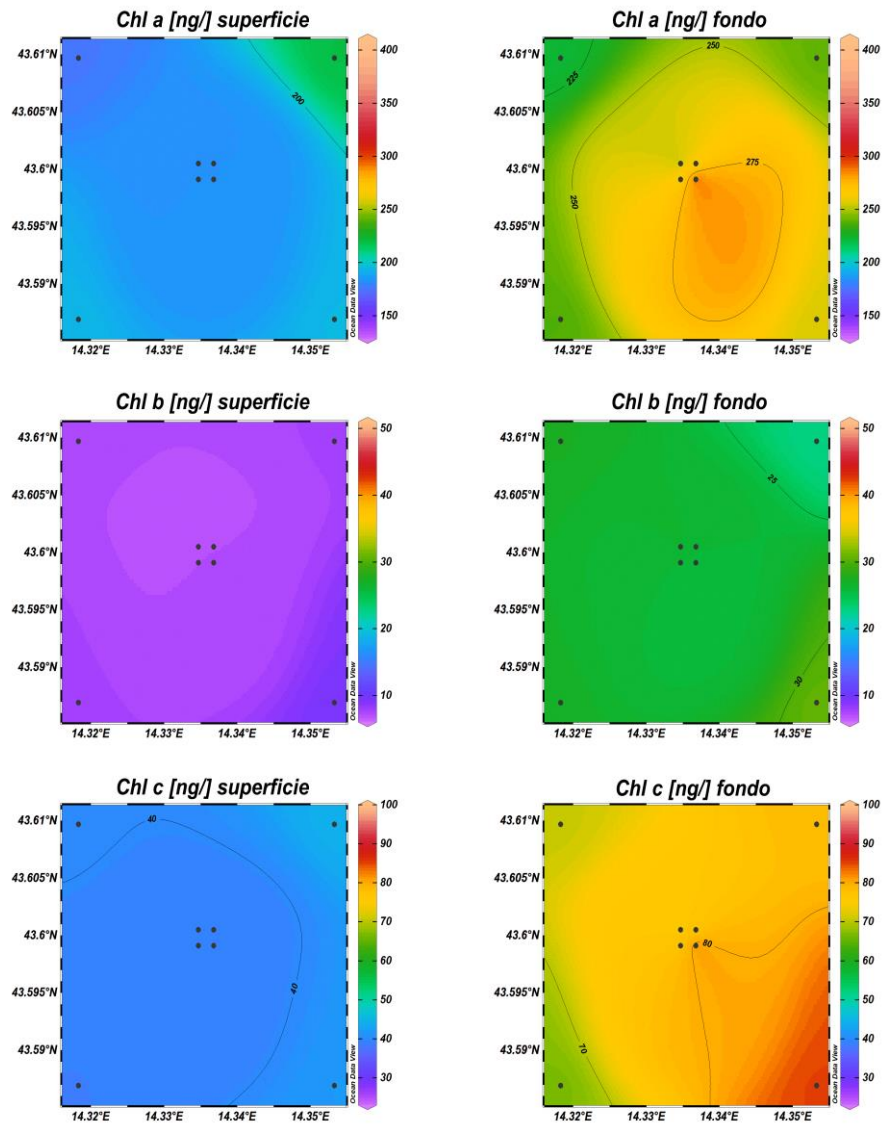


Fig. 3.21 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

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

Gli Idrocarburi totali (IT), gli Idrocarburi Alifatici (IA) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevati nei 3 monitoraggi condotti nel 1° semestre 2021 sono riportati rispettivamente nelle Tab. 3-I - 3-III.

Per quanto riguarda gli IT (Tab. 3-I), a febbraio si sono misurati solo 5 valori utili di cui 3 nei siti a 100 m dalla piattaforma (BO1-BO4), aventi range complessivo di 31-150 µg/L. I massimi sono stati registrati nei controlli BO7 (82 µg/L) e BO8 (150 µg/L) al fondo. A marzo solo 19 valori sono stati maggiori del LR, con range 17-340 µg/L (massimo in BO8, 40 m), con i due gruppi di siti statisticamente indifferenziabili. Infine, a maggio gli IT sono risultati presenti solo in 3 campioni prelevati dai controlli, con range di 25-110 µg/L.

Tab. 3- I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nel 1° semestre 2021.

.Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	< 28	< 28	< 28
BO1 20 m	< 28	< 28	< 28
BO1 40 m	< 28	96	< 28
BO1 fondo	< 28	21	< 28
BO2 sup	< 28	< 28	< 28
BO2 20 m	38	64	< 28
BO2 40 m	< 28	32	< 28
BO2 fondo	< 28	< 28	< 28
BO3 sup	< 28	< 28	< 28
BO3 20 m	50	110	< 28
BO3 40 m	< 28	39	< 28
BO3 fondo	< 28	< 28	< 28
BO4 sup	< 28	17	< 28
BO4 20 m	31	22	< 28
BO4 40 m	< 28	220	< 28
BO4 fondo	< 28	< 28	< 28
BO5 sup	< 28	< 28	< 28
BO5 20 m	< 28	20	< 28
BO5 40 m	< 28	< 28	25
BO5 fondo	< 28	50	< 28
BO6 sup	< 28	23	< 28
BO6 20 m	< 28	22	< 28
BO6 40 m	< 28	66	52
BO6 fondo	< 28	29	110
BO7 sup	< 28	37	< 28
BO7 20 m	< 28	220	< 28
BO7 40 m	< 28	< 28	< 28
BO7 fondo	82	< 28	< 28
BO8 sup	< 28	18	< 28
BO8 20 m	< 28	< 28	< 28
BO8 40 m	< 28	340	< 28
BO8 fondo	150	< 28	< 28

Analogamente agli IT, gli IA (Tab. 3-II) sono stati determinati in pochi campioni. A febbraio solo 13 sono risultati al di sopra del LR, 10 nelle stazioni di piattaforma e 3 in quelle di controllo, con range complessivo pari a 2-13 µg/L (massimo in BO8, fondo). A marzo sono stati misurati solo 19 campioni utili di cui 9 nelle stazioni a 100 m di distanza da Bonaccia NW. Rispetto a febbraio si è registrato un aumento delle concentrazioni, con range globale di 5-95 µg/L (massimo in BO4, 40 m). A maggio gli IA sono stati rilevati solo in 3 campioni di controllo (range 22-35 µg/L).

Tab. 3-II - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	< 1	< 1	< 1
BO1 20 m	4,4	< 1	< 1
BO1 40 m	5,4	50,0	< 1
BO1 fondo	4,0	12,0	< 1
BO2 sup	3,4	< 1	< 1
BO2 20 m	6,0	32,0	< 1
BO2 40 m	< 1	15,0	< 1
BO2 fondo	< 1	< 1	< 1
BO3 sup	3,4	< 1	< 1
BO3 20 m	2,3	47,0	< 1
BO3 40 m	< 1	19,0	< 1
BO3 fondo	< 1	< 1	< 1
BO4 sup	< 1	7,3	< 1
BO4 20 m	5,2	10,0	< 1
BO4 40 m	3,2	95,0	< 1
BO4 fondo	3,2	< 1	< 1
BO5 sup	3,5	< 1	< 1
BO5 20 m	< 1	6,4	< 1
BO5 40 m	< 1	< 1	22,0
BO5 fondo	< 1	23,0	< 1
BO6 sup	< 1	9,2	< 1
BO6 20 m	< 1	8,1	< 1
BO6 40 m	< 1	18,0	23,0
BO6 fondo	< 1	9,4	35,0
BO7 sup	< 1	9,7	< 1
BO7 20 m	< 1	31,0	< 1
BO7 40 m	< 1	< 1	< 1
BO7 fondo	9,2	< 1	< 1
BO8 sup	< 1	5,2	< 1
BO8 20 m	< 1	< 1	< 1
BO8 40 m	< 1	44,0	< 1
BO8 fondo	13,0	< 1	< 1

A febbraio i campioni con IPA (Tab. 3-III) al di sopra del LR sono stati 8 (25% del totale), tutti di controllo, in un range di 0,0031-0,0440 µg/L. A marzo i valori superiori al LR (18) sono stati registrati perlopiù nelle stazioni di piattaforma (16), con range globale di 0,0009-

0,0120 µg/L (massimo in BO4, superficie). Infine, a maggio, sul 63% dei campioni rilevabili, soprattutto nelle stazioni di controllo, la media complessiva è stata di $0,0056 \pm 0,0026$ µg/L (range 0,0007-0,0140 µg/L con massimo in BO2, 20 m).

Tab. 3-III - Concentrazioni (µg/L) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	< 0,0028	0,0010	< 0,0028
BO1 20 m	< 0,0028	0,0043	< 0,0028
BO1 40 m	< 0,0028	0,0048	< 0,0028
BO1 fondo	< 0,0028	0,0058	< 0,0028
BO2 sup	< 0,0028	0,0047	< 0,0028
BO2 20 m	< 0,0028	0,0015	0,0140
BO2 40 m	< 0,0028	0,0011	0,0063
BO2 fondo	< 0,0028	0,0015	0,0070
BO3 sup	< 0,0028	0,0044	< 0,0028
BO3 20 m	< 0,0028	0,0044	< 0,0028
BO3 40 m	< 0,0028	0,0012	< 0,0028
BO3 fondo	< 0,0028	0,0024	< 0,0028
BO4 sup	< 0,0028	0,0120	0,00071
BO4 20 m	< 0,0028	0,0011	< 0,0028
BO4 40 m	< 0,0028	0,0041	< 0,0028
BO4 fondo	< 0,0028	0,0011	< 0,0028
BO5 sup	0,0045	< 0,0028	0,0049
BO5 20 m	< 0,0028	0,0090	0,0030
BO5 40 m	0,0440	< 0,0028	0,0044
BO5 fondo	< 0,0028	0,00092	0,0062
BO6 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0042
BO6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0057
BO6 40 m	0,0044	< 0,0028	0,0053
BO6 fondo	0,0036	< 0,0028	0,0053
BO7 sup	0,0035	< 0,0028	0,0061
BO7 20 m	0,0031	< 0,0028	0,0086
BO7 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0042
BO7 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,0056
BO8 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0046
BO8 20 m	0,0180	< 0,0028	0,0071
BO8 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0036
BO8 fondo	0,0043	< 0,0028	0,0056

I risultati inerenti i **Solventi Organici Aromatici** (BTEX) sono riportati in Tab. 3-IV.

Il **benzene** è risultato non quantificabile in tutto il semestre.

L'**etilbenzene** è stato rilevato solo a marzo in 28 campioni, dei quali 12 provenienti dalle stazioni di piattaforma e 16 da quelle di controllo. La distribuzione geografica è risultata omogenea, con range globale di 0,010-0,032 µg/L (massimo in BO5, 40 m) e media di $0,018 \pm 0,007$ µg/L.

Lo **stirene** è stato rilevato a febbraio in soli 5 campioni tutti di controllo, con range di

0,011-0,014 µg/L. Non quantificabile a marzo, a maggio i campioni utili sono stati 13, di cui 4 prelevati a 100 m da Bonaccia NW e 9 ai controlli; il range complessivo è stato 0,010-0,120 µg/L, con il massimo assoluto di 0,120 µg/L misurato in BO7 al fondo.

In tutto il semestre il **toluene** è stato rilevato solo su un campione a maggio (BO7, fondo).

Infine, lo **xilene** è risultato assente a febbraio e a maggio. A marzo sono stati misurati solo 7 valori al di sopra del LR, di cui 6 nelle stazioni controllo, con range globale di 0,022-0,032 µg/L (massimo in BO1, 20 m).

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel 1° semestre 2021.

Stazione	Benzene			Etilbenzene			Stirene			Toluene			Xilene			
	Feb	Mar	Mag	Feb	Mar	Mag	Feb	Mar	Mag	Feb	Mar	Mag	Feb	Mar	Mag	
BO1 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO1 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,030	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,032	< 0,02
BO1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO2 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO2 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO3 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO4 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,032	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,071	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,031	< 0,02	< 0,02
BO5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,030	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,030	< 0,02	< 0,02
BO6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	< 0,01	0,013	< 0,01	0,010	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,023	< 0,02	< 0,02
BO6 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	0,013	< 0,01	0,087	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	0,012	< 0,01	0,013	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO7 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,029	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,031	< 0,02	< 0,02
BO7 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,120	< 0,05	< 0,05	0,063	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO8 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,022	< 0,02	< 0,02
BO8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,027	< 0,02	< 0,02
BO8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

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

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel 1° semestre 2021.

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

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nel 1° semestre 2021 sono riportate in Tab. 3-VI.

Alluminio - Le concentrazioni di alluminio rilevate durante il semestre possono essere considerate costanti, visto che da un punto di vista puramente statistico i valori medi delle tre campagne sono simili. Analogamente, le stazioni di piattaforma (BO1-BO4) non sono differenziabili da quelle di controllo (BO5-BO8).

A febbraio il metallo è stato rilevato in 9 campioni prelevati a 100 m dalla piattaforma e in 9 di controllo. La media globale è stata di $4,82 \pm 4,29$ $\mu\text{g/L}$, con range 0,69-16,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO5, 40 m). A marzo è stato quantificato quasi ovunque oscillando tra 0,10 e 11,00 $\mu\text{g/L}$, massimo rilevato in BO1, fondo (media complessiva di $3,15 \pm 2,92$ $\mu\text{g/L}$). A maggio l'alluminio è stato rilevato in tutti i campioni; la media globale è stata di $4,62 \pm 2,14$ $\mu\text{g/L}$ e il range 2,10-10,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO1, superficie e 20 m).

Arsenico - L'arsenico è stato sempre rilevato, presentando concentrazioni pressoché omogenee sia durante il semestre, sia geograficamente, soprattutto a maggio. A febbraio il range è stato di 0,06-0,34 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO5, fondo) e la media $0,13 \pm 0,06$ $\mu\text{g/L}$. A marzo l'arsenico è variato tra 0,13 e 0,41 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO3, 40 m), con media globale di $0,19 \pm 0,07$ $\mu\text{g/L}$. A maggio il range è stato di 0,12-0,24 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO7, 40 m) e la media $0,18 \pm 0,03$ $\mu\text{g/L}$.

Bario - Anche il bario è stato sempre quantificato e ha mostrato un ancor più accentuata omogeneità spaziale e temporale. Il range complessivo del semestre è stato di 0,65-2,30 $\mu\text{g/L}$ (massimo in maggio in BO1, superficie) e le medie sono variate tra $0,933 \pm 0,349$ e $1,030 \pm 0,212$ $\mu\text{g/L}$ (rispettivamente maggio e marzo), con dispersione contenuta.

Cadmio - Solo pochi valori hanno superato la soglia del LR: 7 a marzo (range 0,011-0,160 $\mu\text{g/L}$), di cui 6 relativi a campioni prelevati a 100 m dalla piattaforma, e 1 a maggio (BO2, superficie).

Cromo - Analogamente al cadmio solo pochi valori sono risultati superiori al LR: 4 a febbraio (range 0,15-0,20 $\mu\text{g/L}$), 5 a marzo (0,16-0,73 $\mu\text{g/L}$), e solo 2 a maggio (range 0,12-2,00 $\mu\text{g/L}$) con concentrazione massima assoluta di 2,00 $\mu\text{g/L}$ misurata nella stazione BO8 in superficie nel terzo campionamento.

Ferro - I valori misurati per il ferro sono risultati distribuiti geograficamente in modo non differenziabile dal punto di vista statistico, a causa di notevoli dispersioni dovute a massimi elevati e isolati. A febbraio è stato quantificato in 9 campioni provenienti dai siti BO1-B4 e in 11 campioni di controllo. La media complessiva è risultata di $2,48 \pm 2,60$ $\mu\text{g/L}$ con range di 0,09-9,50 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO4, superficie). A marzo è stato quantificato in un numero superiore di campioni. La media è stata pari a $2,20 \pm 1,56$ $\mu\text{g/L}$ e il range a 0,08-5,60 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO3, 40 m). Infine, a maggio il ferro è stato rilevato ovunque e ha presentato una concentrazione media globale di $3,05 \pm 2,04$ $\mu\text{g/L}$ e un range di 1,10-11,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO8, superficie).

Mercurio – A febbraio il mercurio è stato quantificato prevalentemente nelle stazioni di controllo. La media complessiva è stata pari a $0,014 \pm 0,010$ $\mu\text{g/L}$ e le concentrazioni sono variate tra 0,002 e 0,049 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO8, superficie). A marzo si è registrato un apparente aumento indicato dal range delle concentrazioni, compreso tra 0,008 e 0,270 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO3, superficie). Mediamente però non si rilevano variazioni rispetto al campionamento precedente a causa dell'elevata dispersione dei dati ($0,046 \pm 0,057$ $\mu\text{g/L}$). A maggio il mercurio è stato quantificato esclusivamente nel controllo BO8 in superficie (0,0027 $\mu\text{g/L}$).

Nichel - A febbraio sono stati registrati solo 5 valori maggiori del LR, di cui uno solo proveniente dai siti a 100 m da Bonaccia NW, compresi tra 0,05 e 0,32 $\mu\text{g/L}$. Negli altri due campionamenti questo metallo è stato rilevato ovunque. A marzo è avvenuto un aumento del contenuto di nichel, come indicato sia dalla media complessiva ($0,51 \pm 0,14$ $\mu\text{g/L}$), sia dal range (0,26-0,80 $\mu\text{g/L}$). Inoltre, la concentrazione media dei controlli ($0,62 \pm 0,09$ $\mu\text{g/L}$) è risultata leggermente maggiore di quella delle stazioni a 100 m dalla piattaforma ($0,40 \pm 0,09$ $\mu\text{g/L}$). A maggio il metallo si è ridotto, presentando una media complessiva di $0,20 \pm 0,15$ $\mu\text{g/L}$ e un range di 0,10-0,98 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO8, superficie).

Piombo – Per il piombo sono stati rilevati valori omogenei e non differenziabili, con dispersioni elevate. A febbraio è stato quantificato in 8 campioni prelevati a 100 m dalla struttura e in 6 di controllo, a marzo in 22 campioni equamente distribuiti tra siti BO1-BO4 e BO5-BO8 e a maggio ovunque. L'intervallo di concentrazioni complessivo del semestre è stato di 0,022-0,440 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO4, superficie a febbraio), con medie nel range di $0,057 \pm 0,030$ - $0,089 \pm 0,088$ $\mu\text{g/L}$ (rispettivamente maggio e marzo).

Rame - Il rame è stato quantificato solo in 5 campioni a febbraio (di cui 1 a 100 m dalla piattaforma), in 2 a marzo (entrambi a 100 m da Bonaccia NW) e in 3 a maggio (tutti a 100 m di distanza dalla piattaforma). Questi pochi valori sono rientrati nel range semestrale di 0,09-7,40 $\mu\text{g/L}$. Il massimo assoluto di 7,40 $\mu\text{g/L}$ misurato a marzo in BO2 a 20 m di profondità è molto probabilmente un out-line.

Vanadio - Il vanadio è stato quantificato sempre e ovunque; le concentrazioni sono state molto omogenee dal punto di vista geografico e pressoché costanti nel semestre, con una leggera flessione a marzo. A febbraio i valori si sono attestati sulla media globale di $0,28 \pm 0,06$ $\mu\text{g/L}$, con range di 0,20-0,48 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO5, fondo). A marzo è avvenuta una leggera flessione delle concentrazioni, come indicato dall'intervallo di valori

(0,13-0,46 $\mu\text{g/L}$); la media complessiva è stata pari a $0,22\pm 0,08$ $\mu\text{g/L}$. Valori simili a quelli di febbraio sono stati misurati a maggio, quando sono oscillati tra 0,22 e 0,36 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO8, 20 m) determinando una media complessiva pari a $0,29\pm 0,03$ $\mu\text{g/L}$.

Zinco - Questo metallo è stato quantificato ovunque nelle prime due campagne, riducendosi notevolmente a maggio quando è stato rilevato in soli 6 campioni (4 prelevati a 100 m dalla piattaforma e 2 di controllo). In tutti i survey vi è stata una notevole dispersione dei dati. A febbraio, infatti, il range è stato 0,75-52,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO5, fondo), a marzo 0,93-16,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO1, fondo) e a maggio 0,28-22,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO1, superficie). Si evidenzia che i massimi sopra citati rappresentano verosimilmente degli spike.

Indio - L'indio è stato rilevato esclusivamente a febbraio e in soli 6 campioni (4 a 100 m dalla piattaforma e 2 di controllo), dove è oscillato tra 0,14 e 0,35 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO3, 20 m).

Silicio – Il silicio è stato quantificato a febbraio solo in BO2, superficie. Assente a marzo, a maggio tutte le concentrazioni sono risultate maggiori del LR presentando una distribuzione geograficamente molto omogenea, con media globale di $0,50\pm 0,06$ mg/L e range di 0,39-0,78 mg/L (massimo in BO3, 20 m).

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di metalli pesanti nel corso dei survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Alluminio			Arsenico			Bario			Cadmio			Cromo		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	< 0,081	5,90	10,00	0,120	0,200	0,180	0,71	0,90	2,30	< 0,010	0,015	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO1 20 m	< 0,081	3,40	10,00	0,057	0,170	0,190	0,79	0,93	0,69	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO1 40 m	8,00	0,68	4,30	0,150	0,170	0,170	0,83	0,67	0,72	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO1 fondo	< 0,081	11,00	3,20	0,098	0,180	0,190	1,00	0,92	0,76	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO2 sup	< 0,081	< 0,081	4,30	0,080	0,170	0,190	0,82	0,85	0,85	< 0,010	< 0,010	0,018	0,16	< 0,10	< 0,10
BO2 20 m	0,86	< 0,081	2,50	0,090	0,160	0,120	0,88	0,89	0,79	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO2 40 m	< 0,081	7,70	3,20	0,120	0,130	0,180	0,82	0,98	0,94	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO2 fondo	< 0,081	0,14	4,10	0,110	0,150	0,160	0,69	0,97	0,78	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO3 sup	< 0,081	3,50	3,90	0,110	0,400	0,160	1,10	1,00	0,82	< 0,010	0,160	< 0,010	< 0,10	0,24	< 0,10
BO3 20 m	8,10	2,90	3,30	0,110	0,320	0,160	0,77	1,00	0,78	< 0,010	0,120	< 0,010	< 0,10	0,16	< 0,10
BO3 40 m	0,69	7,40	3,60	0,140	0,410	0,230	0,92	1,20	0,76	< 0,010	0,160	< 0,010	< 0,10	0,24	< 0,10
BO3 fondo	1,00	8,20	3,40	0,110	0,280	0,190	0,77	1,10	0,78	< 0,010	0,100	< 0,010	< 0,10	0,18	< 0,10
BO4 sup	6,90	1,70	4,60	0,085	0,180	0,180	1,10	1,70	1,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO4 20 m	3,20	5,60	4,00	0,130	0,140	0,180	0,87	0,86	0,77	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO4 40 m	4,50	1,10	8,00	0,083	0,170	0,180	2,20	1,30	0,76	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO4 fondo	7,40	2,80	5,00	0,120	0,140	0,200	1,10	0,84	0,93	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO5 sup	< 0,081	0,79	7,10	0,130	0,170	0,160	0,79	1,20	2,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO5 20 m	< 0,081	0,63	6,20	0,089	0,180	0,160	0,94	0,81	0,89	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,20	< 0,10	0,12
BO5 40 m	16,00	< 0,081	3,20	0,150	0,130	0,180	1,70	0,71	0,79	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO5 fondo	12,00	0,23	3,90	0,340	0,170	0,170	2,20	1,00	0,90	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,15	< 0,10	< 0,10
BO6 sup	< 0,081	2,10	7,10	0,071	0,210	0,180	0,81	1,20	0,90	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO6 20 m	1,00	3,00	2,10	0,120	0,160	0,150	0,65	1,00	0,95	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,73	< 0,10
BO6 40 m	< 0,081	2,60	4,20	0,100	0,200	0,140	0,81	1,20	0,72	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO6 fondo	6,30	1,30	3,20	0,093	0,200	0,150	1,000	1,10	0,76	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO7 sup	2,00	1,20	2,70	0,290	0,180	0,160	1,70	1,50	0,88	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,19	< 0,10	< 0,10
BO7 20 m	2,20	0,49	4,10	0,160	0,190	0,170	0,78	0,96	0,96	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO7 40 m	3,20	1,30	4,40	0,150	0,190	0,240	1,10	0,98	0,89	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO7 fondo	< 0,081	1,70	4,20	0,095	0,160	0,160	0,78	1,10	0,84	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO8 sup	2,30	0,10	3,90	0,160	0,190	0,200	1,00	1,20	1,10	< 0,010	0,016	< 0,010	< 0,10	< 0,10	2,00
BO8 20 m	1,10	8,20	3,00	0,140	0,190	0,170	0,88	0,87	0,91	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO8 40 m	< 0,081	3,50	2,10	0,130	0,170	0,200	0,73	0,92	0,73	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
BO8 fondo	< 0,081	2,20	8,90	0,150	0,170	0,230	0,73	1,10	1,00	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Ferro			Mercurio			Nichel			Piombo			Rame		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	0,390	0,180	5,300	< 0,0020	0,0560	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,200	< 0,020	0,420	0,150	< 0,039	< 0,039	0,140
BO1 20 m	< 0,036	< 0,036	1,300	0,0023	0,0450	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,240	0,032	0,030	0,062	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO1 40 m	3,200	< 0,036	2,200	0,0055	0,0280	< 0,0020	< 0,040	0,280	0,170	0,024	< 0,020	0,037	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO1 fondo	0,570	3,200	1,600	< 0,0020	0,0420	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,160	< 0,020	0,092	0,045	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO2 sup	< 0,036	< 0,036	3,200	< 0,0020	0,0320	< 0,0020	< 0,040	0,430	0,140	< 0,020	< 0,020	0,030	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO2 20 m	< 0,036	1,200	1,200	0,0220	0,0190	< 0,0020	< 0,040	0,430	0,150	0,047	0,023	0,025	< 0,039	7,400	< 0,0089
BO2 40 m	< 0,036	< 0,036	2,900	0,0170	0,0270	< 0,0020	< 0,040	0,530	0,150	< 0,020	0,130	0,033	< 0,039	< 0,039	0,610
BO2 fondo	< 0,036	< 0,036	2,100	0,0140	0,0310	< 0,0020	< 0,040	0,540	0,100	< 0,020	< 0,020	0,036	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO3 sup	< 0,036	2,900	2,000	0,0028	0,0710	< 0,0020	< 0,040	0,450	0,130	< 0,020	0,160	0,035	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO3 20 m	1,200	1,700	1,800	0,0044	0,0810	< 0,0020	< 0,040	0,410	0,220	0,030	0,110	0,042	< 0,039	< 0,039	0,180
BO3 40 m	2,100	5,600	2,200	0,0140	0,2700	< 0,0020	< 0,040	0,500	0,170	0,022	0,180	0,038	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO3 fondo	< 0,036	5,500	2,300	0,0057	0,2300	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,180	< 0,020	0,150	0,041	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO4 sup	9,500	< 0,036	1,600	< 0,0020	0,0079	< 0,0020	0,280	0,340	0,190	0,440	0,038	0,047	0,170	< 0,039	< 0,0089
BO4 20 m	0,620	< 0,036	2,500	< 0,0020	0,0160	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,180	< 0,020	< 0,020	0,056	< 0,039	0,140	< 0,0089
BO4 40 m	1,700	4,400	6,000	< 0,0020	0,0130	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,180	0,032	0,062	0,120	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO4 fondo	2,100	< 0,036	5,500	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,260	0,190	0,069	< 0,020	0,056	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO5 sup	< 0,036	1,100	4,800	0,0130	0,0220	< 0,0020	< 0,040	0,630	0,200	< 0,020	0,038	0,100	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO5 20 m	1,800	0,66	6,400	0,0140	0,0230	< 0,0020	0,046	0,570	0,220	< 0,020	< 0,020	0,130	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO5 40 m	2,000	< 0,036	1,100	0,0250	0,0340	< 0,0020	< 0,040	0,610	0,130	0,082	< 0,020	0,038	0,390	< 0,039	< 0,0089
BO5 fondo	5,500	2,300	1,500	0,0110	0,0270	< 0,0020	0,320	0,640	0,170	0,140	0,064	0,038	0,750	< 0,039	< 0,0089
BO6 sup	< 0,036	1,800	2,700	0,0087	0,0470	< 0,0020	< 0,040	0,680	0,180	< 0,020	0,055	0,058	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO6 20 m	< 0,036	1,600	2,100	0,0020	0,0220	< 0,0020	< 0,040	0,800	0,120	< 0,020	0,023	0,059	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO6 40 m	< 0,036	2,100	2,400	0,0065	0,0120	< 0,0020	< 0,040	0,710	0,140	< 0,020	0,120	0,046	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO6 fondo	1,400	0,330	2,600	0,0041	0,0230	< 0,0020	0,079	0,750	0,150	0,130	0,045	0,048	0,540	< 0,039	< 0,0089
BO7 sup	2,000	2,200	2,100	0,0089	0,0200	< 0,0020	0,230	0,550	0,260	< 0,020	0,039	0,091	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO7 20 m	4,900	1,500	2,100	< 0,0020	0,0170	< 0,0020	< 0,040	0,500	0,140	0,072	0,022	0,051	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO7 40 m	8,200	< 0,036	2,100	0,0240	0,0470	< 0,0020	< 0,040	0,660	0,160	0,045	< 0,020	0,058	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO7 fondo	< 0,036	2,400	2,000	0,0250	0,0280	< 0,0020	< 0,040	0,560	0,100	< 0,020	0,048	0,040	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO8 sup	1,200	0,078	11,000	0,0490	0,0550	0,0027	< 0,040	0,620	0,980	0,051	< 0,020	0,05	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO8 20 m	0,710	< 0,036	4,800	0,0160	0,0210	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,140	< 0,020	< 0,020	0,056	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO8 40 m	0,094	1,900	3,400	0,0180	0,0350	< 0,0020	< 0,040	0,510	0,130	< 0,020	0,035	0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
BO8 fondo	0,340	3,600	2,700	0,0210	0,0330	< 0,0020	< 0,040	0,600	0,300	< 0,020	0,080	0,075	< 0,039	< 0,039	< 0,0089

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Vanadio			Zinco			Indio			Silicio		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	0,28	0,21	0,32	2,70	8,90	22,00	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,53
BO1 20 m	0,24	0,17	0,3	3,30	8,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO1 40 m	0,27	0,17	0,28	1,50	3,20	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO1 fondo	0,25	0,23	0,28	0,75	16,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO2 sup	0,27	0,20	0,26	1,50	3,10	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,20	< 0,50	0,48
BO2 20 m	0,26	0,20	0,22	1,10	3,10	< 0,064	0,14	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO2 40 m	0,27	0,23	0,26	1,60	9,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,49
BO2 fondo	0,30	0,18	0,32	4,20	1,80	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,53
BO3 sup	0,30	0,46	0,31	1,00	3,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,48
BO3 20 m	0,26	0,35	0,33	1,10	1,60	2,00	0,35	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,78
BO3 40 m	0,34	0,46	0,28	0,77	3,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
BO3 fondo	0,30	0,30	0,27	3,60	6,00	0,54	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,57
BO4 sup	0,26	0,19	0,29	4,40	5,20	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,46
BO4 20 m	0,25	0,19	0,35	1,90	2,50	< 0,064	0,31	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,47
BO4 40 m	0,31	0,21	0,25	4,40	2,20	0,28	0,26	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,47
BO4 fondo	0,26	0,19	0,27	4,00	0,93	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,49
BO5 sup	0,22	0,20	0,30	1,60	9,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,54
BO5 20 m	0,28	0,14	0,28	5,00	3,60	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,42
BO5 40 m	0,24	0,13	0,27	2,30	2,10	< 0,064	0,19	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO5 fondo	0,48	0,19	0,23	52,00	5,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,48
BO6 sup	0,20	0,19	0,29	3,40	5,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,45
BO6 20 m	0,23	0,19	0,33	1,90	3,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
BO6 40 m	0,25	0,24	0,25	1,90	9,90	0,64	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
BO6 fondo	0,30	0,17	0,32	250	5,10	< 0,064	0,19	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
BO7 sup	0,43	0,28	0,29	1,60	1,50	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,48
BO7 20 m	0,25	0,23	0,31	2,60	2,70	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,39
BO7 40 m	0,26	0,17	0,27	7,50	2,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
BO7 fondo	0,26	0,18	0,30	5,30	2,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,56
BO8 sup	0,37	0,22	0,32	4,50	2,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,49
BO8 20 m	0,28	0,19	0,36	5,70	6,20	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,44
BO8 40 m	0,24	0,200	0,30	2,00	6,10	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,54
BO8 fondo	0,28	0,21	0,29	5,80	6,90	0,93	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo alle registrazioni effettuate nel 1° semestre 2021 (fig. 3.22) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione, non essendo presenti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. La variazione di pressione avvenuta a maggio è dovuta al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

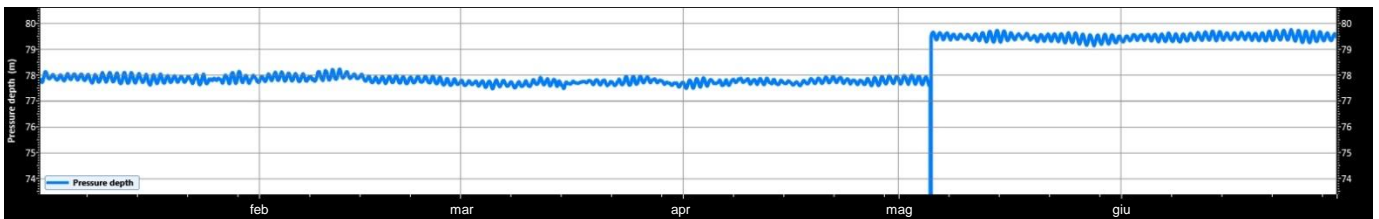


Fig. 3.22 - Pressione misurata dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW nel periodo 01/01-30/06/2021.

In tutto il semestre la corrente è stata caratterizzata da una direzione prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud a gennaio e a marzo (figg. 3.23 - 3.28). A giugno la direzione è stata molto variabile.

La velocità è stata piuttosto costante con valori inferiori a 0,1 m/s, ma da fine febbraio sino alla metà di marzo vi sono state fasi in cui è aumentata sino a 0,15 m/s.

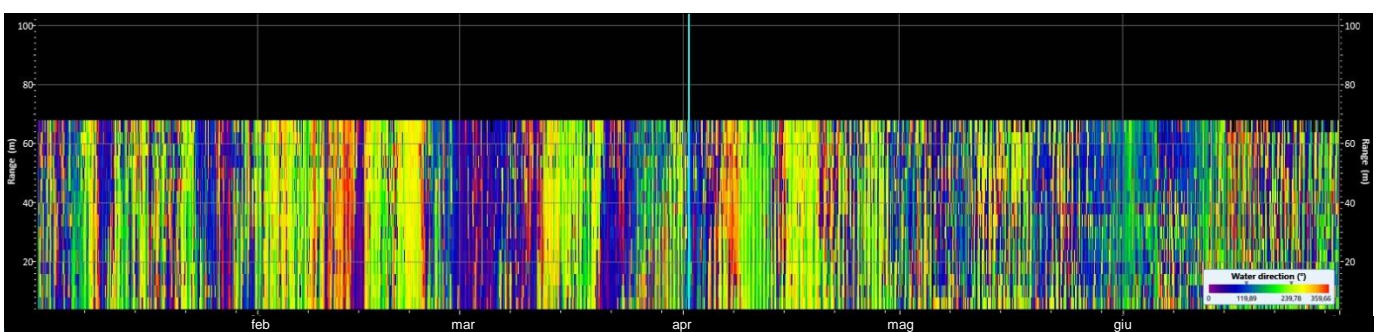


Fig. 3.23 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

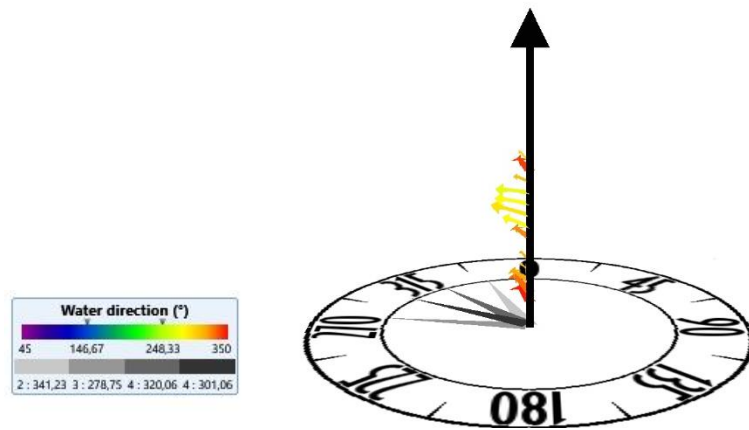


Fig. 3.24 - 3D plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

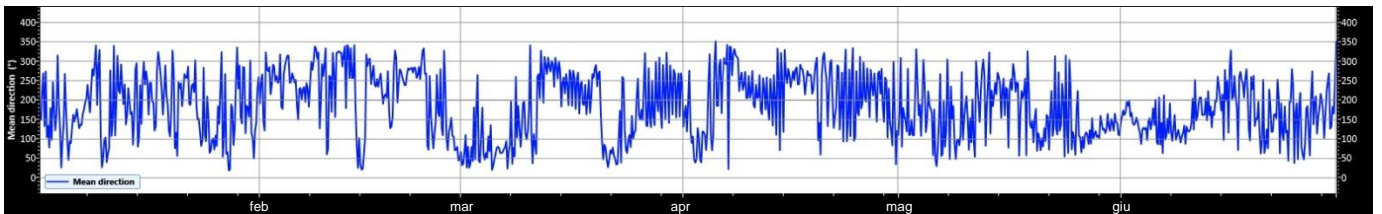


Fig. 3.25 - Direzione della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

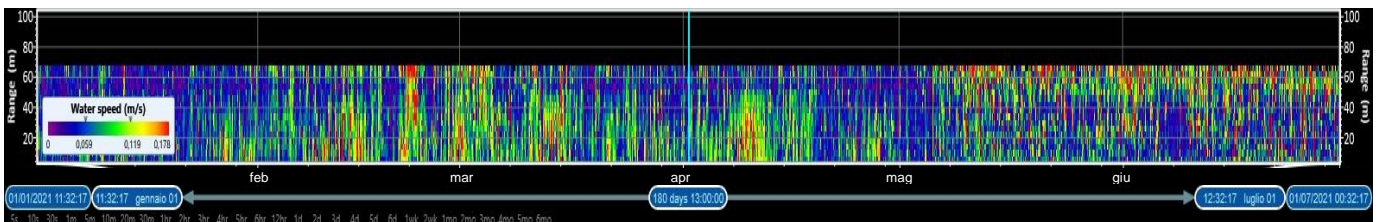


Fig. 3.26 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

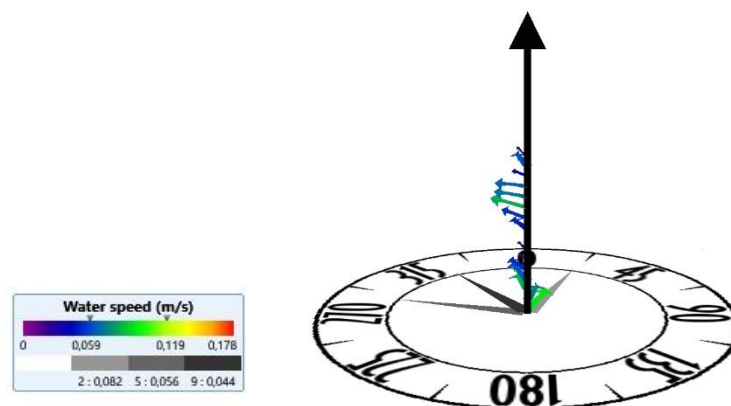


Fig. 3.27 - 3D plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

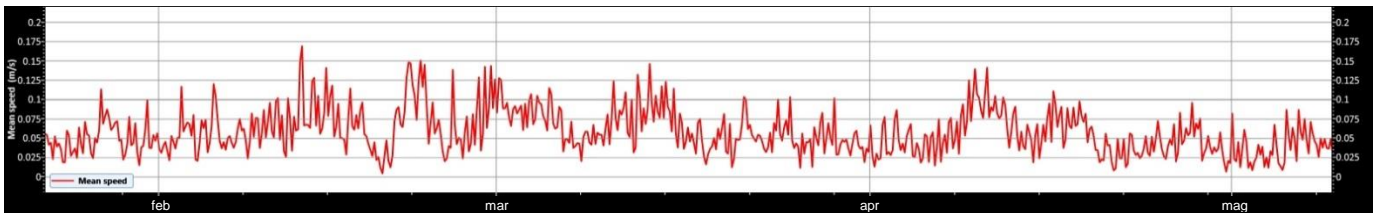


Fig. 3.28 - Velocità della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

La temperatura rilevata in prossimità del fondo durante il 1° semestre 2021 ha subito una diminuzione da gennaio sino alla seconda metà di febbraio, passando da circa 16°C a 12,5°C (fig. 3.29). Successivamente, sino a fine aprile l'andamento è stato piuttosto costante essendo le temperature variabili tra 12,5°C e 13°C, con brevi periodi sino a 13,5°C. A maggio l'andamento è stato più altalenante, con periodi caratterizzati da temperature di 14°C e altri da temperature di 13°C. A giugno è stata di nuovo riscontrata una certa omogeneità, con valori attorno a 13,5°C. Il picco che si nota nel mese di maggio è dovuto al recupero del mooring per manutenzione.

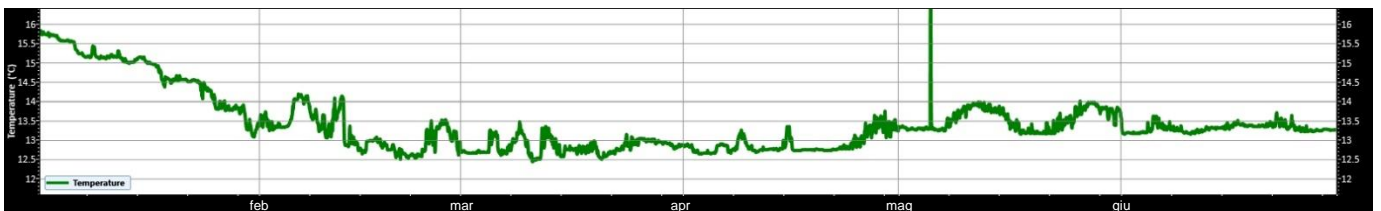


Fig. 3.29 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2021.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Si ricorda che nell'inverno 2020 non è stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021.

3.3.1. GRANULOMETRIA

Nell'inverno 2021 in tutte le stazioni la sabbia ha continuato a rappresentare la frazione dominante come precedentemente, oscillando tra minimo di 43,8% (K4) e un massimo di 71,3% (A1; fig. 3.30 e Tab. 3-VII). Dal confronto delle medie relative a transetti, siti BO e K si evidenziano solo differenze modeste (\pm dev. st.; A: $60,88 \pm 7,63$; B: $59,55 \pm 5,04$; BO: $61,13 \pm 4,99$; K: $55,05 \pm 9,00\%$). La componente pelitica è costituita in prevalenza da silt, sebbene in alcuni casi la differenza tra questa frazione e l'argilla sia inferiore (A4, BO NE, BO SE) o prossima (BO SE, B8) al 5%. Tutti i campioni sono stati classificati come sabbia siltosa eccetto A8 e K4 (loam; All. B).

Rispetto al campionamento condotto nell'estate 2020 le stazioni hanno esibito comportamenti diversi tra loro, ma solo in 6 di esse le variazioni sono state pari o poco superiori al 10%. In particolare, nei siti A1, A4 e B1 sono avvenuti incrementi di sabbia del 10% circa (leggermente inferiore nel caso di B1), percentuale che si eleva in B8 al 14,6%. In A4 e B8 tale incremento è stato compensato da una riduzione paragonabile di silt, mentre in A1 è stato bilanciato in maniera del tutto confrontabile da silt e argilla. In B1, infine, l'incremento della frazione sabbiosa è andato a scapito unicamente di quella argillosa. Comportamento opposto è stato registrato in A5 e B2, dove è avvenuto un decremento della sabbia che è stato compensato da un aumento del silt.

Anche presso i controlli sono state registrate variazioni non univoche rispetto all'estate 2020. In K1 e K2 è avvenuta una riduzione della sabbia rispettivamente del 19 e del 15% compensata nel primo caso da un incremento paragonabile di silt e argilla, nel secondo prevalentemente da un aumento di silt. In K3, invece, si è ridotto il silt a vantaggio di entrambe le altre componenti. Infine, in K4 non sono avvenute variazioni degne di nota.

Anche rispetto al pre-survey nell'ultimo monitoraggio le variazioni sono state lievi. Quella di maggiore entità riguarda il controllo K4 dove la sabbia si è ridotta del 13% a vantaggio quasi esclusivamente del silt.

La dominanza della sabbia era già stata segnalata prima dell'installazione della piattaforma. Il massimo era stato registrato in A6 (61,05%) e il minimo in BO NW (58,31%). La restante parte del campione era costituita in prevalenza da silt, che oscillava tra 24,29% (BO SW) e 21,86 % (A6). L'argilla, presente in percentuale minore, variava tra il 16,83% (B6) e il 17,93% (BO NW).

Le indagini condotte durante l'installazione della piattaforma avevano confermato la predominanza della frazione sabbiosa, con un picco in BO SW (62,72%) e il minimo in A6 (58,29%) nell'area circostante la struttura, intervallo di valori in accordo con quello dei controlli. La pelite era costituita soprattutto dal silt. La differenza tra questo e l'argilla era comunque modesta, limitata a pochi punti percentuale. Anche per queste componenti non si rilevavano differenze tra piattaforma, 60 m e controlli.

Nel 1° survey post lavori (inverno 2016) rimaneva confermata la predominanza della sabbia che, eccetto in A8 dominato dal silt (sabbia: 20,8%; silt 62,21%), presentava percentuali comprese tra il 47,1% (B1) e il 70,0% (B5) lungo i transetti e tra il 44,3% (K4) e il 77,6% (K3) nei controlli. La pelite era costituita in tutti i campioni soprattutto dal silt.

Nell'estate 2016 era stata rilevata una notevole variabilità: la frazione sabbiosa, pur rimanendo dominante in tutti i campioni (tranne il controllo K4), aveva presentato un incremento lungo quasi tutto il transetto A, fino a 33 punti percentuali in A8. Lungo il transetto B, invece, questa componente si era per lo più ridotta, soprattutto in B2.

La medesima variabilità era stata registrata anche nei controlli.

Anche nell'inverno 2017 era stata confermata la prevalenza della sabbia, che in A1, B5 e B6 rappresentava quasi il 70% del campione, eccetto in A8 di nuovo costituito soprattutto da silt. Per quanto riguarda i controlli, in K1, K2 e K3 era dominante la sabbia, in K4 il silt come nel survey precedente.

Nell'estate successiva (4° post lavori) la frazione sabbiosa esibiva percentuali intorno al 60% o superiori ovunque attorno alla piattaforma eccetto ancora una volta A8, caratterizzata da un'elevata frazione pelitica (61,94%) costituita per il 38,67% da silt e per il 23,27% dall'argilla. Per quanto concerne i controlli, rispetto all'inverno degno di nota era stato l'aumento di sabbia in K4, campione comunque ancora composto prevalentemente dalla frazione pelitica.

In tutti i monitoraggi successivi è stata confermata la prevalenza di sabbia praticamente ovunque seppure in percentuali variabili e con delle eccezioni.

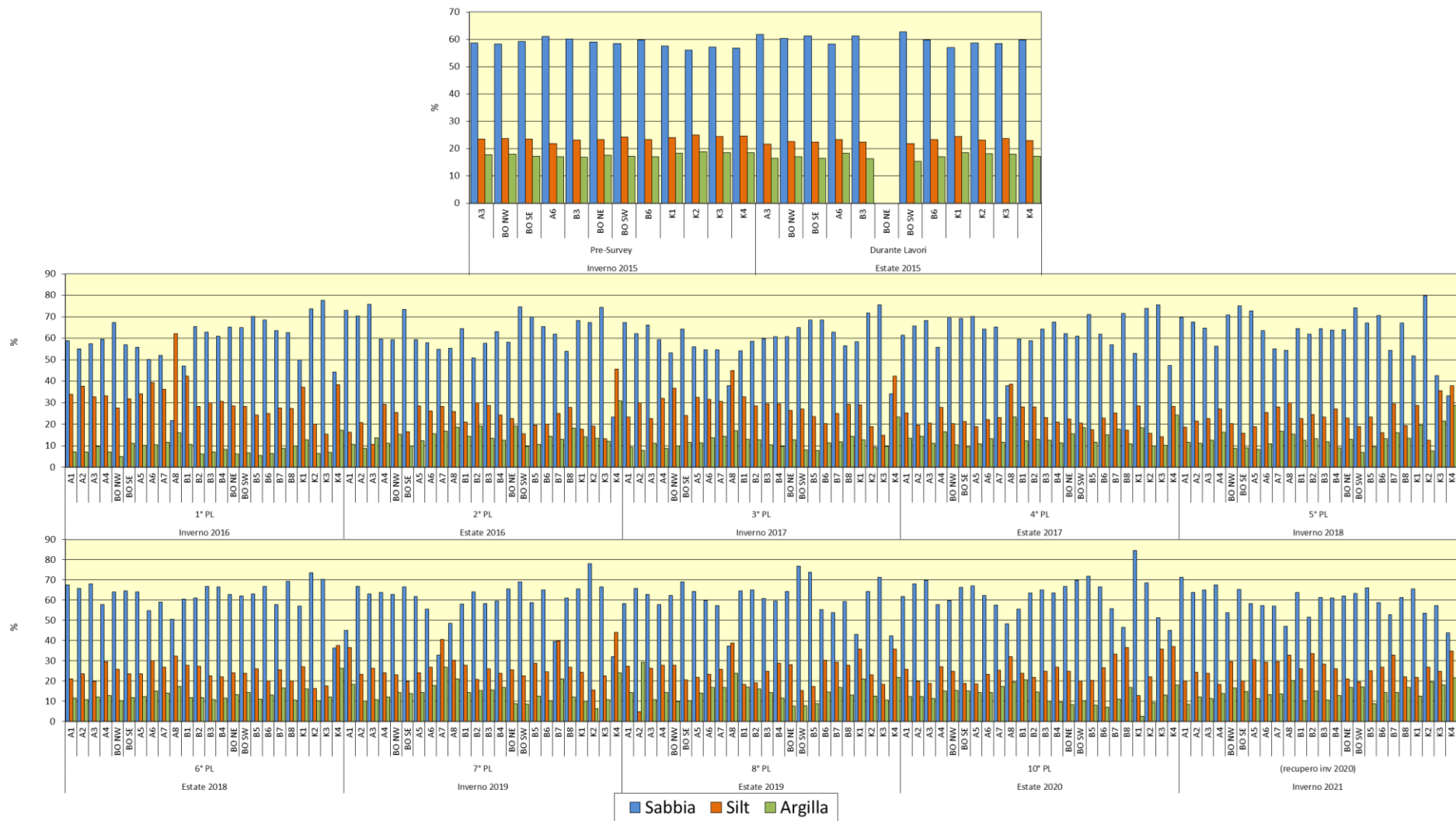


Fig. 3.30 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

Tab. 3-VII - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE.

	Pre-survey			Durante Lavori			1° Post Lavori			2° Post Lavori			3° Post Lavori			4° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia Silt	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A1							58,90	33,91	7,18	72,88	16,38	10,73	67,22	23,40	9,38	61,40	25,15	13,45
A2							55,01	37,72	7,27	70,40	20,69	8,92	62,18	29,96	7,86	65,78	19,72	14,50
A3	58,69	23,54	17,77	61,86	21,73	16,41	57,57	32,67	9,76	75,71	10,66	13,64	66,18	22,65	11,18	68,33	20,45	11,22
A4							59,61	33,27	7,12	59,65	29,22	11,13	59,26	31,99	8,74	55,75	27,78	16,47
BO NW	58,31	23,76	17,93	60,38	22,58	17,04	67,35	27,69	4,96	59,24	25,42	15,35	53,19	36,80	10,01	69,39	20,23	10,38
BO SE	59,30	23,53	17,17	61,17	22,45	16,38	56,91	31,82	11,27	73,39	16,58	10,03	64,30	24,15	11,55	69,22	21,26	9,52
A5							55,70	34,12	10,19	59,26	28,51	12,22	55,99	32,60	11,40	70,21	18,81	10,98
A6	61,05	21,86	17,09	58,29	23,41	18,30	50,16	39,47	10,38	57,98	26,29	15,73	54,53	31,70	13,77	64,30	22,32	13,38
A7							52,06	36,38	11,56	54,86	28,35	16,79	54,67	30,78	14,55	65,18	23,08	11,74
A8							21,80	62,21	15,99	55,24	26,06	18,70	37,97	45,09	16,94	38,07	38,67	23,27
B1							47,07	42,32	10,60	64,49	21,12	14,39	54,26	32,74	12,99	59,65	28,00	12,35
B2							65,41	28,40	6,19	50,98	29,90	19,12	58,66	28,63	12,71	58,86	28,19	12,95
B3	60,11	23,06	16,83	61,26	22,40	16,34	62,89	29,96	7,15	57,62	28,80	13,58	59,87	29,59	10,55	64,20	23,15	12,65
B4							60,96	30,61	8,43	63,11	24,42	12,47	60,82	29,43	9,75	67,50	21,11	11,39
BO NE	59,00	23,36	17,64				65,14	28,56	6,30	58,26	22,64	19,09	60,79	26,41	12,81	62,10	22,37	15,53
BO SW	58,56	24,29	17,15	62,77	21,82	15,41	64,89	28,36	6,75	74,60	15,72	9,68	64,91	27,03	8,06	60,95	20,66	18,40
B5							70,04	24,38	5,59	69,87	19,53	10,60	68,62	23,59	7,79	70,99	17,49	11,52
B6	59,80	23,24	16,96	59,78	23,25	16,97	68,52	25,04	6,44	65,55	20,10	14,34	68,43	20,25	11,33	61,82	22,97	15,20
B7							63,58	27,64	8,78	61,98	25,04	12,98	62,94	25,11	11,95	57,08	25,29	17,63
B8							62,68	27,30	10,02	53,91	27,83	18,26	56,44	29,22	14,33	71,61	17,36	11,03
K1	57,62	24,15	18,23	57,03	24,49	18,48	50,01	37,27	12,72	68,17	17,67	14,16	58,35	28,94	12,71	53,00	28,51	18,48
K2	56,15	24,99	18,86	58,72	23,17	18,11	73,57	20,06	6,37	67,24	19,14	13,61	71,75	18,86	9,38	73,98	15,93	10,09
K3	57,14	24,42	18,44	58,39	23,71	17,90	77,60	15,44	6,96	74,48	13,34	12,19	75,50	14,83	9,67	75,49	14,19	10,32
K4	56,80	24,62	18,58	59,85	22,88	17,27	44,31	38,51	17,18	23,46	45,73	30,82	34,21	42,53	23,26	47,23	28,42	24,35

Tab. 3-VII - Continuo.

	5° Post Lavori			6° Post Lavori			7° Post Lavori			8° Post Lavori			10° Post Lavori			11° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A1	69,74	18,64	11,62	67,66	20,93	11,41	45,04	36,61	18,35	58,4	27,3	14,3	61,9	25,9	12,2	71,3	20,1	8,6
A2	67,50	21,45	11,05	65,84	23,48	10,68	66,82	23,17	10,01	8,8	61,8	29,4	68,0	19,7	12,3	63,7	24,3	12,0
A3	64,81	22,70	12,49	68,15	19,88	11,96	63,02	26,16	10,82	62,9	26,3	10,9	69,9	18,7	11,4	65,0	23,8	11,2
A4	56,40	27,18	16,43	57,71	29,45	12,84	63,93	24,09	11,98	57,8	27,9	14,3	57,7	27,1	15,1	67,6	18,4	13,9
BO NW	70,77	20,33	8,90	63,93	25,78	10,29	62,77	23,01	14,23	62,2	27,9	9,9	59,7	24,8	15,4	53,9	29,6	16,6
BO SE	75,00	15,97	9,03	64,62	23,64	11,73	66,49	19,73	13,78	69,0	20,6	10,4	66,3	18,7	15,0	65,2	20,0	14,8
A5	72,65	19,01	8,34	64,15	23,46	12,38	61,71	24,08	14,20	64,2	21,7	14,1	67,0	18,6	14,3	58,2	30,5	11,3
A6	63,62	25,56	10,82	54,85	30,10	15,05	55,46	26,72	17,82	59,7	23,4	16,9	62,4	23,3	14,3	57,2	29,4	13,3
A7	55,15	28,13	16,72	59,13	26,79	14,08	32,68	40,63	26,69	57,3	25,8	16,9	57,6	25,2	17,2	57,0	29,6	13,5
A8	54,46	30,05	15,49	50,42	32,38	17,19	48,54	30,35	21,11	37,2	38,9	23,9	48,3	32,1	19,6	47,0	32,8	20,2
B1	64,61	22,73	12,66	60,44	27,83	11,73	58,10	27,67	14,23	64,6	18,3	17,0	55,6	23,9	20,5	63,7	26,1	10,2
B2	62,03	24,59	13,38	60,96	27,26	11,78	63,95	20,68	15,38	65,0	19,0	16,0	63,6	21,9	14,5	51,5	33,5	15,0
B3	64,57	23,45	11,97	66,79	22,43	10,77	58,42	26,02	15,56	60,9	24,7	14,3	65,1	24,9	10,0	61,2	28,3	10,6
B4	63,83	27,14	9,03	66,56	22,02	11,42	59,44	23,73	16,84	59,6	28,9	11,5	63,5	26,9	9,6	61,1	26,0	12,8
BO NE	64,07	22,88	13,05	62,78	24,06	13,16	65,55	25,65	8,80	64,2	28,1	7,6	66,7	24,9	8,3	62,0	21,1	16,8
BO SW	74,25	18,94	6,81	62,08	23,67	14,25	69,07	22,47	8,46	76,8	15,4	7,8	69,7	20,0	10,3	63,4	19,6	17,1
B5	67,21	23,34	9,45	63,06	25,91	11,03	58,78	28,72	12,49	73,7	17,4	8,8	71,7	20,2	8,1	66,1	25,1	8,9
B6	70,64	16,02	13,33	66,82	20,10	13,07	65,08	24,52	10,39	55,2	30,3	14,6	66,6	26,6	6,9	58,7	26,9	14,4
B7	54,49	29,37	16,14	57,90	25,65	16,45	39,42	39,67	20,91	53,9	29,4	16,7	55,7	33,2	11,1	52,9	32,8	14,3
B8	67,10	19,37	13,53	69,23	20,14	10,63	61,14	26,76	12,10	59,2	27,7	13,1	46,6	36,6	16,8	61,2	22,0	16,8
K1	51,73	28,69	19,59	57,11	26,93	15,96	65,67	24,24	10,09	43,0	35,9	21,0	84,5	12,9	2,6	65,5	21,9	12,6
K2	79,78	12,48	7,73	73,59	16,19	10,22	78,17	15,47	6,36	64,3	23,1	12,6	68,6	22,1	9,3	53,6	26,9	19,5
K3	42,71	35,70	21,59	70,23	17,64	12,13	66,59	22,62	10,80	71,2	18,2	10,6	51,2	35,7	13,1	57,3	24,7	18,0
K4	33,24	37,95	28,81	36,17	37,58	26,25	32,02	44,06	23,91	42,2	35,9	21,9	45,0	37,0	18,0	43,8	34,7	21,5

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

L'indagine condotta nell'inverno 2021 conferma che le concentrazioni di questi contaminanti sono diffusamente basse (Tab. 3-VIII e fig. 3.31). Le medie dei tenori registrati lungo i transetti e presso la struttura (A: 19,97±10,55; B: 29,05±9,77; BO: 21,74±1,01 µg/kg) risultano in linea con quella dei riferimenti (K: 29,35±7,29 µg/kg).

Dal confronto con il pre-survey le concentrazioni a fine periodo sono per lo più leggermente aumentate eccetto in A3, A6, K1 e K3 in cui si rileva un decremento; tuttavia, essendo tutti i tenori estremamente bassi, non si individuano segnali di alterazione. Si evidenzia solo un picco, seppur molto modesto in valore assoluto, in B4 (47,9 µg/kg), che risulta 1,6 volte la media dei controlli. Comunque, nessun composto ha superato l'LCB e gli IPA totali sono risultati estremamente bassi.

Per tutta la durata dello studio gli IPA sono stati rilevati in concentrazioni molto basse,



sempre molto al di sotto dell'LCB.

La prima e unica variazione degna di nota è stata registrata nel 3° survey post lavori di installazione (inverno 2017), caratterizzato da un incremento di questi composti dovuto essenzialmente al Naftalene che aveva raggiunto valori maggiori dell'LCB. L'evento era stato rilevato sia lungo i transetti, sia nei controlli, e pertanto non era apparso riconducibile unicamente alla presenza della piattaforma. Inoltre, in nessun sito era stato superato l'LCB per gli IPA totali, a testimonianza di un evento limitato al Naftalene.

Nel survey successivo si era verificato un diffuso decremento e i tenori raggiunti erano risultati inferiori o comparabili (in A1) alla concentrazione rilevata durante il pre-survey nel controllo K2. Nel 5° post lavori erano stati registrati alcuni picchi, anche in K2, comunque inferiori a quelli dell'inverno 2017. Nel monitoraggio successivo (6° post lavori; estate 2018) i siti avevano mostrato comportamenti diversi tra loro, ma tutti avevano concentrazioni inferiori rispetto al controllo K3. Anche nei due campionamenti condotti nel 2019 e nell'estate 2020 le concentrazioni lungo i transetti e nei siti BO sono risultate inferiori a quelle di uno o più riferimenti.

Nel complesso non ci sono evidenze di un effetto di Bonaccia NW su questi contaminanti.

Tab. 3-VIII - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati dal pre-survey all'11° survey post lavori. 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 le concentrazioni riportate nella tabella 2.5 del DM 173/2016. LQ = limite di rilevabilità strumentale. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. In neretto le concentrazioni superiori ai limiti di riferimento.

	DM 173/2016	LCB/PP	Pre-survey (inverno 2015)												Durante lavori (estate 2015)											
			A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	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	
Acenaftilene			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Antracene	24	47 (24)*	2,2	2,3	1,6	1,7	1,9	1,7	1,5	2,1	2,1	3,2	2,3	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	<LQ	<LQ	1,4	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	0,8
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	0,5	1,0	1,0	0,4	<LQ	1,3	1,0	1,0	0,6	<LQ	1,0
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	3,1	4,1	2,2	3,4	2,8	4,7	4,5	2,8	4,8	1,4	<LQ	9,1	1,9	1,9	3,1	3,6	2,2	<LQ	3,6	3,6	3,7	2,2	1,0	4,3
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	2,6	3,3	2,5	2,9	2,9	3,0	2,7	2,8	4,5	1,8	1,5	5,4	2,0	1,3	2,3	2,2	1,7	<LQ	2,4	2,4	2,8	1,7	1,3	2,8
Benzo (k) fluorantene	20		1,6	2,1	1,5	1,8	1,7	2,0	2,6	1,7	2,3	1,5	1,1	3,4	1,8	1,0	2,1	1,5	2,0	<LQ	2,0	2,1	3,4	2,3	0,6	3,0
Crisene	108	108	1,1	1,2		1,3	1,0	1,3	1,3		2,4	<LQ	<LQ	3,0	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,9
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,0	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,8	1,0	<LQ	2,2	1,1	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	1,3	1,6	<LQ	<LQ	1,7
Fluorantene	110	113	1,3	1,5	1,1	1,4	1,3	1,8	1,6	1,2	3,0	<LQ	<LQ	3,2	0,9	0,8	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	3,4	1,3	1,5	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	3,4	3,4	2,7	3,7	3,3	3,3	3,2	2,8	4,6	1,9	1,0	6,8	2,9	2,0	3,6	3,3	2,6	<LQ	3,2	3,6	4,5	2,8	1,4	4,5
Naftalene	35	35	<LQ	1,9	1,4			1,5	1,7	1,7	1,5	1,3		1,9	<LQ	1,3	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	1,3	1,2	1,5	<LQ	1,6
Pirene	153	153	1,4	1,7	1,3	1,5	1,3	1,8	1,7	1,3	3,1	<LQ	<LQ	3,0	0,7	0,8	<LQ	0,8	<LQ	<LQ	2,4	1,0	1,2	<LQ	<LQ	1,2
Totale	900	900	17,7	21,5	14,3	18,7	16,3	21,1	20,8	16,4	31,5	12,1	5,9	42,0	12,9	10,9	13,4	13,3	8,9	<LQ	23,9	19,0	20,8	11,2	4,3	21,9

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	1° survey post lavori (inverno 2016)																							
			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	2,0	1,9	1,9	2,4	1,7	1,8	2,0	1,5	2,8	2,7	2,6	2,3	2,5	2,2	<LQ	<LQ	1,8	1,3	1,9	1,7	<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	24	47 (24)*	3,8	3,3	3,9	5,1	3,7	5,0	5,0	5,2	5,4	7,3	4,1	3,3	4,4	4,0	<LQ	<LQ	10,0	3,5	4,6	5,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	<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) pirene	30	80 (30)*	<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 (b) fluorantene	40	(40)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	10,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	12,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (k) fluorantene	20		<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	11,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Crisene	108	108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,2	1,0	1,2	1,6	<LQ	1,6	2	1,6	1,9	2,2	1,2	1,0	1,2	1,1	<LQ	<LQ	2,1	1,3	1,3	1,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorantene	110	113	2,0	1,9	2,1	2,6	2,0	3,0	2,6	2,6	3,2	3,7	2,3	1,6	2,0	2,1	<LQ	<LQ	6,2	1,8	1,9	5,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	3,0	3,9	3,7	3,1	3,9	5,1	4,4	4,7	6,0	12,0	5,4	2,6	3,8	3,5	8,6	<LQ	9,6	3,3	3,8	6,4	7,8	5,1	<LQ	7,0
Naftalene	35	35	12,0	6,1	14,0	14,0	16,0	16,0	17,0	14,0	19,0	20,0	18,0	16,0	17,0	15,0	<LQ	<LQ	18,0	14,0	15,0	19,0	<LQ	<LQ	<LQ	24,0
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Totale	900	900	24,0	18,1	26,8	28,8	27,3	32,5	33,0	29,6	38,3	70,9	33,6	26,8	30,9	27,9	19,6		49,2	25,2	28,5	39,3	7,8	5,1		31,0

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	2° survey post lavori (estate 2016)																							
			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	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	<LQ	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	
Acenaftilene			0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	
Antracene	24	47 (24)*	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	
Benzo (a) antracene	75	75	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	1,0	1,5	1,1	1,0	1,0	1,1	1,5	1,4	1,4	1,0	1,6	1,1	1,3
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	1,7	1,1	0,7	0,6	0,7	0,8	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	0,8	3,3	2,4	0,9	0,8	1,1	3,4	1,8	2,5	0,6	3,3	1,5	1,6
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	1,0	0,6	0,2	0,4	0,2	<LQ	0,5	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	0,4	1,4	1,0	0,3	0,4	0,4	1,7	1,5	1,4	<LQ	2,4	0,6	0,6
Benzo (k) fluorantene	20		1,9	1,3	0,9	0,7	0,8	1,0	1,2	0,9	0,6	0,7	0,7	1,0	3,5	2,5	1,1	0,8	1,2	3,6	1,4	2,7	0,6	3,5	1,7	1,8
Crisene	108	108	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	1,4	1,0	0,4	0,4	0,4	1,5	1,2	0,9	0,3	1,8	0,7	0,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	<LQ	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,6	0,5	0,6	<LQ	0,8	0,3	0,3
Fenantrene	87	87	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,8	1,0	0,5	0,5	0,4	1,5	1,3	0,7	0,4	1,0	0,7	0,7
Fluorantene	110	113	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	0,9	1,0	1,7	1,4	1,1	1,1	1,1	1,9	1,7	1,4	1,0	1,8	1,3	1,3
Fluorene	21	21	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	1,6	1,0	0,5	0,7	0,4	0,4	0,8	1,1	0,4	0,2	0,3	0,7	2,1	1,6	0,5	0,7	0,8	2,8	2,2	2,3	0,4	3,6	1,0	0,9
Naftalene	35	35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Pirene	153	153	0,2	<LQ	<LQ	0,2	<LQ	0,2	0,2	0,3	0,2	<LQ	<LQ	0,2	0,9	0,7	<LQ	<LQ	0,2	0,9	0,8	0,5	<LQ	0,7	0,4	0,4
Totale	900	900	13,1	10,0	7,6	7,8	7,4	8,0	9,3	10,2	7,4	7,0	6,1	8,5	19,6	15,0	8,1	8,2	9,4	23,0	17,4	17,3	6,5	23,3	11,8	12,2

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	3° survey post lavori (inverno 2017)																							
			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	3,0	3,8	4,4	5,1	5,0	1,4	2,7	5,5	2,7	1,9	1,6	2,2	2,8	3,3	2,9	5,0	4,0	3,5	2,4	3,2	4,9	5,1	2,8	6,2
Acenaftilene			1,2	1,3	1,6	1,9	1,7	0,9	1,1	2,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,5	1,2	1,9	1,5	1,3	0,9	1,2	2,0	2,0	1,1	2,3
Antracene	24	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	
Benzo (a) antracene	75	75	1,2	1,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,4	1,6	1,5	1,2	1,1	1,7	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	2,6	1,0	2,0
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,3	1,2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,5	1,7	1,6	1,3	1,1	1,8	1,5	1,7	1,4	1,5	1,7	1,7	1,0	2,0
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	5,3	4,7	5,2	5,4	5,9	7,6	3,8	7,8	7,9	8,4	6,3	5,7	6,2	2,4	6,1	6,4	4,8	6,1	7,0	7,5	4,9	4,7	3,4	11,4
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (k) fluorantene	20		5,8	5,1	5,7	6,0	6,5	8,1	2,6	8,4	8,4	9,2	6,8	6,4	6,8	3,1	6,4	7,1	5,3	3,7	7,5	7,9	3,6	5,4	3,8	11,9
Crisene	108	108	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,9	1,5	1,9	1,9	2,0	1,6	1,4	1,5	0,6	1,5	1,5	1,4	2,2	1,7	1,8	2,0	1,1	0,8	2,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
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	
Fluorene	21	21	5,0	5,3	5,7	7,2	6,3	1,8	4,3	7,5	4,6	3,8	2,7	3,7	4,7	3,8	3,9	6,5	5,8	4,9	4,2	5,2	6,5	7,8	4,4	8,1
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	1,4	1,3	1,3	1,5	1,7	2,4	1,9	2,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,8	<LQ	1,8	2,0	1,3	3,1	2,2	2,6	2,1	1,1	1,0	3,2
Naftalene	35	35	59,6	52,7	82,6	88,7	6,0	<LQ		85,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	47,5	59,2	112,7	76,3	17,7	<LQ	9,7	11,5	85,2	40,6	113,7
Pirene	153	153	1,3	1,1	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,7	1,7	1,6	1,3	1,4	1,5	0,9	1,2	1,6	1,4	1,8	1,3	1,4	1,6	1,2	0,8	2,1
Totale	900	900	86,4	78,8	112,0	121,6	38,7	28,6	22,0	125,7	34,8	34,5	26,2	27,0	29,6	65,7	86,3	148,2	104,8	48,4	30,2	43,5	42,5	117,8	60,7	165,7

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	4° survey post lavori (estate 2017)																							
			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	3,5	2,8	1,6	0,5	1,5	2,0	2,4	0,6	0,9	1,0	1,1	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Acenaftilene			3,6	3,2	2,6	2,2	2,4	2,7	2,6	2,9	4,1	2,5	2,4	2,0	3,1	2,7	3,8	2,0	2,5	2,0	2,3	2,4	2,6	2,7	2,2	2,2
Antracene	24	47 (24)*	2,8	2,7	2,7	2,3	2,6	2,8	2,2	2,9	4,1	2,6	2,4	2,0	3,0	2,6	<LQ	<LQ	2,5	2,0	<LQ	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	<LQ	<LQ	0,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	3,9	3,3	3,7	1,4	3,0	5,1	3,0	<LQ	5,0	8,5	6,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,5	2,9	2,9	2,1	2,6	3,4	2,4	1,7	4,3	3,7	3,3	<LQ	<LQ	<LQ	2,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	<LQ	<LQ	
Benzo (k) fluorantene	20		0,2	<LQ	0,2	<LQ	<LQ	0,5	0,3	<LQ	<LQ	2,0	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Crisene	108	108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	0,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	3,6	3,3	2,6	2,1	3,0	3,2	2,1	1,9	2,9	2,4	2,1	1,3	2,0	1,7	2,4	1,3	1,6	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,4
Fluorantene	110	113	3,6	3,3	3,4	2,6	3,9	3,7	2,7	2,8	4,9	3,8	3,6	2,0	3,0	2,6	3,7	2,0	2,4	1,9	2,3	2,4	2,6	2,7	2,2	2,1
Fluorene	21	21	3,6	3,0	0,5	0,3	0,6	1,0	2,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	0,5	0,5	0,2
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	2,4	1,4	1,4	0,3	1,0	2,5	1,5	<LQ	1,7	3,5	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Naftalene	35	35	23,6	1,9	1,0	0,8	0,9	1,0	2,2	0,9	1,5	0,9	0,9	0,6	0,9	0,8	1,1	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7
Pirene	153	153	2,1	1,9	2,1	1,4	2,4	2,2	1,7	1,4	2,8	2,5	2,3	1,0	1,5	1,3	1,8	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,0	1,0
Totale	900	900	56,4	29,8	24,9	16,0	24,2	30,1	25,5	15,6	32,5	34,2	29,6	9,7	14,2	12,4	16,4	7,6	11,9	9,3	8,9	11,4	10,1	11,9	8,4	7,9

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	5° survey post lavori (inverno 2018)																							
			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	24	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	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	10	4	4	<LQ	4	4	4	4	5	10	5	4	4	4	5	4	4	19	6	4	13	3	2	9
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	6	3	2	<LQ	3	2	2	3	4	6	3	3	3	3	3	2	12	4	2	8	<LQ	<LQ	5	
Benzo (k) fluorantene	20		4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	4	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	
Crisene	108	108	5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	2	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	2	2	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3
Fluorantene	110	113	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	9	5	4	2	5	4	4	5	7	9	6	4	5	5	4	3	3	15	7	3	14	3	2	9
Naftalene	35	35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	2	
Totale	900	900	43	12	10	2	12	10	14	14	20	47	16	11	12	14	12	9	9	81	23	9	57	6	4	36

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	6° survey post lavori (estate 2018)																							
			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	24	47 (24)*	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	2,0	2,0	2,0	<LQ	<LQ	4,0	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	2,0	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	<1	4,0	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	3,0	<LQ	4,0	5,0
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<1	<LQ	<LQ	4,0
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	<1	<LQ	<LQ	5	5,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	6,0	<LQ	<LQ	<LQ	8,0	<LQ	<LQ	15,0
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,0	<LQ	<LQ	3	3,0	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	<LQ	8,0
Benzo (k) fluorantene	20		<1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0
Crisene	108	108	4,0	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	2,0	<LQ	3,0
Dibenzo (a, h) antracene		6	5,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	<1	32,0	<LQ	2,0	3,0	4,0	3,0	<LQ	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	<LQ	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	2,0	<1	2,0	2,0	6,0
Fluorantene	110	113	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	2,0	<1	<1	2,0	<1	2,0	<1	2,0	<1	2,0	9,0
Fluorene	21	21	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	4,0	<LQ	<LQ	4,0	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	8,0
Naftalene	35	35	2,0	2,0	<LQ	2,0	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	3,0	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	1,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	2,0	<LQ	3	
Totale	900	900	24,0	36,0	5,0	10,0	22,0	18,0	7,0	4,0	12,0	23,0	6,0	5,0	11,0	4,0	7,0	15,0	22,0	4,0	14,0	7,0	26,0	8,0	8,0	64,0

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	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	24	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	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	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		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	<LQ	<LQ	<LQ	<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	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<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	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

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	8° survey post lavori (estate 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	24	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	1,0	<LQ	1,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	1,0	1,7	<LQ	<LQ	1,3	1,3
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,2	1,0	1,6	1,1	1,1	<LQ	1,2	1,1	1,1	1,9	1,0	1,0	1,1	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	1,3	1,4	1,2	2,2	1,2	<LQ	1,7
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	7,5	5,1	6,1	4,9	4,9	4,3	5,9	6,0	5,4	9,9	5,0	5,0	5,6	4,7	3,8	3,0	4,3	6,4	7,2	6,0	12,9	5,4	4,7	8,5
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,6	2,6	3,4	2,6	2,6	2,3	3,1	3,0	2,8	4,8	2,5	2,5	2,9	2,5	1,9	1,5	2,1	3,3	3,6	3,2	5,8	2,8	2,4	4,4
Benzo (k) fluorantene	20		2,6	1,8	1,3	1,7	1,7	1,5	2,0	2,0	1,9	3,4	1,7	1,7	1,9	1,6	1,3	1,0	1,5	2,2	2,5	2,1	4,4	1,8	1,6	2,9
Crisene	108	108	1,3	1,0	2,1	1,0	1,0	<LQ	1,2	1,0	1,1	2,0	1,0	1,0	1,1	0,9	<LQ	<LQ	<LQ	1,3	1,5	1,3	2,1	1,1	<LQ	1,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,7	1,4	2,6	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,6	2,9	1,4	1,4	1,7	1,4	1,3	1,0	1,4	1,8	2,2	1,7	3,0	1,7	1,4	2,4
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	6,9	4,9	2,8	5,1	4,9	4,4	6,2	5,9	5,5	9,5	4,8	5,0	5,8	5,0	3,7	2,9	4,1	6,5	7,2	6,3	11,7	5,5	4,8	8,9
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftalene	35	35	1,4	1,3	4,5	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	2,7	1,3	1,3	1,4	1,2	1,1	<LQ	1,4	1,6	2,0	1,7	2,9	1,6	1,3	2,4
Pirene	153	153	1,5	1,3	3,1	1,5	1,6	1,3	1,7	1,5	1,5	2,6	1,3	1,4	1,6	1,5	1,2	<LQ	1,3	1,7	1,9	1,6	2,5	1,5	1,3	2,3
Totale	900	900	28,7	20,3	30,2	20,5	20,8	16,1	24,3	23,6	22,5	42,1	20,1	20,3	23,1	19,9	14,4	9,5	16,1	27,2	29,6	26,0	50,2	22,6	17,5	36,4

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	10° survey post lavori (estate 2020)																								
			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	24	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	<LQ	1,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,1	<LQ	<LQ	1,1	1,3
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	1,2	<LQ	1,3	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	1,4	<LQ	<LQ	1,3	1,7		
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	4,9	5,2	4,0	2,8	6,2	4,2	4,4	5,2	6,5	6,6	4,8	7,1	4,8	5,5	4,2	3,9	3,8	4,6	7,2	7,1	1,8	4,7	7,2	8,0	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	2,8	2,9	2,3	1,6	3,7	2,4	2,6	2,9	3,7	3,9	2,7	4,0	2,8	3,2	2,4	2,4	1,9	2,9	4,2	4,2	1,1	3,0	4,3	4,7	
Benzo (k) fluorantene	20		1,6	1,9	1,4	<LQ	2,1	1,5	1,6	1,8	2,3	2,3	1,7	2,5	1,7	2,0	1,5	1,4	1,3	1,6	2,6	2,5	<1,0	1,7	2,6	2,9	
Crisene	108	108	1,0	1,5	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,2	<LQ	1,3	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	1,3	<LQ	<LQ	1,4	1,7	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	1,6	2,5	1,1	0,9	1,8	1,3	1,5	1,7	2,0	2,0	1,4	2,4	1,5	1,9	1,3	1,3	1,0	1,6	2,5	2,3	<1,0	1,4	2,4	3,0	
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	4,6	4,9	3,9	2,6	6,3	4,2	4,4	5,3	6,8	6,9	4,9	7,4	5,0	5,9	4,2	4,3	3,5	5,3	7,9	7,8	1,9	5,4	7,9	8,8	
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	2,0	<1,0	1,6	1,2	1,7	1,2	1,6	1,9	2,0	1,7	1,7	2,1	1,7	1,7	1,6	1,1	1,3	1,2	1,6	1,2	<LQ	1,3	2,0	2,4	
Naftalene	35	35	1,7	1,6	1,4	1,2	2,0	1,2	1,6	1,7	2,1	2,0	1,7	2,4	1,7	2,0	1,5	1,4	1,3	1,5	2,4	1,8	<LQ	1,6	2,4	2,8	
Pirene	153	153	1,5	2,1	1,1	<LQ	1,5	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	1,2	2,1	1,3	1,6	1,1	1,1	<LQ	1,5	2,2	2,1	<LQ	1,2	2,1	2,6	
Totale	900	900	21,7	26,2	16,8	10,4	27,5	17,2	19,2	22,0	29,6	30,5	20,1	33,6	20,6	25,9	17,8	16,8	14,1	20,1	34,4	32,9	4,7	20,3	34,8	40,8	

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	11° survey post lavori (inverno 2021)																							
			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	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
Acenaftilene			0,5	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,6	1,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,7
Antracene	24	47 (24)*	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Benzo (a) antracene	75	75	0,5	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,2	0,9	1,3	0,8	1,5	1,0	2,9	0,8	0,7	0,5	0,8	1,1	2,0	0,7	1,0	1,0	1,3
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	0,6	0,7	0,3	0,7	0,9	0,8	1,1	0,2	1,0	1,5	0,9	1,8	1,2	3,0	1,0	0,9	0,6	0,9	1,2	1,1	0,7	1,2	1,2	1,4
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	3,3	4,3	1,8	3,9	4,5	4,7	6,3	0,9	5,8	8,5	4,9	7,0	5,3	6,9	5,5	5,0	3,3	5,5	7,2	4,6	4,2	7,6	7,8	8,6
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	1,8	2,1	1,1	2,2	2,1	2,2	2,9	0,5	2,9	4,1	2,7	3,6	2,8	3,5	2,6	2,5	1,7	2,6	3,5	2,4	2,0	3,4	3,2	3,4
Benzo (k) fluorantene	20		1,0	1,3	0,5	1,2	1,4	1,4	2,0	0,3	1,8	2,7	1,5	2,3	1,7	2,5	1,8	1,6	1,0	1,7	2,3	1,4	1,3	2,3	2,4	2,8
Crisene	108	108	0,6	0,8	0,4	0,7	0,9	0,9	1,0	0,2	1,1	1,6	1,0	1,8	1,1	2,7	0,9	0,8	0,6	0,9	1,3	3,3	0,8	1,3	1,3	1,6
Dibenzo (a, h) antracene		6	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7
Fenantrene	87	87	1,0	1,1	0,7	1,1	1,6	1,5	1,8	0,5	1,8	2,4	1,4	2,1	1,8	4,7	1,3	1,2	0,9	1,7	2,2	1,7	1,3	2,1	2,1	2,5
Fluorantene	110	113	0,9	1,2	0,5	1,2	1,6	1,5	1,9	0,3	1,9	2,5	1,5	3,0	2,1	6,2	1,3	1,4	1,0	1,5	2,1	1,9	1,3	1,9	1,9	2,3
Fluorene	21	21	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	2,9	3,4	1,7	3,5	3,6	3,7	5,0	0,7	4,8	7,0	4,4	5,9	4,5	5,3	4,3	4,3	2,7	4,2	5,8	4,2	3,3	5,8	5,6	6,0
Naftalene	35	35	1,0	1,0	0,4	1,0	0,9	0,9	1,0	0,3	1,7	1,8	1,3	1,9	1,2	1,8	1,0	0,9	0,8	1,2	1,5	0,9	0,7	1,5	1,5	1,6
Pirene	153	153	0,8	1,1	0,5	1,1	1,4	1,4	1,7	0,3	1,7	2,2	1,3	2,8	1,9	5,5	1,3	1,3	0,9	1,4	1,9	4,1	1,2	1,8	1,7	2,1
Totale	900	900	15,9	18,9	9,6	18,2	20,9	20,9	27,0	5,0	27,1	38,0	23,7	35,5	26,4	47,9	22,9	22,2	14,9	23,7	31,5	28,8	18,8	31,5	31,5	35,5

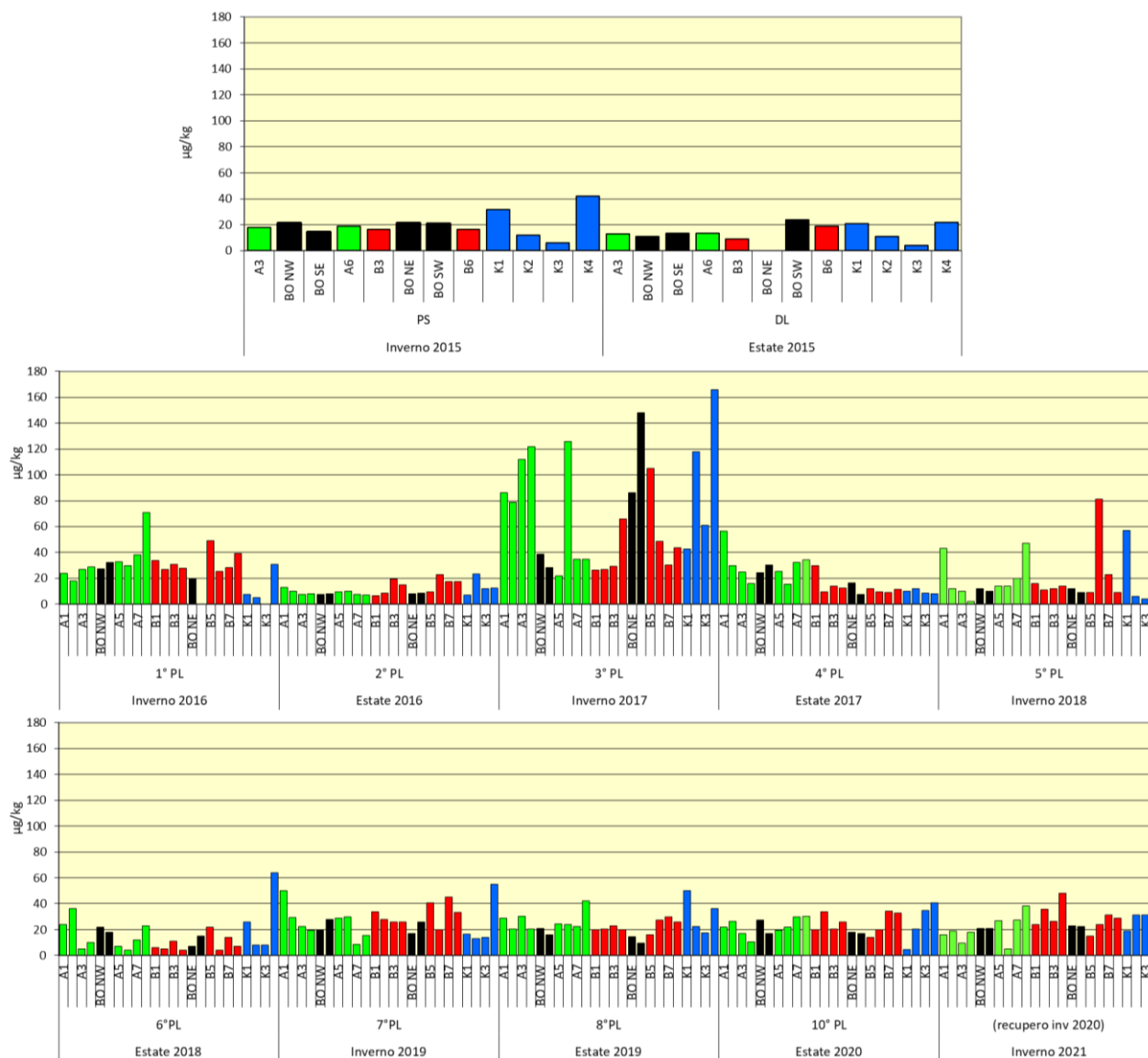


Fig. 3.31 - Idrocarburi Policiclici Aromatici totali rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Nell'inverno 2021 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.

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ($C > 12$; Tab. 3-IX; fig. 3.32), nell'ultimo monitoraggio è stato registrato un valore anomalo in B8 corrispondente al massimo assoluto dell'intero periodo di indagine che, tuttavia, rappresenta verosimilmente uno

spike. Escludendo tale valore, non sono state individuate differenze degne di nota tra i tenori medi registrati lungo i transetti, presso Bonaccia NW e ai controlli A: $9,67 \pm 1,93$; B: $10,05 \pm 1,93$; BO: $11,33 \pm 2,36$; K: $9,63 \pm 2,76$ mg/kg).

Tab. 3-IX - Idrocarburi pesanti $C > 12$ (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			<5	<5	13,7	<5	7,0	5,0	12,8	10,7	14,7	6,8
A2			<5	<5	16,0	5,7	<5	<5	12,8	10,1	14,7	10,1
A3	7,1	17,4	<5	5,4	15,4	<5	<5	<5	12,7	11,4	13,4	8,4
A4			<5	<5	13,6	6,5	<5	8,0	13,0	11,8	13,9	7,5
BO NW	<5,0	17,2	<5	6,5	12,1	6,9	<5	7,0	17,3	9,8	21,3	14,7
BO SE	24,2	18,8	<5	<5	14,7	6,6	<5	<5	14,0	11,8	27,5	7,5
A5			<5	<5	17,7	8,5	<5	<5	13,3	7,3	15,8	11,5
A6	62,9	17,3	<5	<5	14,2	16,7	<5	<5	14,0	10,3	17,1	11,2
A7			<5	<5	11,5	7,3	<5	<5	25,6	10,0	18,4	10,1
A8			<5	<5	13,3	6,3	5,0	5,0	9,2	12,3	17,8	12,0
B1			<5	<5	11,0	5,9	6,0	6,0	10,0	9,8	16,1	11,0
B2			<5	6,9	13,3	6,5	<5	<5	9,9	7,7	17,2	12,2
B3	34,9	13,3	<5	7,3	12,2	5,7	<5	<5	13,4	11,1	16,1	11,4
B4			<5	<5	9,7	<5	6,0	6,0	12,5	10,4	15,6	10,4
BO NE	74,4		<5	<5	10,2	7,3	5,0	5,0	13,7	7,4	16,7	12,0
BO SW	38,8	19,6	<5	6,6	13,8	6,0	<5	7,0	20,8	6,5	16,3	11,2
B5			<5	5,9	9,6	6,0	6,0	9,0	14,4	7,5	14,7	6,9
B6	64,1	18,3	<5	5,4	12,7	8,1	9,0	8,0	27,8	9,1	17,3	10,6
B7			<5	<5	9,1	6,0	<5	<5	16,3	5,1	17,1	8,0
B8			<5	<5	10,8	<5	<5	<5	13,3	8,1	18,6	236,8
K1	65,9	23,9	<5	<5	14,1	<5	6,0	7,0	10,4	14,0	12,1	7,7
K2	182,2	20,9	<5	7,5	10,3	<5	5,0	5,0	24,0	11,2	15,2	10,7
K3	23,6	9,86	<5	10,4	9,7	<5	<5	<5	20,2	10,5	17,0	7,3
K4	39,2	28,0	<5	5,5	10,5	5,8	<5	8,0	23,1	11,1	18,1	13,1

Questi composti hanno mostrato nell'arco dell'indagine valori sempre modesti e comunque notevolmente inferiori alla concentrazione rilevata in K2 durante il pre-survey.

Già durante i lavori di installazione era avvenuto un decremento e nel survey successivo questi composti erano risultati inferiori al limite di quantificazione. Nel 2° post lavori erano stati rilevati solo in alcune stazioni, mentre nel 3° erano diffusamente presenti ma con tenori inferiori a quelli del pre-survey. Anche nel 2018 gli idrocarburi pesanti erano stati rilevati sporadicamente, mentre nell'inverno 2019 si è assistito a un lieve aumento generalizzato, senza distinzioni tra l'area circostante la piattaforma e i controlli. Nell'estate 2019 è avvenuto un nuovo decremento seguito da un aumento in quella del 2020, in

particolare in BO NW e BO SE. Tuttavia, i tenori raggiunti sono risultati notevolmente inferiori o comparabili a quelli del pre-survey. Nell'inverno 2021, a parte il valore anomalo già descritto, è avvenuta una riduzione delle concentrazioni ovunque confermando l'assenza di effetti di Bonaccia NW su questi contaminanti.

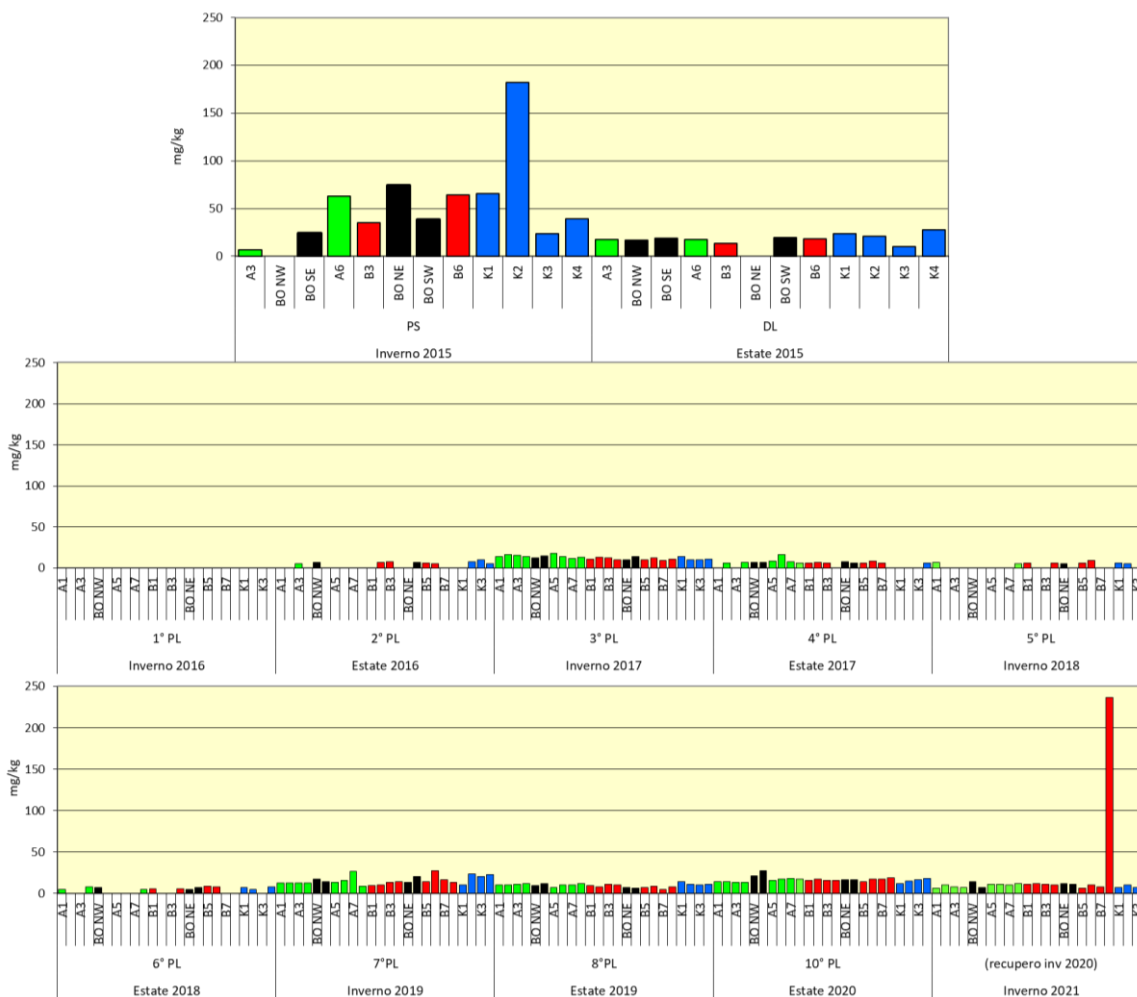


Fig. 3.32 - Idrocarburi pesanti (C>12) rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati dal pre-survey all'11° monitoraggio post lavori di installazione sono riportati in fig. 3.33 e in Tab. 3-X. 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 – Nel pre-survey le percentuali di questo metallo entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano tra 1,05% (A3) e 1,89% (B6), presentando una concentrazione media ($1,45 \pm 0,26\%$) del tutto in linea con quella dei controlli ($1,56 \pm 0,94\%$). Durante le operazioni di installazione non sono stati osservati cambiamenti degni di nota; tutti i tenori lungo i transetti erano inferiori o paragonabili ai controlli, esibendo una media complessiva ($1,27 \pm 0,10\%$) inferiore a quella del pre-survey.

Anche nei monitoraggi successivi le variazioni sono state molto contenute e le concentrazioni sempre in linea con il pre-survey. Nell'ultimo campionamento, come nei precedenti, mediamente non sono state riscontrate discrepanze tra i gruppi di siti (A: $1,32 \pm 0,15$; B: $1,42 \pm 0,27$; BO: $1,52 \pm 0,06$; K: $1,64 \pm 0,42\%$). L'andamento generale consente di affermare che non ci sono anomalie a carico di questo elemento.

Arsenico – Prima della posa della struttura le concentrazioni di arsenico erano modeste e inferiori all'LCRN; i tenori di alcune stazioni entro 60 m dalla futura piattaforma erano risultati superiori a quelli dei riferimenti, ma mediamente non si rilevavano differenze degne di nota tra i due gruppi di stazioni (entro 60 m: $9,02 \pm 1,32$; controlli: $6,19 \pm 2,57$ mg/kg) a causa della dispersione dei dati.

I lavori di installazione non avevano comportato variazioni importanti, mentre nel 1° survey nella fase di produzione di Bonaccia NW lungo i transetti era avvenuto un diffuso incremento con il raggiungimento di valori superiori all'LCRN. Tale superamento era stato registrato, ma in maniera più modesta, anche nei controlli K2 e K3. Nel 2° post lavori, al contrario, l'arsenico si era ridotto, pur rimanendo in molti siti superiore, anche se modestamente, all'LCRN. Nel 3° post lavori condotto nell'inverno 2017 era stata rilevata una certa variabilità lungo i transetti e nei siti prossimi alla piattaforma e le concentrazioni erano per lo più superiori all'LCRN, anche nel controllo K1. Inoltre, in B1 si rilevava il valore maggiore (26,84 mg/kg) fino a quel momento.

Il 4° post lavori è stato caratterizzato da variazioni modeste, mentre nel 5° si era verificato un generale, seppur lieve, incremento. Presso la piattaforma erano stati raggiunti picchi (massimo di 34,58 mg/kg in BO SE) che rimangono ad oggi insuperati. Nei monitoraggi

successivi incluso l'ultimo nell'area circostante la piattaforma il contenuto di arsenico è apparso superiore rispetto ai controlli, analogamente al pre-survey. In particolare, nell'inverno 2021 le medie sono risultate pari a $15,03 \pm 2,48$ mg/kg per il transetto A, a $13,17 \pm 1,92$ mg/kg per B, a $18,89 \pm 3,34$ mg/kg per i siti BO e a $10,91 \pm 1,67$ mg/kg per i controlli. Analogamente a quanto verificatosi sin dai lavori di posa in opera, la maggior parte delle concentrazioni sono superiori all'LCRN, anche quella del riferimento K4.

Bario – Durante il pre-survey il bario era modestamente presente nell'area indagata. I primi segnali di alterazione erano stati rilevati durante le operazioni di posa: presso Bonaccia NW, infatti, era avvenuto un deciso incremento che aveva portato a un valore medio pari a $208,3 \pm 18,2$ mg/kg, con due picchi in BO SE e BO SW ($221,62$ e $215,68$ mg/kg rispettivamente) corrispondenti a 6 volte la media dei controlli.

Anche nel 1° post lavori erano state rilevate delle anomalie: in A8 c'era un picco pari a 4,5 volte la media dei riferimenti ($34,39 \pm 11,47$ mg/kg), lungo il transetto B vi era una chiara tendenza all'incremento di bario al ridursi della distanza dalla piattaforma dove, al di là delle differenze tra siti, si registrava un valore medio ($185,10 \pm 92,15$ mg/kg) pari a oltre 5 volte la media dei controlli. In corrispondenza di BO NW era stato registrato il massimo assoluto stagionale ($312,83$ mg/kg; quasi 10 volte la media dei siti K).

Nell'estate 2016 (2° post lavori) era stato segnalato unicamente un picco significativo in B6 corrispondente a 11 volte la media dei riferimenti ($36,18 \pm 7,49$ mg/kg).

Nel 3° post lavori le concentrazioni tendevano ad aumentare presso Bonaccia NW e a breve distanza da essa, in particolare in A5 in cui il tenore ($369,00$ mg/kg) era pari a oltre 10 volte la media dei riferimenti ($27,34 \pm 12,86$ mg/kg).

Nell'estate 2017 (4° post lavori) si era presentata una situazione simile a quella della campagna precedente, con concentrazioni più elevate nelle stazioni adiacenti la piattaforma, in particolare in BO SE ($220,06$ mg/kg) e BO NE ($194,02$ mg/kg); lungo i transetti e nelle stazioni di controllo, invece, i tenori erano simili e in linea anche con quelli del pre-survey.

Nel 5° post lavori era stato registrato il valore più elevato sino a quel momento in BO SE ($410,95$ mg/kg), corrispondente a circa 16 volte la media dei controlli. I dati relativi all'estate 2018 suggerivano un diffuso recupero dell'area, essendo i tenori modesti in generale, pur rimanendo più elevati presso la piattaforma e in A8 rispetto ai controlli.

Nuove ed evidenti anomalie erano emerse in inverno 2019 presso la piattaforma, dove la

concentrazione media ($379,10 \pm 139,96$ mg/kg) risultava pari a oltre 10 volte quella dei controlli ($30,20 \pm 9,92$ mg/kg). In particolare, presso BO NW era stato registrato il tenore più elevato dell'intero periodo di indagine ($569,89$ mg/kg). A partire da questo survey si è deciso di eseguire l'estrazione sequenziale del metallo per verificarne la biodisponibilità e i risultati di tale analisi hanno dimostrato la netta preponderanza della frazione non biodisponibile.

Nell'estate 2019 rimanevano evidenti le anomalie positive in BO SE e BO NE, anche se nettamente inferiori alle precedenti essendo i tenori ($170,24$ e $228,66$ mg/kg rispettivamente) pari a 2,5 e 3,4 volte la media dei controlli ($68,22 \pm 27,27$ mg/kg). Anche in questo caso, comunque, l'estrazione sequenziale ha evidenziato la dominanza della frazione non biodisponibile.

Nell'estate seguente il picco in BO NE si è ridotto notevolmente ($105,45$ mg/kg), mentre in BO SE è avvenuto un ulteriore aumento che ha portato a una concentrazione di $330,8$ mg/kg, anche in questo caso prevalentemente non biodisponibile.

Nell'inverno 2021 il picco evidenziato precedentemente in BO SE è rimasto, ma si è ulteriormente ridotto dimezzando la propria concentrazione ($169,93$ mg/kg) rispetto all'estate 2020. Anomalie più modeste sono state registrate in B1 ($91,62$ mg/kg) e BO NE ($98,01$ mg/kg) le quali, seppur in concentrazioni basse, risultano circa 2,3 volte la media dei riferimenti ($41,45 \pm 8,46$ mg/kg). Poiché il contenuto di bario in BO SE e BO NE è risultato più che doppio rispetto alla media rilevata durante il pre-survey, per questi due siti è stata effettuata l'estrazione sequenziale riportata nel Cap. 3.3.4.1.

A fine periodo viene pertanto confermato l'effetto di Bonaccia NW su questo metallo, anche se inferiore rispetto a quanto riscontrato in precedenza.

Cadmio – Questo metallo è notevolmente omogeneo nell'area, come era emerso durante il pre-survey (entro 60 m: $0,088 \pm 0,003$; controlli: $0,092 \pm 0,019$ mg/kg). Questa situazione non era stata modificata dalle attività di installazione di Bonaccia NW, quando anzi era stato evidenziato un diffuso decremento eccetto in K2.

Anche dopo la posa della struttura i tenori sono rimasti diffusamente modesti, senza alcuna anomalia riconducibile alla piattaforma. Infatti, in tutto il periodo le concentrazioni sono risultate estremamente inferiori all'LCRN senza mostrare alcun segnale di alterazione. A conferma di ciò, nell'ultimo survey il picco rilevato nel controllo K4 ($0,098$ mg/kg) è oltre 3 volte inferiore all'LCRN.

Cromo – Le concentrazioni di cromo hanno mostrato nel tempo modeste variazioni e sono rimaste per lo più inferiori all’LCRN.

I valori determinati nell’area prima della posa della piattaforma lungo i transetti e nell’area destinata ad accogliere Bonaccia NW oscillavano tra 38,27 mg/kg (A3) e 59,63 mg/kg (B6), risultando mediamente confrontabili con i controlli (entro 60 m: 47,87±6,50; controlli: 50,36±19,58 mg/kg). Le operazioni di installazione non avevano determinato variazioni consistenti: i tenori attorno alla piattaforma erano rimasti omogenei tra i siti, variando tra 39,75 e 45,30 mg/kg, e del tutto in linea con la media dei riferimenti (45,42±8,80 mg/kg).

Durante le fasi successive le concentrazioni sono oscillate in intervalli ristretti e le medie dei transetti e dei siti BO sono sempre rimaste inferiori o confrontabili a quelle dei controlli, anche nell’ultimo monitoraggio (A: 37,62±3,64; B: 39,01±5,20; BO: 43,28±1,42; K: 42,52±9,05 mg/kg), quando vi è stato un unico superamento dell’LCRN in K4. I dati suggeriscono l’assenza di effetti di Bonaccia NW su questo elemento.

Rame – Questo metallo è sempre stato presente nell’area di studio in concentrazioni molto basse e molto inferiori all’LCRN. Neanche le operazioni di installazione hanno modificato le condizioni della zona. Nell’ultimo monitoraggio è stata confermata una notevole omogeneità tra transetti, piattaforma e controlli (A: 6,56±0,74; B: 7,18±1,35; BO: 8,90±1,87; K: 8,02±2,42 mg/kg). Si esclude pertanto un effetto di Bonaccia NW su questo metallo.

Ferro – Come emerso dall’indagine di pre-survey il ferro è presente nell’area di studio con tenori molto modesti. Le operazioni di posa in opera non avevano comportato alterazioni: le concentrazioni erano rimaste basse e molto omogenee tra loro, oscillando tra 1,94% e 1,70% entro 60 m dalla struttura e risultando del tutto in linea con la media dei riferimenti (1,73±0,31%).

Nelle fasi successive i tenori sono rimasti modesti e sempre confrontabili o inferiori a quelli del pre-survey.

Indio – Questo metallo era al sotto del limite di quantificazione (0,02 mg/kg) durante il pre-survey. Successivamente è stato rilevato in pochi siti solo durante l’installazione della piattaforma e nel 1° monitoraggio post lavori.

Mercurio – Nel pre-survey il mercurio presentava concentrazioni basse e del tutto omogenee (entro 60 m: 0,022±0,002; controlli: 0,022±0,010 mg/kg).

Durante le attività di installazione era avvenuto un diffuso decremento nelle stazioni poste entro 60 m dalla piattaforma con valori compresi tra 0,012 mg/kg (BO NW) e 0,019 mg/kg (BO SW), rimanendo comunque in linea con i controlli (0,015±0,007 mg/kg). Un lieve aumento aveva caratterizzato il 1° survey post lavori; nei monitoraggi successivi incluso l'ultimo le variazioni sono rimaste estremamente contenute e le concentrazioni sono state sempre notevolmente inferiori all'LCRN. A titolo di esempio, il massimo assoluto dell'intero periodo di indagine, pari a 0,0455 mg/kg (K4, 6° post lavori), è 7 volte inferiore all'LCRN. Non vi sono pertanto alterazioni per questo metallo in tutta l'area investigata.

Nichel – Durante il pre-survey i tenori oscillavano tra 30,56 mg/kg (A3) e 45,09 mg/kg (BO NE) entro 60 m dalla futura piattaforma, con una media confrontabile con quella dei controlli (38,99±4,83 e 39,25±18,35 mg/kg rispettivamente). Tutte le concentrazioni eccetto due erano superiori all'LCRN, con i superamenti maggiori in due controlli. Durante le operazioni di installazione non sono avvenute particolari variazioni e nei survey post lavori i tenori entro 250 m dalla piattaforma sono sempre rimasti inferiori o paragonabili ad almeno un controllo. Nell'inverno 2021 le concentrazioni sono risultate tutte inferiori, o al più comparabili, a quelle del pre-survey, e mediamente simili tra loro (A: 29,97±3,20; B: 30,93±4,56; BO: 36,79±2,17; K: 35,08±9,65 mg/kg).

Si fa presente che il superamento dell'LCRN è avvenuto molto spesso in tutto il periodo, ma non può essere relazionabile alla piattaforma essendo stato osservato, come già esposto, anche prima della sua posa in opera e nei riferimenti.

Non si individuano pertanto segnali di alterazione riconducibili alla presenza di Bonaccia NW.

Piombo - Durante il pre-survey i tenori entro 60 m dalla futura piattaforma variavano tra 12,02 mg/kg (A3) e 13,80 mg/kg (BO NE), con una media del tutto in linea con quella dei controlli (13,08±0,61 e 12,50±2,76 mg/kg rispettivamente). Questo comportamento, confermato anche durante la posa, è rimasto pressochè invariato in tutti i monitoraggi post lavori e le concentrazioni, nonostante delle oscillazioni stagionali, sono sempre state molto inferiori all'LCRN. Ad esempio, nell'ultimo monitoraggio il massimo rilevato in K4 (15,76 mg/kg) è pari a circa la metà dell'LCRN. Pertanto, non ci sono anomalie da segnalare a carico di questo metallo.

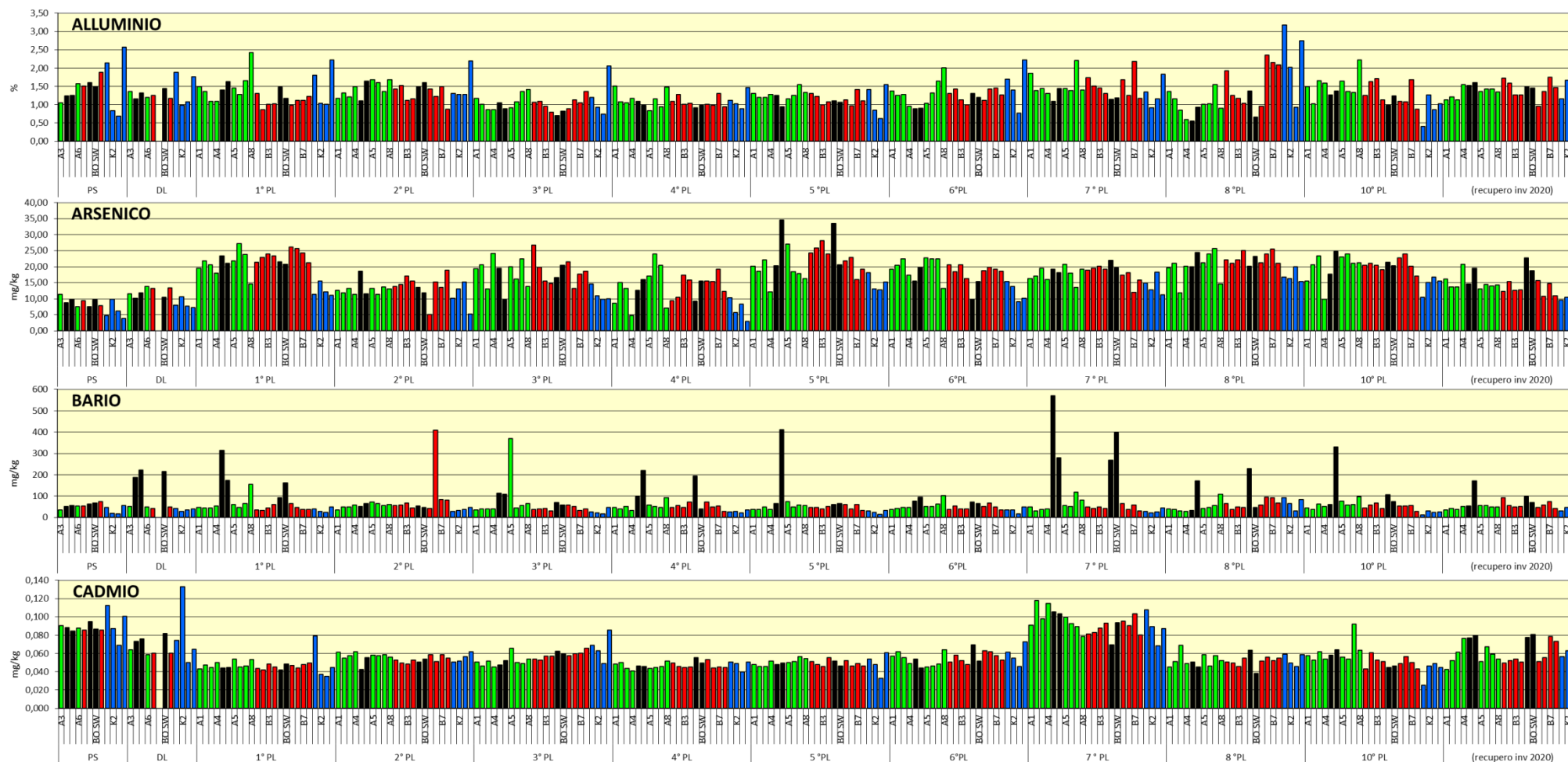


Fig. 3.33 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'intero periodo. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

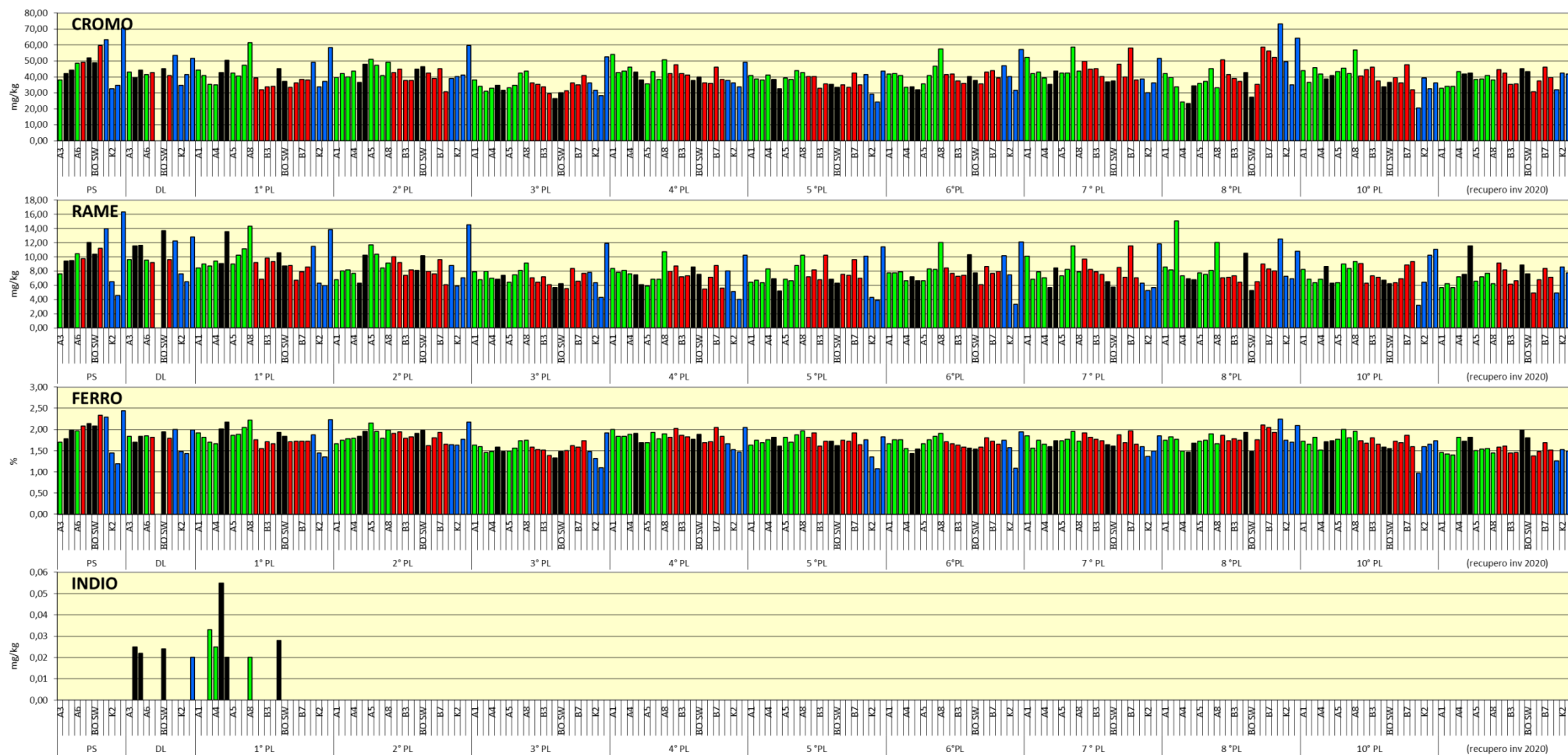


Fig. 3.33 – Continuo.

Tab. 3-X - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori. I superamenti del LCRN (DM 173/2016) sono evidenziati in grassetto.

	Alluminio											Arsenico												
	-											LCRN = 12 mg/kg/kg												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			1,49	1,17	1,17	1,51	1,31	1,37	1,86	1,36	1,49	1,14			19,50	12,63	19,43	16,54	20,18	19,19	16,33	19,73	15,59	16,19
A2			1,36	1,32	1,01	1,07	1,19	1,26	1,39	1,16	1,02	1,22			21,86	11,88	20,60	16,71	18,61	20,52	17,09	21,04	20,66	13,65
A3	1,05	1,35	1,10	1,22	0,87	1,05	1,19	1,28	1,43	0,85	1,65	1,13	11,33	11,57	20,55	13,20	13,11	17,64	22,21	22,49	19,54	11,82	23,44	13,66
A4			1,09	1,50	0,86	1,17	1,28	0,96	1,30	0,59	1,59	1,55			17,95	11,35	24,08	8,34	12,14	17,35	16,06	20,21	9,90	20,74
BO NW	1,24	1,16	1,40	1,10	1,04	1,09	1,26	0,89	1,09	0,55	1,27	1,52	8,83	10,19	23,36	18,55	19,60	17,36	20,39	15,58	19,24	20,05	17,70	14,59
BO SE	1,25	1,32	1,63	1,65	0,89	0,99	0,94	0,90	1,44	0,93	1,37	1,60	9,80	11,87	21,07	11,48	9,71	18,59	34,58	19,87	18,09	24,52	24,78	19,57
A5			1,45	1,68	0,91	0,83	1,16	1,04	1,44	1,01	1,64	1,36			21,84	13,31	20,00	18,69	27,05	22,79	20,82	21,16	23,10	13,10
A6	1,58	1,19	1,27	1,60	1,08	1,16	1,25	1,32	1,39	1,03	1,36	1,43	7,60	13,90	27,20	11,35	16,16	20,06	18,41	22,48	18,03	23,98	23,99	14,52
A7			1,66	1,36	1,37	0,94	1,55	1,64	1,65	1,54	1,34	1,42			23,80	13,68	22,46	20,41	17,92	22,41	10,18	25,65	21,06	14,05
A8			2,42	1,68	1,41	1,48	1,34	2,01	1,40	0,90	2,22	1,34			14,67	13,13	13,92	9,88	16,35	13,19	19,24	14,70	21,23	14,30
B1			1,30	1,43	1,07	1,09	1,30	1,30	1,74	1,92	1,25	1,73			21,42	13,81	26,84	18,67	24,36	20,69	18,86	22,17	20,46	12,25
B2			0,86	1,52	1,10	1,28	1,23	1,43	1,51	1,26	1,63	1,59			22,88	14,53	19,85	17,36	25,89	18,45	19,58	21,13	21,13	15,43
B3	1,51	1,25	1,00	1,12	0,95	1,00	1,00	1,14	1,45	1,17	1,71	1,27	9,44	13,24	23,93	17,07	15,55	18,06	28,15	20,61	20,13	22,12	20,48	12,64
B4			1,03	1,16	0,80	1,04	1,08	1,00	1,31	1,03	1,13	1,27			23,42	15,52	14,80	19,65	23,97	16,27	19,29	25,09	19,04	12,79
BO NE	1,60		1,48	1,50	0,70	0,92	1,10	1,30	1,14	1,37	0,98	1,50	7,59		21,54	13,53	16,55	17,14	33,54	9,79	21,99	20,18	21,36	22,70
BO SW	1,49	1,44	1,17	1,60	0,82	0,98	1,07	1,20	1,18	0,66	1,24	1,46	9,76	10,40	20,75	11,78	20,43	18,17	20,61	15,38	19,64	23,23	20,31	18,70
B5			0,98	1,43	0,89	1,01	1,13	1,11	1,69	0,95	1,09	0,96			26,10	5,09	21,61	18,99	21,92	18,70	17,37	21,17	22,81	15,66
B6	1,89	1,18	1,11	1,23	1,13	0,98	0,98	1,43	1,25	2,36	1,08	1,36	7,81	13,33	25,65	15,20	13,19	17,76	22,96	19,85	18,23	23,93	24,02	10,84
B7			1,12	1,49	1,04	1,30	1,42	1,45	2,18	2,16	1,68	1,76			24,34	13,52	17,72	18,29	16,01	19,19	11,95	25,58	20,14	14,83
B8			1,23	0,88	1,36	0,94	1,11	1,27	1,17	2,08	0,87	1,46			21,27	18,95	18,62	20,88	19,19	18,69	15,88	21,04	17,07	10,90
K1	2,14	1,89	1,80	1,31	1,20	1,12	1,41	1,70	1,34	3,17	0,41	1,16	4,83	8,02	11,40	10,17	14,66	14,71	18,13	15,35	14,99	16,72	10,43	9,49
K2	0,84	0,99	1,04	1,27	0,93	1,02	0,85	1,41	0,92	2,02	1,27	1,68	9,78	10,60	15,58	13,06	10,97	13,55	13,04	13,91	12,80	16,26	15,09	10,42
K3	0,68	1,08	1,01	1,27	0,74	0,89	0,62	0,77	1,16	0,93	0,86	1,56	6,22	7,72	12,15	15,21	9,81	13,00	12,73	9,04	18,26	20,07	16,77	10,39
K4	2,58	1,76	2,22	2,19	2,06	1,47	1,54	2,22	1,84	2,75	1,02	2,19	3,92	7,21	11,05	5,20	10,06	13,19	15,23	10,14	11,29	15,43	15,55	13,32

Tab. 3-X – Continuo.

	Bario											Cadmio												
	-											LCRN = 0,3 mg/kg												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			46,77	34,91	36,07	46,03	38,05	38,10	48,90	38,94	44,20	34,25			0,043	0,061	0,051	0,049	0,048	0,057	0,091	0,045	0,057	0,043
A2			44,57	48,39	39,24	38,63	38,15	41,28	31,39	37,36	36,51	41,62			0,047	0,055	0,046	0,050	0,046	0,062	0,118	0,051	0,053	0,052
A3	34,45	50,25	43,00	48,35	39,86	52,16	47,91	46,82	38,11	30,42	63,09	37,64	0,091	0,064	0,045	0,058	0,052	0,044	0,046	0,055	0,098	0,069	0,062	0,061
A4			53,89	57,92	40,51	33,68	38,07	46,62	40,62	28,65	50,72	51,21			0,050	0,062	0,045	0,041	0,052	0,049	0,115	0,049	0,054	0,076
BO NW	50,24	187,49	312,83	51,44	112,49	96,75	65,02	76,55	569,89	32,74	61,32	53,76	0,088	0,073	0,044	0,043	0,048	0,046	0,048	0,054	0,105	0,051	0,058	0,077
BO SE	54,80	221,62	172,25	63,89	109,50	220,06	410,95	94,44	279,88	170,24	330,85	169,93	0,085	0,076	0,045	0,056	0,052	0,046	0,050	0,044	0,103	0,045	0,064	0,079
A5			61,23	72,59	369,00	58,13	73,98	50,96	56,12	42,55	77,28	55,93			0,054	0,058	0,066	0,043	0,050	0,045	0,099	0,059	0,056	0,051
A6	54,31	48,74	47,59	65,24	43,58	50,49	49,90	51,78	50,69	46,13	58,67	56,15	0,088	0,059	0,045	0,058	0,050	0,045	0,051	0,047	0,093	0,046	0,054	0,067
A7			65,68	55,72	54,52	46,47	57,94	61,64	87,99	56,09	59,21	48,99			0,046	0,059	0,049	0,046	0,057	0,048	0,089	0,058	0,092	0,059
A8			155,44	60,09	63,85	91,54	54,54	101,29	81,97	109,02	97,97	48,73			0,053	0,056	0,054	0,052	0,054	0,064	0,079	0,052	0,063	0,054
B1			35,51	56,02	37,67	46,59	45,71	37,70	48,04	64,11	44,92	91,62			0,044	0,053	0,054	0,050	0,051	0,051	0,082	0,051	0,043	0,050
B2			32,47	57,51	39,24	55,68	47,48	52,39	40,93	37,92	58,84	55,16			0,042	0,050	0,053	0,046	0,048	0,058	0,083	0,050	0,061	0,052
B3	53,09	42,12	44,18	67,19	41,74	45,96	39,77	38,69	47,79	48,90	66,99	49,38	0,086	0,060	0,049	0,048	0,057	0,045	0,046	0,052	0,088	0,046	0,053	0,054
B4			60,02	45,00	29,94	72,07	50,21	38,93	41,84	47,58	42,74	51,67			0,045	0,053	0,057	0,045	0,055	0,048	0,093	0,055	0,051	0,050
BO NE	63,71		93,03	53,65	69,32	194,02	60,70	72,13	268,77	228,66	105,45	98,01	0,095		0,042	0,051	0,062	0,055	0,052	0,070	0,070	0,063	0,044	0,078
BO SW	67,05	215,68	162,38	46,99	57,80	38,51	64,22	64,64	397,86	46,14	74,29	69,25	0,087	0,082	0,049	0,054	0,059	0,049	0,046	0,052	0,094	0,038	0,046	0,081
B5			65,04	41,51	58,14	71,20	61,17	50,44	65,23	57,21	54,02	45,39			0,047	0,059	0,057	0,053	0,052	0,063	0,095	0,052	0,049	0,051
B6	75,02	47,96	46,14	407,76	51,34	49,79	39,70	66,46	37,40	94,56	53,21	58,01	0,085	0,060	0,044	0,051	0,060	0,044	0,046	0,062	0,090	0,056	0,057	0,055
B7			37,35	83,95	33,49	53,36	60,34	48,30	57,97	92,79	55,72	73,10			0,048	0,059	0,061	0,045	0,049	0,058	0,103	0,052	0,050	0,078
B8			37,54	82,14	39,04	29,05	33,69	34,10	29,90	67,56	28,65	41,57			0,050	0,055	0,066	0,045	0,046	0,053	0,080	0,055	0,043	0,073
K1	45,68	42,55	39,37	28,21	24,97	24,85	30,18	34,72	28,96	93,34	11,16	29,22	0,112	0,074	0,079	0,050	0,069	0,051	0,054	0,061	0,108	0,059	0,025	0,057
K2	18,87	28,54	27,29	33,62	21,36	26,85	22,77	35,22	20,86	65,33	30,92	46,39	0,087	0,133	0,037	0,052	0,063	0,049	0,048	0,055	0,090	0,050	0,046	0,063
K3	15,62	34,10	22,86	36,80	17,01	20,91	13,35	17,02	26,83	31,18	23,00	42,41	0,069	0,050	0,035	0,056	0,049	0,040	0,033	0,046	0,068	0,046	0,049	0,060
K4	56,04	39,40	48,04	46,08	45,99	33,90	32,47	48,59	44,16	83,01	25,77	47,77	0,101	0,065	0,045	0,062	0,085	0,051	0,061	0,073	0,087	0,059	0,045	0,098

Tab. 3-X – Continuo.

	Cromo											Rame												
	LCRN = 50 mg/kg											LCRN = 40 mg/kg												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			44,43	39,68	38,06	53,99	41,05	41,83	52,23	42,08	44,11	32,95			8,44	6,79	7,92	8,40	6,47	7,76	10,13	8,56	8,21	5,69
A2			40,95	42,22	34,29	42,71	38,63	42,19	42,14	39,77	36,50	34,30			8,99	8,04	6,77	7,81	6,70	7,77	6,87	8,15	6,89	6,24
A3	38,27	42,95	35,54	39,97	30,99	43,56	38,30	40,84	43,07	33,77	46,00	34,05	7,62	9,60	8,74	8,19	7,96	8,10	6,41	7,91	7,88	15,11	6,40	5,69
A4			35,17	43,75	32,84	46,10	41,26	33,57	39,48	24,46	41,93	43,39			9,43	7,71	6,98	7,59	8,30	6,66	7,05	7,35	6,89	7,19
BO NW	42,18	39,75	42,77	36,71	34,72	42,97	38,33	33,74	35,26	23,42	38,74	41,97	9,43	11,57	9,10	6,29	6,86	7,47	6,91	7,22	5,66	6,90	8,68	7,56
BO SE	44,22	44,32	50,37	48,05	31,59	38,15	32,70	31,93	43,58	34,54	40,87	42,59	9,45	11,62	13,54	10,24	7,43	6,07	5,20	6,64	8,47	6,77	6,28	11,56
A5			42,47	50,99	33,18	35,56	39,35	35,55	42,53	35,92	43,49	38,35			8,98	11,71	6,45	5,88	6,83	6,67	7,32	7,77	6,39	6,56
A6	48,71	41,69	40,53	47,29	34,87	43,31	38,41	41,04	42,40	37,14	45,53	38,75	10,46	9,53	10,23	10,40	7,48	6,89	6,66	8,32	8,26	7,57	8,97	7,23
A7			47,38	40,80	42,61	38,61	44,12	46,72	44,02	45,37	42,09	41,06			11,17	8,45	8,09	6,84	8,79	8,27	8,68	8,12	8,35	7,68
A8			61,37	49,21	43,77	50,78	42,92	57,52	43,69	33,12	56,79	38,12			14,31	9,15	9,17	10,73	10,23	12,01	7,88	12,01	9,32	6,21
B1			39,33	42,65	36,41	42,26	40,38	41,64	49,85	50,76	40,73	44,51			9,18	10,04	7,10	7,96	7,23	8,46	9,73	7,06	9,05	9,17
B2			31,94	44,80	35,30	47,71	40,38	41,88	45,07	41,41	44,75	42,45			6,88	9,21	6,45	8,73	8,16	7,65	8,22	7,17	6,31	8,17
B3	49,23	42,65	33,97	37,76	33,79	42,27	33,00	37,43	45,14	39,04	46,03	35,38	9,76	9,21	9,85	7,43	7,20	7,17	6,78	7,27	7,88	7,37	7,37	6,17
B4			34,14	37,76	29,47	41,19	35,78	35,88	40,36	37,11	37,46	35,67			9,35	8,18	6,11	7,35	10,23	7,38	7,52	6,42	7,15	6,68
BO NE	51,91		45,22	44,81	26,62	37,86	35,55	40,43	37,07	42,67	33,84	45,25	12,07		10,61	8,12	5,70	8,56	6,83	10,33	6,50	10,54	6,71	8,84
BO SW	48,82	45,30	37,29	46,31	30,17	40,00	33,67	38,00	37,47	27,29	36,71	43,31	10,39	13,71	8,75	10,17	6,26	7,53	6,30	7,76	5,72	5,27	6,21	7,62
B5			33,64	42,58	31,28	36,33	35,05	35,80	48,04	35,39	39,78	30,76			8,77	7,99	5,51	5,46	7,52	6,09	8,54	6,51	6,39	4,94
B6	59,63	41,05	36,17	39,17	36,37	36,13	33,68	43,17	39,89	58,80	36,17	37,44	11,20	9,63	6,69	7,61	8,39	7,16	7,38	8,68	7,12	9,00	6,90	6,75
B7			38,32	45,25	35,17	46,24	42,46	44,12	58,27	56,35	47,54	46,20			7,87	9,64	6,59	8,83	9,62	7,69	11,58	8,34	8,86	8,38
B8			38,27	30,67	40,85	38,35	35,21	39,38	38,17	52,34	31,92	39,65			8,58	6,12	7,67	5,59	6,98	7,93	7,05	8,06	9,32	7,15
K1	63,28	53,54	49,25	39,10	36,43	37,87	41,50	47,18	38,73	73,30	20,75	31,91	13,97	12,23	11,52	8,78	7,80	8,04	10,12	10,20	6,29	12,53	3,19	4,95
K2	32,48	34,77	34,00	40,37	31,73	36,46	29,30	40,22	30,12	49,65	39,47	42,40	6,49	7,63	6,30	5,88	6,37	5,13	4,33	7,51	5,24	7,25	6,45	8,56
K3	34,79	41,69	37,22	41,32	28,23	33,91	24,33	31,57	36,18	35,14	32,57	41,74	4,60	6,52	5,95	7,06	4,30	4,04	3,90	3,32	5,68	6,90	10,22	7,76
K4	70,89	51,67	58,36	59,75	52,64	49,14	43,72	57,31	51,68	64,26	36,27	54,03	16,31	12,81	13,87	14,51	11,90	10,23	11,41	12,08	11,81	10,81	11,05	10,81

Tab. 3-X - Continuo.

	Ferro											Indio												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			1,93	1,66	1,63	2,01	1,63	1,66	1,85	1,74	1,72	1,46			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A2			1,82	1,75	1,60	1,84	1,75	1,76	1,56	1,83	1,65	1,43			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A3	1,70	1,84	1,70	1,78	1,45	1,84	1,69	1,76	1,74	1,78	1,82	1,40	< 0,02	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A4			1,66	1,80	1,48	1,88	1,76	1,55	1,66	1,49	1,52	1,82			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO NW	1,78	1,70	2,01	1,85	1,59	1,91	1,82	1,44	1,60	1,46	1,71	1,72	< 0,02	0,03	0,06	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO SE	1,97	1,84	2,18	1,96	1,48	1,69	1,61	1,54	1,74	1,68	1,74	1,81	< 0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A5			1,87	2,15	1,50	1,69	1,81	1,66	1,74	1,72	1,77	1,50			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A6	1,97	1,85	1,89	1,95	1,56	1,94	1,70	1,76	1,78	1,75	2,01	1,54	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A7			2,04	1,79	1,74	1,78	1,88	1,84	1,47	1,90	1,80	1,55			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A8			2,23	2,00	1,74	1,90	1,97	1,90	1,73	1,66	1,95	1,45			0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B1			1,75	1,91	1,58	1,82	1,82	1,71	1,93	1,86	1,73	1,59			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B2			1,55	1,95	1,53	2,02	1,92	1,66	1,81	1,73	1,68	1,60			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B3	2,08	1,81	1,71	1,79	1,52	1,86	1,61	1,63	1,77	1,79	1,80	1,45	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B4			1,67	1,82	1,39	1,82	1,72	1,58	1,73	1,75	1,65	1,46			< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO NE	2,14		1,94	1,91	1,33	1,77	1,73	1,56	1,64	1,93	1,59	1,99	< 0,02		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO SW	2,09	1,94	1,84	1,97	1,48	1,89	1,62	1,54	1,61	1,48	1,55	1,80	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B5			1,71	1,62	1,50	1,69	1,74	1,58	1,88	1,76	1,73	1,38			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B6	2,34	1,80	1,72	1,80	1,62	1,71	1,72	1,80	1,69	2,11	1,69	1,48	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B7			1,72	1,93	1,59	2,04	1,92	1,73	1,96	2,05	1,87	1,69			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B8			1,72	1,65	1,73	1,84	1,64	1,65	1,65	1,94	1,59	1,51			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K1	2,29	2,00	1,88	1,65	1,48	1,67	1,76	1,75	1,60	2,25	0,97	1,26	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K2	1,45	1,48	1,44	1,63	1,32	1,52	1,35	1,58	1,36	1,75	1,60	1,52	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K3	1,19	1,44	1,35	1,77	1,10	1,46	1,07	1,08	1,49	1,70	1,65	1,49	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K4	2,45	1,99	2,23	2,18	1,92	2,05	1,82	1,94	1,85	2,10	1,73	1,97	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Tab. 3-X - Continuo.

	Mercurio											Nichel												
	LCRN = 0,3 mg/kg											LCRN = 30 mg/kg												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			0,016	0,017	0,018	0,020	0,018	0,018	0,039	0,036	0,019	0,014			35,89	29,67	31,00	38,14	28,91	31,44	41,75	35,93	38,03	27,22
A2			0,017	0,020	0,018	0,019	0,019	0,018	0,042	0,037	0,018	0,016			33,83	32,56	26,93	34,33	30,79	30,73	31,96	35,33	33,35	27,57
A3	0,020	0,014	0,019	0,022	0,018	0,016	0,018	0,020	0,047	0,035	0,016	0,015	30,56	33,78	32,07	32,07	26,92	32,66	27,38	31,60	35,00	40,78	33,45	26,54
A4			0,019	0,019	0,017	0,013	0,012	0,018	0,042	0,036	0,012	0,014			29,80	33,33	24,13	36,96	33,30	26,07	32,36	27,39	31,76	35,89
BO NW	0,020	0,012	0,016	0,012	0,019	0,014	0,017	0,016	0,038	0,036	0,022	0,014	34,86	31,61	32,67	29,35	27,39	31,31	29,11	25,89	26,68	26,19	35,79	35,07
BO SE	0,021	0,013	0,020	0,019	0,021	0,017	0,015	0,016	0,031	0,024	0,018	0,017	38,32	33,25	40,06	37,69	27,42	28,43	26,17	26,05	35,95	28,90	31,84	36,66
A5			0,019	0,017	0,019	0,016	0,017	0,017	0,042	0,014	0,016	0,016			35,41	42,74	25,83	29,13	27,95	26,76	34,72	33,56	32,43	29,80
A6	0,023	0,014	0,022	0,023	0,021	0,018	0,020	0,022	0,031	0,031	0,019	0,016	38,47	33,63	36,60	38,43	27,33	33,56	28,70	32,31	37,61	32,40	41,66	30,95
A7			0,021	0,025	0,023	0,019	0,023	0,021	0,042	0,019	0,022	0,017			39,30	33,90	32,90	33,21	34,08	33,87	35,96	35,73	38,18	32,97
A8			0,028	0,024	0,035	0,023	0,022	0,032	0,042	0,036	0,023	0,018			50,87	37,83	35,54	42,84	37,78	43,93	37,17	41,58	42,80	28,83
B1			0,019	0,022	0,020	0,020	0,018	0,022	0,043	0,039	0,023	0,021			33,79	37,08	31,10	38,72	31,18	33,10	42,54	33,97	40,31	37,29
B2			0,018	0,026	0,020	0,026	0,019	0,024	0,043	0,038	0,018	0,020			27,60	35,61	27,40	41,94	34,77	30,16	37,50	33,48	33,33	34,53
B3	0,019	0,014	0,016	0,027	0,019	0,023	0,019	0,019	0,041	0,035	0,019	0,014	39,56	32,80	31,58	31,18	27,52	36,50	30,34	28,87	36,90	33,37	35,25	27,79
B4			0,018	0,024	0,013	0,017	0,022	0,022	0,018	0,032	0,020	0,014			30,68	32,47	23,05	32,96	29,79	27,45	34,67	30,73	34,45	29,22
BO NE	0,027		0,019	0,022	0,015	0,018	0,019	0,022	0,026	0,023	0,016	0,013	45,09		34,66	35,38	22,63	31,26	26,42	31,96	26,35	34,10	30,14	39,89
BO SW	0,022	0,019	0,016	0,016	0,015	0,016	0,017	0,019	0,040	0,031	0,016	0,015	40,17	36,49	27,48	38,72	23,89	35,74	25,63	27,79	28,38	22,74	28,98	35,54
B5			0,017	0,019	0,013	0,015	0,018	0,012	0,041	0,030	0,010	0,012			28,60	36,91	23,16	27,55	27,96	25,55	38,69	29,31	30,58	23,44
B6	0,022	0,014	0,017	0,020	0,020	0,018	0,018	0,023	0,043	0,036	0,017	0,015	44,92	33,33	29,54	30,43	29,10	30,76	30,60	33,68	33,22	38,48	32,80	28,60
B7			0,018	0,023	0,017	0,020	0,023	0,021	0,039	0,035	0,022	0,017			30,67	34,72	28,15	36,94	36,82	31,17	47,53	37,58	39,93	35,12
B8			0,018	0,023	0,021	0,015	0,020	0,021	0,045	0,046	0,023	0,019			31,90	26,65	31,85	29,21	27,24	31,07	33,00	35,47	37,69	31,44
K1	0,027	0,020	0,025	0,020	0,023	0,021	0,026	0,028	0,044	0,038	0,007	0,012	52,12	42,66	38,47	31,81	30,91	31,94	36,20	36,64	30,66	50,40	17,91	24,13
K2	0,016	0,011	0,017	0,019	0,017	0,015	0,014	0,019	0,044	0,033	0,016	0,018	26,35	26,75	25,46	29,51	25,20	27,51	20,85	29,52	27,37	33,74	31,82	35,85
K3	0,011	0,008	0,011	0,017	0,010	0,013	0,018	0,010	0,043	0,040	0,027	0,018	20,84	24,77	24,10	29,48	17,77	25,14	18,77	18,58	27,81	31,13	39,05	32,86
K4	0,034	0,023	0,025	0,035	0,033	0,023	0,027	0,046	0,047	0,039	0,025	0,021	57,67	42,92	46,91	51,38	43,52	41,78	39,50	43,06	46,18	43,75	42,93	47,48

Tab. 3-X - Continuo.

	Piombo											Silicio												
	LCRN = 30 mg/kg											-												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			11,23	9,77	13,73	11,57	11,92	13,26	13,88	16,02	14,35	11,52			172,06	58,69	52,38	19,24	85,57	87,23	44,62	108,61	124,83	197,31
A2			13,14	11,01	14,55	12,26	17,17	14,08	13,34	14,98	14,07	9,69			130,00	29,82	23,14	22,98	87,07	57,04	34,68	89,15	86,18	187,88
A3	12,02	10,98	12,23	11,83	13,29	11,18	10,87	14,94	14,42	10,24	15,13	9,58	< 5	53,00	95,54	50,80	16,08	4,76	76,68	89,76	32,74	74,90	103,80	204,01
A4			10,19	11,93	13,47	10,59	11,58	12,56	14,61	14,00	10,13	13,08			116,39	33,37	8,26	7,72	87,40	72,58	39,53	64,65	60,00	209,95
BO NW	12,59	11,04	12,01	12,92	16,51	12,26	13,93	10,57	12,74	12,42	12,50	11,75	< 5	516,96	76,67	26,01	15,06	10,08	98,56	73,22	36,15	81,28	91,88	179,24
BO SE	12,73	11,86	13,51	12,97	13,37	8,10	10,71	11,85	18,07	14,04	13,03	12,50	< 5	476,29	80,71	20,11	12,63	7,85	63,11	62,50	38,11	67,04	106,58	202,29
A5			13,46	12,84	16,53	13,60	16,15	13,98	14,62	13,87	14,48	10,67			89,26	37,19	11,80	6,64	86,94	82,35	40,03	73,90	86,50	144,95
A6	13,72	12,55	14,00	12,48	17,30	10,53	10,09	14,53	15,55	14,63	16,22	12,86	20,95	133,97	266,14	34,44	9,91	14,67	82,60	66,23	39,83	91,40	150,06	170,22
A7			14,37	12,02	18,59	10,54	12,90	14,11	12,27	15,82	16,29	11,30			111,07	24,87	12,98	7,95	85,99	107,89	39,83	87,59	92,93	127,28
A8			13,97	12,30	15,57	10,51	15,07	14,71	16,34	14,97	16,51	10,17			142,39	32,02	23,12	6,25	97,83	79,26	39,90	65,25	185,54	157,34
B1			13,19	11,54	15,15	13,94	14,78	13,81	16,36	13,31	15,71	11,16			276,42	36,56	17,64	9,15	87,07	83,25	35,66	210,29	55,54	87,37
B2			11,90	10,88	14,98	13,82	17,81	12,41	15,30	12,31	13,49	11,97			112,35	26,92	16,17	5,22	77,93	81,44	39,49	65,84	163,53	167,41
B3	13,19	13,07	13,25	10,32	15,46	10,75	15,30	13,92	15,61	13,80	12,32	10,36	< 5	27,87	145,34	28,12	5,23	7,81	65,78	68,49	28,72	73,91	152,12	180,20
B4			13,12	10,29	12,81	13,00	15,58	9,91	15,29	14,34	12,53	10,00			110,42	36,99	7,21	10,54	83,35	86,57	36,34	72,21	97,82	133,06
BO NE	13,80		12,65	10,64	13,12	11,12	12,65	10,95	12,82	13,73	11,34	15,27	< 5		67,15	58,94	17,34	94,43	74,77	92,37	74,24	212,89	140,18	158,20
BO SW	13,07	12,54	10,81	10,60	15,09	10,17	8,34	12,10	14,14	11,49	11,05	11,90	< 5	608,78	142,72	34,92	24,38	12,21	84,93	114,88	33,78	224,53	115,40	157,68
B5			13,15	6,10	10,64	10,14	13,24	11,88	14,69	12,60	14,46	10,19			172,37	59,66	50,09	51,31	60,31	108,42	128,80	117,90	72,79	188,44
B6	13,53	13,84	12,77	9,76	10,21	7,03	13,08	13,99	14,40	16,48	15,01	11,24	26,38	35,18	136,38	60,24	42,29	42,12	42,31	87,39	109,04	74,25	74,98	139,82
B7			12,74	10,39	8,90	12,89	16,24	14,71	15,67	15,36	14,96	12,93			149,54	63,33	72,31	48,74	43,23	95,00	96,84	98,74	73,11	237,86
B8			12,26	9,19	10,47	13,48	12,05	12,67	14,99	14,43	13,53	12,34			296,54	64,48	28,76	61,26	39,03	81,09	92,32	78,72	69,11	192,34
K1	14,75	13,50	13,87	8,40	6,44	8,72	11,73	13,90	14,73	16,07	6,85	8,50	11,43	35,03	70,21	66,12	39,39	27,07	46,97	88,45	115,25	45,56	81,69	265,72
K2	9,54	12,17	9,13	8,19	4,70	4,62	8,67	12,06	10,70	12,19	11,48	11,81	< 5	17,66	51,03	55,89	31,61	29,82	41,73	129,92	117,80	84,69	59,15	172,11
K3	10,76	8,13	7,40	8,76	7,86	6,21	6,21	6,68	13,05	13,52	15,72	11,15	< 5	49,48	56,98	64,24	35,79	53,82	35,85	109,11	114,68	62,71	63,35	150,41
K4	14,94	14,02	12,85	10,15	12,37	16,33	14,67	14,48	15,77	14,91	16,04	15,76	34,41	33,46	71,76	48,97	42,12	30,04	50,04	105,39	93,92	96,15	105,08	138,53

Tab. 3-X - Continuo.

	Vanadio											Zinco												
	-											LCRN = 100 mg/kg												
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			48,88	42,01	39,74	49,65	37,43	40,17	48,51	42,15	44,41	36,59			48,76	38,24	41,04	48,13	42,35	45,38	56,01	48,80	52,22	35,47
A2			46,13	43,33	37,41	41,09	38,07	41,49	41,68	42,07	37,98	36,17			43,46	41,75	38,47	43,24	42,56	44,09	42,48	48,07	45,29	36,45
A3	40,22	44,27	40,93	43,50	31,36	42,71	37,36	40,96	43,98	27,37	48,71	35,18	52,16	43,54	40,91	41,33	37,03	41,35	41,94	45,44	45,65	51,58	46,83	34,61
A4			39,05	46,21	34,73	43,26	36,63	34,29	41,18	29,83	40,64	44,66			39,20	42,93	34,09	44,69	43,26	41,12	44,53	41,63	41,78	47,33
BO NW	41,90	47,97	51,28	45,88	38,70	42,98	39,89	30,69	38,44	29,37	39,53	42,00	57,62	42,99	44,96	38,09	38,40	42,28	47,16	39,73	43,70	39,59	54,81	49,97
BO SE	45,19	51,89	54,20	51,57	33,55	39,82	34,69	33,73	43,43	37,60	44,08	44,50	63,54	45,91	53,94	47,20	38,77	38,82	39,80	40,12	53,10	44,27	46,95	50,48
A5			47,81	53,67	34,98	37,19	39,49	38,23	44,32	38,25	49,18	38,65			45,28	53,62	35,13	35,65	42,03	40,28	46,39	45,88	45,59	39,01
A6	48,35	42,91	44,71	49,48	38,46	45,75	38,54	41,42	43,14	39,13	47,31	40,56	64,14	43,93	47,63	48,88	37,30	42,22	41,22	46,44	49,00	46,08	56,82	42,38
A7			51,43	45,81	43,54	39,37	42,36	46,38	39,33	48,73	43,74	40,34			52,06	41,37	43,04	39,13	48,84	48,51	45,59	50,37	50,29	41,53
A8			59,03	51,18	43,29	43,33	39,66	46,71	44,31	29,67	56,26	38,92			65,04	48,13	45,70	51,40	52,60	59,67	48,23	57,65	56,11	36,25
B1			42,31	47,13	38,36	40,93	40,45	40,25	49,30	52,85	41,14	43,01			44,66	46,28	38,59	44,35	43,82	46,23	54,35	46,16	50,97	46,06
B2			36,42	50,85	38,03	45,44	40,07	41,70	46,09	43,10	46,27	43,09			37,57	45,55	36,11	49,16	46,32	43,63	48,54	45,14	43,53	43,51
B3	51,51	44,02	40,28	42,85	35,15	41,05	32,61	38,00	45,33	41,49	49,05	37,23	66,58	41,54	44,00	39,53	36,82	42,72	40,35	41,65	47,60	45,20	46,72	36,18
B4			40,19	43,38	30,73	42,29	35,04	34,00	43,00	41,41	38,52	37,35			41,12	40,84	32,84	41,77	45,68	40,31	45,69	42,66	45,93	37,81
BO NE	49,92		51,23	48,84	30,25	42,16	35,81	33,43	42,78	54,25	37,83	47,62	72,05		44,54	44,93	30,92	47,59	41,44	48,82	46,98	55,79	44,39	56,03
BO SW	49,33	55,34	47,38	48,49	35,83	42,47	34,70	36,54	39,89	33,45	39,63	42,50	65,60	50,72	64,53	47,14	34,60	41,74	40,09	41,98	40,44	34,62	41,73	50,12
B5			42,17	40,14	36,18	39,53	37,36	37,54	48,96	40,24	41,92	34,01			39,35	38,46	32,57	35,33	40,06	39,32	50,77	42,33	45,73	31,14
B6	57,68	41,65	41,57	44,17	38,82	38,13	34,81	43,20	41,54	59,22	40,44	38,62	75,20	42,46	38,71	40,29	38,77	38,85	39,57	48,13	43,89	53,37	45,73	37,97
B7			41,83	48,61	37,89	45,96	40,84	43,76	52,58	56,76	48,61	45,65			39,25	44,57	37,59	48,08	47,99	44,54	61,10	50,99	52,80	45,82
B8			42,40	41,43	42,95	41,58	34,86	39,38	38,93	54,05	31,08	40,12			42,00	39,81	41,81	38,77	38,16	44,04	43,09	56,26	49,40	40,78
K1	56,53	51,07	49,82	41,24	36,39	37,06	38,10	43,20	39,11	68,15	19,51	31,88	81,67	53,77	51,08	39,61	39,96	41,45	48,44	50,22	41,53	67,69	24,84	32,68
K2	31,86	34,36	35,18	43,93	30,36	34,68	28,30	37,38	29,45	47,85	39,55	40,27	57,11	36,71	35,41	37,29	32,80	35,79	30,73	43,52	37,36	46,68	44,60	44,64
K3	26,36	33,46	32,33	44,44	25,21	31,81	19,45	23,03	38,21	36,25	31,93	39,05	41,49	30,53	30,79	37,13	24,41	32,10	24,35	24,63	37,86	42,38	53,13	43,43
K4	62,82	47,04	57,50	55,83	49,88	46,33	37,38	50,30	45,54	60,56	33,68	49,83	89,65	54,66	61,42	62,57	56,48	52,31	52,30	59,52	59,08	58,95	61,42	58,98

Silicio – Prima della posa della piattaforma il silicio era al di sotto del limite di quantificazione nella maggior parte dei siti. Entro 60 m dalla struttura era stato rilevato in A6 (20,95 mg/kg) e in B6 (26,38 mg/kg) e nei controlli solo in K1 (11,43 mg/kg) e in K4 (34,41 mg/kg).

Durante i lavori di posa era avvenuto un forte incremento, in particolare presso la piattaforma dove il metallo aveva raggiunto valori pari a 14-18 volte la media dei controlli (33,9±13 mg/kg). Gli altri siti risultavano in linea con i riferimenti tranne B6 (valore 4 volte la media dei riferimenti).

Nel 1° post lavori tali picchi non erano stati confermati, ma complessivamente il silicio risultava maggiormente concentrato nell'area di indagine rispetto ai controlli. Nei 3 survey successivi, invece, era stato osservato un calo lungo i transetti e presso Bonaccia NW. Anche i picchi registrati in quell'intervallo di tempo erano stati ritenuti del tutto trascurabili, tranne quello registrato in BO NE nel 4° survey post lavori (tenore oltre 2,5 volte la media dei riferimenti). Nel 5° survey erano stati osservati comportamenti diversi tra i siti, ma in generale le concentrazioni nell'area circostante la struttura erano maggiori rispetto a quelle dei controlli. In estate 2018 e inverno 2019 (6° e 7° post lavori) mediamente il contenuto del silicio era risultato più basso attorno alla piattaforma, mentre nell'estate 2019 sono state osservate anomalie positive (B1, BO NE e BO SW) con concentrazioni (210,29, 212,89 e 224,53 mg/kg rispettivamente) circa triple rispetto alla media dei controlli (72,28±22,58 mg/kg). Tali picchi non sono stati confermati dai dati del 2020 quando, tuttavia, il silicio è incrementato in A6, A8, B2 e B3 raggiungendo valori circa doppi rispetto alla media dei controlli.

Nell'inverno 2021 è avvenuto un generale incremento in tutti i campioni, sia lungo i transetti e piattaforma, sia nei controlli. In alcuni casi l'aumento è stato modesto, in altri il valore raggiunto è pari a circa 2-3 volte quello registrato nel monitoraggio precedente. Comunque, i tenori medi (A:174,87±29,86; B: 165,81±45,54; BO: 174,35±21,16; K:181,69±57,72 mg/kg) rimangono tra loro confrontabili. Tutte queste medie sono pari oltre 7 volte quelle del pre-survey, ad indicare che l'incremento registrato è indipendente dalla presenza della piattaforma.

Come emerso in precedenza, il silicio, è caratterizzato da una elevata variabilità temporale e spaziale per cui non è possibile identificare dei trend riconducibili alla presenza di Bonaccia NW.

Vanadio – Prima della posa della piattaforma le concentrazioni del vanadio erano oscillate tra 26,36 e 62,82 mg/kg (K3 e K4 rispettivamente). Per tutta la durata del monitoraggio questo metallo ha mostrato variazioni modeste e le medie di transetti e siti BO sono sempre risultate inferiori o in linea con quelle dei riferimenti, anche nell’ultimo monitoraggio (A: 38,68±3,04; B: 39,89±3,84; BO: 44,15±2,55; K: 40,25±7,38 mg/kg). Non sono mai state rilevate anomalie positive.

Zinco – Le concentrazioni di zinco tipiche dell’area sono basse, come emerso dal pre-survey. Nè l’installazione, né la fase di estrazione hanno modificato i tenori di questo metallo. Le concentrazioni complessive, infatti, sono sempre rimaste in linea con le medie dei controlli e non sono mai state registrate anomalie positive. 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

Come anticipato nel Cap. 3.3.4., nell’inverno 2021 per due siti adiacenti alla piattaforma è stata eseguita l’estrazione sequenziale del bario per valutarne la biodisponibilità, anche se si tratta di un metallo non normato (DM 173/2016) e non essendo noto per la tossicità ambientale. Come criterio si è deciso di effettuare questo approfondimento qualora le concentrazioni rilevate fossero più che doppie rispetto alla media registrata nel pre-survey (49,07±18,07 mg/kg), evento verificatosi nell’inverno 2021 nei siti BO SE e BO NE. I risultati di questa procedura sono riportati in Tab. 3-XI. La frazione non biodisponibile ha rappresentato rispettivamente l’87% e l’80%.

Tab. 3-XI – Risultati dell’estrazione sequenziale del bario eseguita sui campioni prelevati nell’inverno 2021 che avevano presentato concentrazioni anomale. F1 = frazione scambiabile e legata ai carbonati; F2 = frazione legata agli ossidi di Fe e Mn; F3 = frazione legata alla sostanza organica e ai solfuri; Residua = frazione legata al reticolo cristallino e non biodisponibile.

	F1	F2	F3	Residua	Σ Fasi	F1	F2	F3	Residua
	mg/kg s.s.					Percentuale			
BO SE	1,58	7,88	12,84	147,73	169,93	0,9	4,6	7,5	86,9
BO NE	1,95	8,73	9,37	77,96	98,01	2,0	8,9	9,6	79,5

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Prima dell’installazione i valori entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano in un range più ristretto (tra 7400 mg/kg in BO NW e 17400 mg/kg in A6), rispetto a quello dei

controlli (fig. 3.34 e Tab. 3-XII). Il massimo registrato in K4 (30400 mg/kg) in quel monitoraggio rimane ad oggi una delle maggiori concentrazioni dell'intero periodo di studio. Durante le operazioni di posa in opera della struttura erano stati registrati evidenti incrementi presso Bonaccia NW, tanto che il tenore raggiunto in BO SW (34500 mg/kg) rappresenta il massimo assoluto dell'intero periodo di studio.

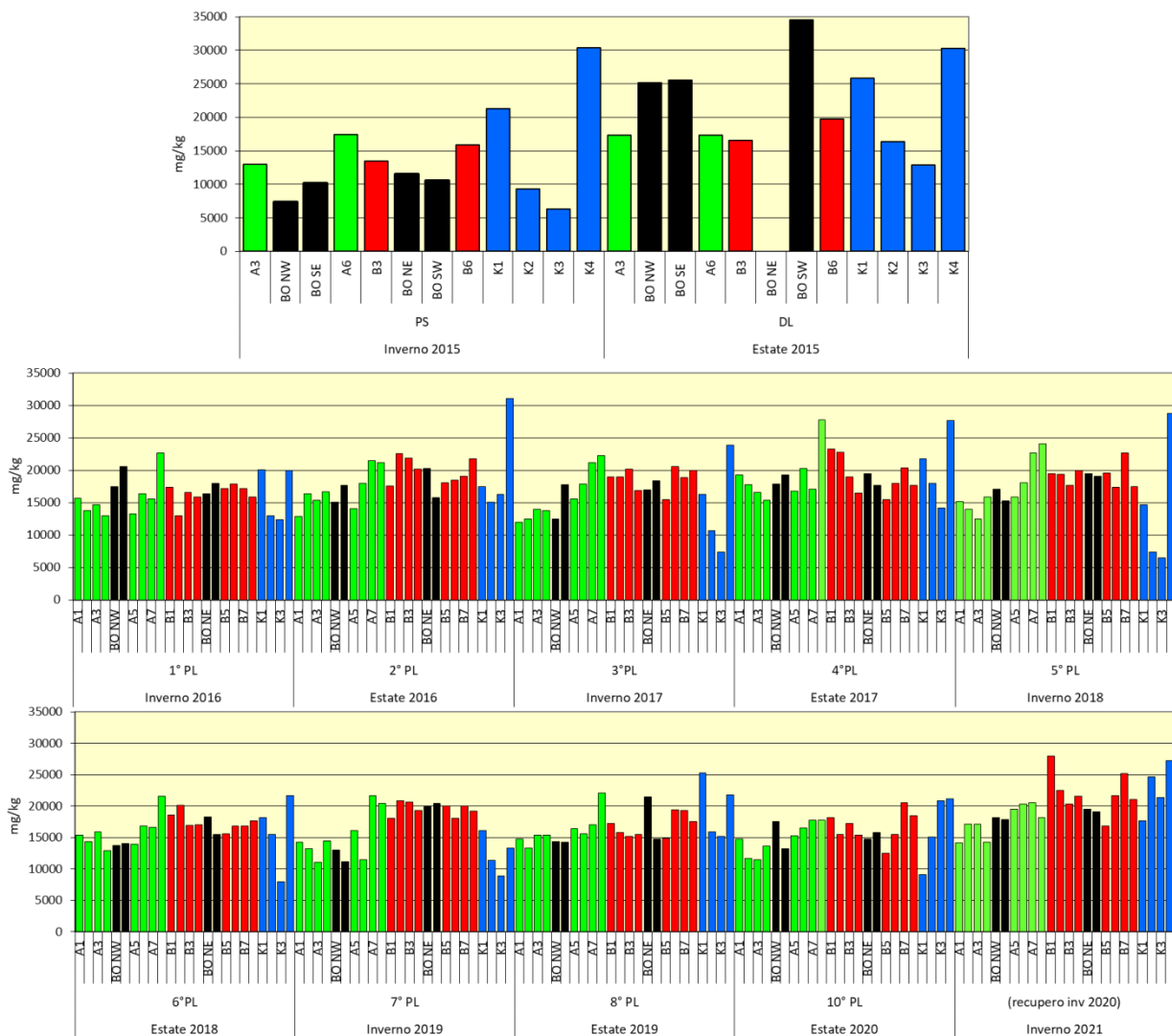


Fig. 3.34 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

Nella prima campagna post lavori si era verificata un'inversione di tendenza, con tenori complessivamente bassi e confrontabili tra transetti, controlli e siti in prossimità di

Bonaccia NW. Nell'estate 2016 (2° post lavori) i comportamenti variavano da stazione a stazione, ma le differenze rispetto all'inverno erano in generale modeste eccetto in K4, dove la sostanza organica era aumentata tornando al medesimo tenore registrato nel pre-survey. Anche nel 3° post lavori i contenuti registrati lungo i transetti rientravano nel range registrato per i controlli, compreso tra 7451 mg/kg (K3) e 23847 mg/kg (K4).

Tab. 3-XII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			15690	12934	11991	19278	15177	15408	14215	14756	14743	14137
A2			13813	16371	12473	17824	14033	14351	13254	13345	11651	17117
A3	13000	17300	14724	15387	14027	16607	12461	15849	11009	15351	11506	17121
A4			13004	16732	13808	15433	15910	12949	14464	15335	13634	14216
BO NW	7400	25200	17530	15101	12544	17942	17124	13697	13005	14324	17513	18159
BO SE	10200	25500	20626	17662	17813	19246	15269	14061	11144	14267	13255	17812
A5			13321	14132	15600	16773	15865	13913	16108	16411	15261	19498
A6	17400	17300	16444	18031	17873	20259	18119	16767	11474	15583	16496	20288
A7			15549	21485	21222	17084	22700	16575	21676	16994	17735	20515
A8			22659	21226	22295	27749	24091	21534	20423	22081	17757	18145
B1			17349	17632	18974	23309	19473	18551	18060	17208	18119	27898
B2			12991	22626	18976	22759	19388	20079	20861	15833	15429	22520
B3	13500	16600	16638	21847	20175	18995	17674	16947	20647	15118	17247	20271
B4			15897	20213	16865	16476	20019	17041	19330	15510	15344	21572
BO NE	11500		16382	20295	17026	19522	19508	18231	19858	21410	14768	19459
BO SW	10600	34500	18018	15831	18374	17689	19080	15522	20382	14755	15747	19125
B5			17229	18129	15538	15493	19600	15542	20028	14811	12519	16782
B6	15900	19700	17858	18528	20589	17980	17411	16774	18070	19373	15499	21631
B7			17162	19084	18897	20374	22723	16829	19985	19240	20491	25149
B8			15933	21743	20022	17721	17459	17633	19135	17508	18509	21084
K1	21300	25800	20063	17484	16265	21826	14683	18192	16114	25299	9044	17679
K2	9300	16400	13022	15067	10678	17964	7374	15432	11355	15867	15079	24656
K3	6300	12900	12434	16304	7451	14209	6538	7930	8926	15151	20832	21338
K4	30400	30300	20034	31043	23847	27714	28750	21661	13326	21717	21137	27189

Nell'estate 2017 (4° post lavori) era stato rilevato un incremento, lieve ovunque eccetto in A8 (27749 mg/kg) e, nuovamente, in K4 (27714 mg/kg).

Nell'inverno 2018 la sostanza organica si era ridotta tranne in B5, BO SW e K4 dove era trascurabilmente incrementata. Il diffuso calo veniva confermato, nella maggior parte dei siti, anche nell'estate 2018.

Nell'inverno 2019 i tenori erano risultati leggermente più elevati lungo B rispetto ad A, e anche i siti BO posti lungo le due direttrici del transetto B avevano presentato lo stesso

andamento. Nell'estate successiva si è verificato un aumento più o meno lieve lungo quasi tutto il transetto A, in tre siti BO e in B6, oltre che nei 4 controlli. Nell'estate 2020 è avvenuto un incremento in sei stazioni lungo i transetti poste ad almeno 60 m dalla piattaforma, in BO NW e BO SW.

La sostanza organica determinata nell'inverno 2021 è risultata mediamente confrontabile tra transetti, siti BO e controlli (A: 17629 ± 2494 ; B: 22113 ± 3300 ; BO: 18639 ± 779 ; K: 22716 ± 4125 mg/kg). In generale è avvenuto un incremento rispetto all'estate 2020 che ha interessato tutte le stazioni eccetto A1, particolarmente evidente in K1. Tutti i valori sono comunque risultati inferiori a quello registrato in K4 durante il pre-survey e a fine periodo non vi sono anomalie da segnalare.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Nell pre-survey il TOC era stato rilevato solo in K4, mentre durante i lavori di installazione era apparso diffusamente presente con valori presso i siti A, B e BO confrontabili con quelli dei controlli, dove variava tra 2350 (K3) e 5330 mg/kg (K4; Tab. 3-XIII e fig. 3.35). Nel 1° post lavori era avvenuto un diffuso decremento, anche se in alcune stazioni i tenori risultavano più che doppi rispetto alla media dei riferimenti. Nel 2° post le concentrazioni avevano esibito un'impennata, raggiungendo i picchi più elevati dell'intero periodo. Tali anomalie non sono più state confermate nei survey successivi, durante i quali i tenori hanno mostrato oscillazioni del tutto compatibili con una naturale fluttuazione.

Nell'inverno 2021 i comportamenti sono stati variabili lungo i transetti, ai controlli e presso la piattaforma come precedentemente: gli incrementi maggiori sono stati registrati nelle stazioni B2, K1 e K2 mentre A1, A8 e in particolare BO NW hanno evidenziato un deciso decremento. I valori medi di transetti e piattaforma (A: 3026 ± 418 ; B: 3033 ± 284 ; BO: 3570 ± 573 mg/kg) sono comunque rimasti confrontabili con quello dei riferimenti (3840 ± 639 mg/kg).

Tab. 3-XIII – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL
A1			3000	3050	2500	3300	2400	3000	3930	2950	3010	2510
A2			3200	2120	2550	2810	2400	2580	2990	2790	2590	3020
A3	<loq	4200	540	3050	2480	2495	2500	2920	3110	3420	2440	2760
A4			1900	4850	2220	2455	2200	2540	2720	2560	2460	2570
BO NW	<loq	3920	3000	7710	2640	2475	2500	2730	2380	2520	3920	3090
BO SE	<loq	3110	1400	5080	2330	2835	2300	2580	3210	2200	2710	2740
A5			2300	6330	2940	2515	2300	2400	2970	2830	2570	3160
A6	<loq	4080	1400	3430	3210	2995	2600	3130	3360	2830	3040	3290
A7			1100	4120	4270	2705	3300	3690	4630	2810	3480	3790
A8			1700	8920	2650	4305	3500	4840	3360	3890	3600	3110
B1			2400	3130	2610	3255	2700	3520	4130	2630	3700	4130
B2			3000	3450	3200	3215	2700	2920	3340	2700	2820	4020
B3	<loq	3900	3100	3480	2180	2740	3300	3140	3130	2610	3090	3000
B4			3000	3390	1900	2755	3200	2750	3270	2020	3180	3340
BO NE	<loq		2800	1960	3190	2475	2900	3910	2310	2440	2670	2900
BO SW	<loq	4910	790	2460	2700	2460	3000	2670	2440	1880	2870	3400
B5			1100	8810	1920	2500	3000	2410	3400	2060	2440	2600
B6	<loq	3970	1600	4010	3070	3050	2900	3110	2940	3070	2890	3400
B7			2600	3080	2990	3235	3100	2900	4820	2730	3820	4060
B8			2700	3230	4350	2410	2900	3160	3040	3020	3600	4010
K1	<loq	4560	960	5400	2260	3525	3300	4050	2630	4600	1370	2930
K2	<loq	3530	470	5540	1780	2767	2200	3200	2280	2440	2730	4210
K3	<loq	2350	1500	6270	1940	2045	1700	1340	2370	2250	4080	3870
K4	1900	5330	2200	3740	3290	3560	3300	4550	4860	3270	4000	4350

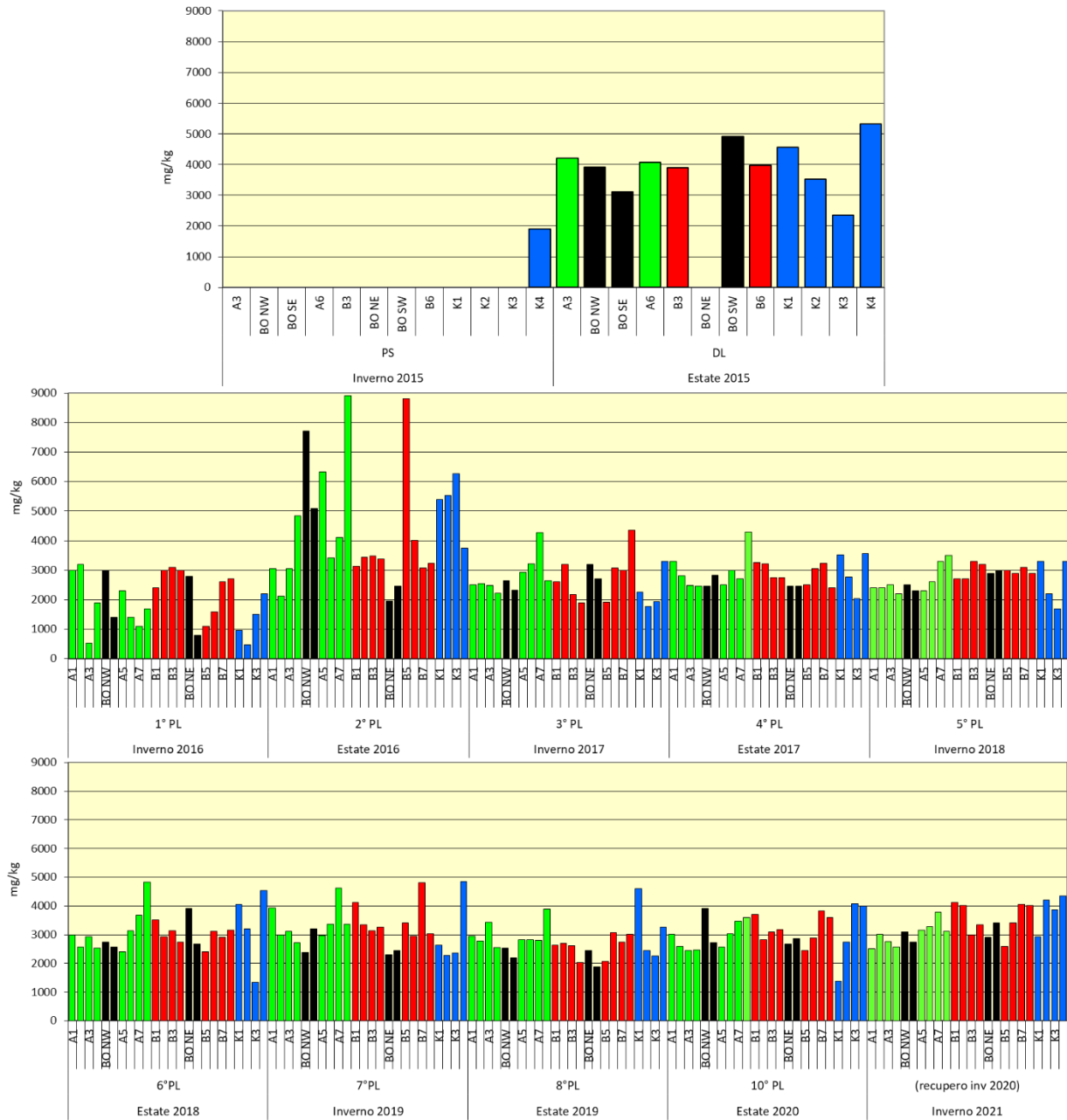


Fig. 3.35 - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori; PL = post lavori.

3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° survey post lavori di installazione) non è stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021 (11° post lavori).

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Nell'inverno 2021 il valore di EC50 con $K_2Cr_2O_7$ =15,40 mg/l (come cromo) (LC=14,77 e UC=15,73 mg/l) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti 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 nell'11° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XIV, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) misurati nell'elutriato. In nessun campione è emersa la presenza di tossicità.

Tab. 3-XIV - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nell'11° 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	8,42	-0,37	≥ 90	≥ 100	Assente
A4	35	8,41	3,90	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NW	35	8,29	3,53	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SE	35	8,34	5,38	≥ 90	≥ 100	Assente
A5	34	8,44	1,86	≥ 90	≥ 100	Assente
A6	35	8,35	3,71	≥ 90	≥ 100	Assente
B3	35	8,44	-0,74	≥ 90	≥ 100	Assente
B4	35	8,46	-2,78	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NE	35	8,44	4,08	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SW	33	8,36	7,05	≥ 90	≥ 100	Assente
B5	34	8,34	2,78	≥ 90	≥ 100	Assente
B6	34	8,34	1,67	≥ 90	≥ 100	Assente
K1	34	8,37	1,48	≥ 90	≥ 100	Assente
K2	34	8,46	0,37	≥ 90	≥ 100	Assente
K3	33	8,40	-2,97	≥ 90	≥ 100	Assente
K4	32	8,42	2,78	≥ 90	≥ 100	Assente

Confronto con i survey precedenti – In tutto il periodo non è mai stata rilevata tossicità (Tab. 3-XV).

Tab. 3-XV – Risultati del test di tossicità eseguito con *D. tertiolecta* nell'intero periodo di indagine. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS I 2015	DL E 2015	1° PL I 2016	2° PL E 2016	3° PL I 2017	4° PL E 2017	5° PL I 2018	6° PL E 2018	7° PL I 2019	8° PL E 2019	10° PL E 2020	11° PL I 2021
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente	Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente	Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente	Assente
B5									Assente	Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.2. VIBRIO FISCHERI (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'inverno 2021 il valore di EC50 (15') = 10,26 mg/l (LC=9,22 e UC=11,43) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati del saggio condotto nell'11° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XVI, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) degli elutriati. Non è stata rilevata alcuna tossicità.

Tab. 3-XVI - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* effettuato su gli elutriati dei campioni di sedimenti prelevati nell'11° survey post lavori. In rosso i siti in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Salinità (‰)	pH	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
A3	34	8,42	-19,82	-5,58	≥90	≥90	Assente
A4	35	8,41	-10,33	-6,92	≥90	≥90	Assente
BO NW	35	8,29	-9,54	-9,57	≥90	≥90	Assente
BO SE	35	8,34	-6,19	-6,80	≥90	≥90	Assente
A5	34	8,44	-23,36	-23,33	≥90	≥90	Assente
A6	35	8,35	-7,39	-7,19	≥90	≥90	Assente
B3	35	8,44	-2,86	-3,45	≥90	≥90	Assente
B4	35	8,46	-3,51	-4,16	≥90	≥90	Assente
BO NE	35	8,44	-5,41	-5,47	≥90	≥90	Assente
BO SW	33	8,36	-19,68	-19,35	≥90	≥90	Assente
B5	34	8,34	1,18	0,53	≥90	≥90	Assente
B6	34	8,34	-12,55	-13,10	≥90	≥90	Assente
K1	34	8,37	-17,66	-18,05	≥90	≥90	Assente
K2	34	8,46	-16,06	-16,82	≥90	≥90	Assente
K3	33	8,40	-18,43	-17,68	≥90	≥90	Assente
K4	32	8,42	0,10	-0,68	≥90	≥90	Assente

Confronto con i survey precedenti – In tutto il periodo non è mai stata rilevata tossicità (Tab. 3-XVII).

Tab. 3-XVII – Risultati del test di tossicità eseguito con *V. fischeri* nell'intero periodo di indagine. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS I 2015	DL E 2015	1° PL I 2016	2° PL E 2016	3° PL I 2017	4° PL E 2017	5° PL I 2018	6° PL E 2018	7° PL I 2019	8° PL E 2019	10° PL E 2020	11° PL I 2021
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente	Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente	Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente	Assente
B5									Assente	Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC – Nell'11° survey post lavori di installazione la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) $LC_{50} = 3,24$ ($LC = 2,96$ mg/l e $UC=3,54$ 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-XVIII sono riportati i principali parametri dell'acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Risultati del test – Nell'inverno 2021 non è stata rilevata alcuna tossicità (Tab. 3-XIX).

Confronto con i survey precedenti – Nell'arco dell'indagine la tossicità è sempre stata pressoché assente o quasi esclusivamente limitata ai controlli (Tab. 3-XX). Nell'inverno 2019 si era verificato un peggioramento nell'area circostante la piattaforma che aveva portato a una tossicità alta nei siti B4 e BO NE, ad una tossicità media in B5 e, per la prima volta, ad una tossicità bassa in BO SE. Ricompariva inoltre una bassa tossicità in A6. Tali condizioni non sono confermate dai dati degli ultimi tre survey in cui è avvenuto il ripristino delle condizioni iniziali.

Tab. 3-XVIII – Parametri chimici e fisici dell’acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all’inizio e alla fine del test relativo all’11° survey post lavori. In rosso i 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	8,21	0,5	>85	14±1	36	8,23	0-0,5	> 85
A3		36	8,30	0,5			37	8,29	0	
A4		36	8,36	0,5			37	8,32	0	
BO NW		36	8,24	0			37	8,26	0	
BO SE		36	8,29	0,5			36	8,21	0-0,5	
A5		36	8,35	0			36	8,30	0	
A6		36	8,32	0			37	8,29	0	
B3		36	8,33	0			36	8,26	0	
B4		36	8,34	0,5			36	8,35	0	
BO NE		36	8,38	0			36	8,31	0	
BO SW		36	8,29	0			36	8,24	0	
B5		36	8,34	0,5			37	8,30	0	
B6		36	8,29	0			36	8,33	0	
K2		35	8,30	0			36	8,30	0	
K3		36	8,32	0			36	8,34	0	
K4		36	8,39	0			36	8,32	0	
K4	36	8,35	0	36	8,29	0				

Tab. 3-XIX - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservata nel test di tossicità acuta relativo all’11° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± incertezza)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	0 ± 0,00	0	-
A3	100	7 ± 3,83	7	Assente
A4	100	8 ± 4,62	8	Assente
BO NW	100	13 ± 2,39	13	Assente
BO SE	100	12 ± 1,30	12	Assente
A5	100	8 ± 4,62	8	Assente
A6	100	7 ± 3,83	7	Assente
B3	100	8 ± 3,27	8	Assente
B4	100	7 ± 3,83	7	Assente
BO NE	100	10 ± 5,16	10	Assente
BO SW	100	11 ± 6,83	11	Assente
B5	100	7 ± 3,83	7	Assente
B6	100	11 ± 3,27	11	Assente
K1	100	3 ± 2,00	3	Assente
K2	100	4 ± 3,27	4	Assente
K3	100	3 ± 2,00	3	Assente
K4	100	5 ± 3,83	5	Assente

Tab. 3-XX – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. orientale* nell'intero periodo. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS I 2015	DL E 2015	1° PL I 2016	2° PL E 2016	3° PL I 2017	4° PL E 2017	5° PL I 2018	6° PL E 2018	7° PL I 2019	8° PL E 2019	10° PL E 2020	11° PL I 2021
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Alta	Assente	Assente	Assente
BO NE									Alta	Bassa	Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente	Assente
B5									Media	Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito nell'inverno 2021 un valore dell'EC₅₀ di 10,05 µg/l di Cu (LC=9,46 e UC=10,67), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La % media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (88±0,58%) è risultata conforme, essendo >80%.

Risultati del saggio – Nell'inverno 2021 è stata rilevata tossicità solo da BO NW ad A6, media nel primo sito e bassa negli altri, e in BO SW (Tab. 3-XXI).

Confronto con i survey precedenti – La tossicità ha presentato evidenti variazioni spaziali e temporali in tutti i siti monitorati, inclusi i controlli (Tab. 3-XXII). Già durante i lavori di posa era stata rilevata tossicità bassa (A3) e media (A6), fatto registrato però anche nei controlli e pertanto non riconducibile unicamente alle operazioni in corso.

Nell'inverno 2016 si era verificato un peggioramento in alcuni siti, tra cui K2 e K3. Nell'estate successiva si evidenziava un miglioramento in due controlli e uno, più accentuato, in A3. Dall'inverno 2017 all'estate 2018 le variazioni sono apparse trascurabili, mentre nell'inverno 2019 la tossicità, quasi ovunque bassa, è apparsa più diffusa, soprattutto attorno alla piattaforma; un ulteriore peggioramento è stato evidenziato in estate quando tutte le stazioni campionate inclusi i controlli hanno presentato tossicità, e per la prima volta è stato rilevato un alto grado di tossicità che ha riguardato A5 e BO NE.

Tab. 3-XXI - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nell'11° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		88 \pm 0,58	12	0			
A3	100	71 \pm 1,00	29	20	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	81 \pm 2,00	21	11			
	25	85 \pm 1,53	14	3			
A4	100	54 \pm 2,00	23	13	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	70 \pm 1,53	19	8			
	25	83 \pm 1,53	15	3			
BO NW	100	0 \pm 0,00	100	100	28,8	41,4	Media
	50	34 \pm 2,08	66	61			
	25	72 \pm 1,53	28	19			
BO SE	100	62 \pm 1,53	38	30	56,6	≥ 100	Bassa
	50	70 \pm 0,58	30	21			
	25	83 \pm 1,53	17	6			
A5	100	61 \pm 1,00	46	39	50,9	≥ 100	Bassa
	50	69 \pm 2,08	30	21			
	25	84 \pm 1,53	17	6			
A6	100	77 \pm 1,00	39	31	56,4	≥ 100	Bassa
	50	80 \pm 2,00	31	22			
	25	86 \pm 0,58	16	5			
B3	100	73 \pm 1,53	23	13	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	80 \pm 1,53	20	9			
	25	85 \pm 1,00	14	2			
B4	100	72 \pm 1,55	27	18	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	79 \pm 1,53	20	9			
	25	85 \pm 1,73	15	4			
BO NE	100	77 \pm 1,00	23	13	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	80 \pm 1,15	20	9			
	25	85 \pm 1,15	15	3			
BO SW	100	68 \pm 1,53	32	23	86,8	≥ 100	Bassa
	50	78 \pm 2,08	22	11			
	25	85 \pm 1,73	15	4			
B5	100	75 \pm 1,15	28	19	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	80 \pm 1,53	21	11			
	25	86 \pm 0,58	15	4			
B6	100	76 \pm 1,15	25	15	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	81 \pm 1,53	20	9			
	25	86 \pm 1,53	14	3			
K1	100	76 \pm 1,53	24	14	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	81 \pm 2,00	19	8			
	25	86 \pm 1,53	14	3			
K2	100	75 \pm 1,53	25	15	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	80 \pm 2,00	20	9			
	25	83 \pm 1,53	15	4			
K3	100	76 \pm 1,53	24	14	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	81 \pm 1,73	19	8			
	25	85 \pm 1,53	15	3			
K4	100	76 \pm 1,53	24	14	≥ 90	≥ 100	Assente
	50	81 \pm 2,08	19	9			
	25	85 \pm 2,00	15	4			

Al contrario, in estate 2020 è avvenuto un miglioramento generalizzato che ha portato all'assenza di tossicità in diverse stazioni sia lungo i transetti che a ridosso della piattaforma (eccetto BO SE) e in due controlli. Nell'ultimo survey è continuato il miglioramento lungo l'asse NE – SW e ai controlli, oltre che a NW della piattaforma ad almeno 30 m di distanza. Permane uno stato ancora non ottimale altrove.

Tab. 3-XXII – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. gigas* nell'intero periodo di indagine. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS I 2015	DL E 2015	1° PL I 2016	2° PL E 2016	3° PL I 2017	4° PL E 2017	5° PL I 2018	6° PL E 2018	7° PL I 2019	8° PL E 2019	10° PL E 2020	11° PL I 2021
A3	Assente	Bassa	Media	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Assente
A4									Assente	Media	Bassa	Assente
BO NW									Bassa	Bassa	Assente	Media
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
A5									Media	Alta	Assente	Bassa
A6	Assente	Media	Media	Media	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Assente	Bassa
B3	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Media	Bassa	Assente
B4									Bassa	Bassa	Assente	Assente
BO NE									Bassa	Alta	Assente	Assente
BO SW									Bassa	Media	Assente	Bassa
B5									Bassa	Bassa	Bassa	Assente
B6	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Assente	Assente
K1	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente
K3	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa	Assente
K4	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente

3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° survey post lavori di installazione) non è stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021.

In Tab. 3-XXIII sono riportati i parametri chimico-fisici di contorno rilevati nel corso del test condotto su *H. diversicolor* sui sedimenti prelevati nell'inverno 2021. Le percentuali di mortalità degli organismi osservate nei sedimenti testati sono risultate identiche a quelle evidenziate nel controllo (Tab. 3-XXIV).

Tab. 3-XXIII - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante il sedimento registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo condotto nell'inverno 2021. In rosso i siti corrispondenti alla struttura.

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	19,5 ± 1,0	34	8,21	0,5	97,5 ± 1,5	19,0 ± 1,0	35	8,22	0,4	96,0 ± 2,0
A3		34	8,20	0,5			35	8,20	0,4	
A4		34	8,20	0,5			35	8,21	0,4	
BO NW		34	8,20	0,5			35	8,20	0,4	
BO SE		34	8,20	0,5			34	8,21	0,4	
A5		34	8,23	0,5			34	8,21	0,4	
A6		34	8,22	0,5			34	8,22	0,4	
B3		34	8,21	0,5			34	8,22	0,4	
B4		34	8,21	0,5			35	8,22	0,4	
BO NE		34	8,20	0,5			34	8,20	0,4	
BO SW		34	8,20	0,5			34	8,21	0,4	
B5		34	8,21	0,5			35	8,22	0,4	
B6		34	8,20	0,5			35	8,22	0,4	
K1		34	8,22	0,5			34	8,22	0,4	
K2		34	8,21	0,5			34	8,22	0,4	
K3		34	8,20	0,5			35	8,22	0,4	
K4		34	8,20	0,5			35	8,22	0,4	

Tab. 3-XXIV - 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 nel corso della campagna invernale del 2021. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti al sito del pozzo.

campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
A3	20	10,0
A4	20	10,0
BO NW	20	10,0
BO SE	20	10,0
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

3.5.1. RICERCA DI METALLI PESANTI

In Tab. 3-XXV 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 2021, mentre la Tab. 3-XXVI 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 stata rilevata una leggera tendenza all'accumulo di **cadmio**, **nichel** e **zinco** in uno o più siti BO e di **cadmio**, più accentuato, in B5. Il bioaccumulo di **bario** invece, non quantificabile percentualmente poiché non rilevabile nel bianco, è stato osservato esclusivamente nell'area circostante Bonaccia NW. Le concentrazioni di questo metallo nei policheti sono comunque risultate dimezzate rispetto al campionamento precedente. Anche il bioaccumulo di **romo** e **vanadio** non è quantificabile essendo il metallo non rilevabile nel bianco, ma in questo caso interessa anche i siti di controllo dove è stato rilevato in quantitativi del tutto confrontabili con quelli dei siti BO e dei transetti. Tutti gli altri metalli ricercati o non sono stati rilevati, o hanno presentato negli organismi testati sui

sedimenti campionati concentrazioni inferiori a quelle del bianco.

Tab. 3-XXV - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nell'11° 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.	0,04	n.r.	13,0	340,8	1,8	n.r.	0,55	75,0	n.r.	170,0	0,085
Controllo	n.r.	7,1	n.r.	0,06	n.r.	18,5	435,7	2,0	n.r.	0,71	81,0	n.r.	163,0	0,088
A3	n.r.	5,9	1,3	0,05	3,1	13,8	355,5	1,8	n.r.	0,57	78,1	0,32	177,2	0,080
A4	n.r.	7,0	1,1	0,04	3,2	14,1	353,8	1,7	n.r.	0,54	78,4	0,29	176,2	0,073
BO NW	n.r.	7,4	11,1	0,04	5,4	15,2	353,7	1,7	n.r.	0,58	75,4	0,27	218,5	0,071
BO SE	n.r.	7,5	11,0	0,05	5,4	15,5	362,0	1,8	n.r.	0,53	77,0	0,31	212,6	0,080
A5	n.r.	6,9	1,0	0,04	3,1	13,2	351,8	1,6	n.r.	0,52	78,1	0,26	175,2	0,080
A6	n.r.	6,3	1,6	0,04	3,4	13,3	324,6	1,7	n.r.	0,57	79,9	0,29	159,0	0,086
B3	n.r.	5,9	2,0	0,04	3,8	13,7	387,1	1,8	n.r.	0,56	78,4	0,29	141,8	0,087
B4	n.r.	6,6	2,0	0,04	4,2	12,0	368,8	1,9	n.r.	0,58	71,0	0,29	141,8	0,087
BO NE	n.r.	7,4	11,0	0,05	5,3	14,4	359,6	1,9	n.r.	0,62	73,2	0,31	215,1	0,073
BO SW	n.r.	7,5	11,0	0,05	5,4	15,2	361,7	2,2	n.r.	0,55	75,3	0,31	202,3	0,078
B5	n.r.	7,6	1,9	0,07	3,5	13,5	362,3	2,0	n.r.	0,53	77,2	0,44	138,1	0,091
B6	n.r.	7,4	2,2	0,04	4,1	12,6	378,4	2,0	n.r.	0,57	70,3	0,29	139,5	0,090
K1	n.r.	6,5	n.r.	0,04	4,1	13,2	358,9	1,9	n.r.	0,58	60,5	0,29	161,8	0,087
K2	n.r.	6,5	n.r.	0,03	4,1	12,1	347,3	1,8	n.r.	0,52	68,7	0,24	142,0	0,070
K3	n.r.	6,2	n.r.	0,04	3,9	12,5	389,4	1,7	n.r.	0,53	75,1	0,30	145,8	0,085
K4	n.r.	5,5	n.r.	0,04	3,5	12,1	355,9	1,9	n.r.	0,52	78,3	0,30	153,4	0,080

Tab. 3-XXVI - 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 evidenziate i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	nc	8	nc	50	nc	42	28	11	nc	29	8	nc	-4	4
A3	nc	-11	nc	25	nc	6	4	0	nc	4	4	nc	4	-6
A4	nc	6	nc	0	nc	8	4	-6	nc	-2	5	nc	4	-14
BONW NW	nc	12	nc	0	nc	17	4	-6	nc	5	1	nc	29	-16
BONW SE	nc	14	nc	25	nc	19	6	0	nc	-4	3	nc	25	-6
A5	nc	5	nc	0	nc	2	3	-11	nc	-5	4	nc	3	-6
A6	nc	-5	nc	0	nc	2	-5	-6	nc	4	7	nc	-6	1
B3	nc	-11	nc	0	nc	5	14	0	nc	2	5	nc	-17	2
B4	nc	0	nc	0	nc	-8	8	6	nc	5	-5	nc	-17	2
BONW NE	nc	12	nc	25	nc	11	6	6	nc	13	-2	nc	27	-14
BONW SW	nc	14	nc	25	nc	17	6	22	nc	0	0	nc	19	-8
B5	nc	15	nc	75	nc	4	6	11	nc	-4	3	nc	-19	7
B6	nc	12	nc	0	nc	-3	11	11	nc	4	-6	nc	-18	6
K1	nc	-2	nc	0	nc	2	5	6	nc	5	-19	nc	-5	2
K2	nc	-2	nc	-25	nc	-7	2	0	nc	-5	-8	nc	-16	-18
K3	nc	-6	nc	0	nc	-4	14	-6	nc	-4	0	nc	-14	0
K4	nc	-17	nc	0	nc	-7	4	6	nc	-5	4	nc	-10	-6

Confronto con i survey precedenti - **Alluminio** e **indio** non sono mai stati rilevati in tutti i sedimenti testati (Tab. 3-XXVII). Una situazione analoga riguarda il **romo** e il **vanadio**; questi due metalli, infatti, sono sempre risultati non rilevabili eccetto nell'ultimo monitoraggio in cui sono risultati presenti nei policheti testati in tutti i sedimenti inclusi i controlli in concentrazioni molto basse ma, essendo non rilevabili nel bianco, per essi non è possibile fornire una stima del bioaccumulo. **Cadmio**, **rame**, **ferro**, **piombo** e **silicio** sono risultati bioaccumulati nei policheti solo sporadicamente, mentre il bioaccumulo di **zinco**, raro anch'esso sino al 3° anno post lavori di installazione della piattaforma, nel 4° anno è risultato diffuso sia nell'area circostante la piattaforma, soprattutto lungo la direttrice NW-SE, sia in uno o due controlli. Nell'ultimo anno il fenomeno è apparso circoscritto ai soli siti adiacenti la piattaforma. Il **bario**, risultato non rilevabile sino al 2018, dal 2019 sino a fine indagine è comparso esclusivamente lungo i transetti e nei siti BO (solo in estate 2019 anche in due controlli) e tale situazione sembra esclusivamente correlabile alla piattaforma. Comunque, come già detto, nell'inverno 2021 le concentrazioni con cui è stato rilevato sono modeste e tra le più basse rispetto alle precedenti. L'**arsenico** e il **mercurio** hanno mostrato nel tempo un bioaccumulo diffuso ovunque, il primo a partire dalla fase di produzione della piattaforma, il secondo già dal pre-survey. A fine periodo il fenomeno è praticamente scomparso per entrambi i metalli. Infine, il **nicel** è risultato diffusamente accumulato sino al 5° survey post lavori di installazione per poi ridurre drasticamente l'impatto sugli organismi.

3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXVIII sono riportati i valori dei biomarker analizzati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e nell'inverno 2021.

3.5.2.1 Micronuclei

I risultati al test dei micronuclei hanno evidenziato una distribuzione di frequenze di micronuclei nei celomociti omogenea tra i siti investigati nell'inverno 2021 (fig. 3.36 e Tab. 3-XXIX), analogamente a quanto osservato nelle stagioni precedenti. La distribuzione osservata indica una 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 (Molledo *et al.*, 2019).

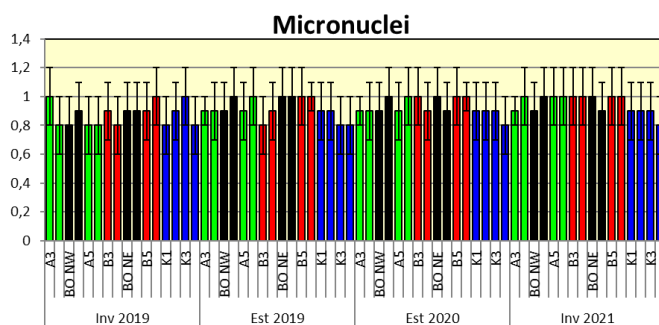


Fig. 3.36 - Valori medi (\pm dev.st.) delle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXIX - Analisi statistica associata alle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

Tab. 3-XXVIII - Risultati degli indici subletali di stress (\pm dev.st.) evidenziati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019, in estate 2020 e in inverno 2021. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

INVERNO 2019	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 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2
Catalasi	μ mol/min/mg di prot	58,6 \pm 10,4	61,5 \pm 9,0	50,0 \pm 5,0	54,0 \pm 4,0	61,5 \pm 9,0	60,5 \pm 9,0	50,0 \pm 4,0	52,0 \pm 5,0	51,0 \pm 4,5	53,5 \pm 6,0	54,0 \pm 4,0	58,6 \pm 10,4	60,5 \pm 9,0	54,0 \pm 4,0	58,6 \pm 10,4	60,5 \pm 9,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	30,2 \pm 5,1	31,2 \pm 4,0	30,2 \pm 9,5	31,2 \pm 6,5	31,2 \pm 4,0	31,2 \pm 4,8	22,2 \pm 4,6	23,2 \pm 5,6	33,1 \pm 7,7	31,2 \pm 6,8	27,2 \pm 4,6	44,5 \pm 6,4	27,2 \pm 4,6	22,2 \pm 8,6	26,2 \pm 7,6	22,2 \pm 5,6
Stabilità lisosmiale	min	102,0 \pm 10,0	88,5 \pm 7,0	78,9 \pm 8,0	75,9 \pm 8,0	88,5 \pm 7,0	100,5 \pm 7,5	75,9 \pm 8,0	71,9 \pm 9,0	97,9 \pm 9,0	92,9 \pm 7,0	75,9 \pm 8,0	101,0 \pm 7,0	99,5 \pm 8,5	75,9 \pm 8,0	105,0 \pm 5,0	100,5 \pm 7,5
Attività mitocondriale	Intensità/ μ m ²	81 \pm 12,0	71 \pm 12,0	79,2 \pm 6,1	50,2 \pm 5,1	71 \pm 12,0	76 \pm 12,0	86 \pm 11,0	82 \pm 15,0	80,2 \pm 6,7	80,5 \pm 6,1	86 \pm 12,0	50,1 \pm 4,0	76 \pm 12,0	88,1 \pm 12,0	91,0 \pm 9,2	83,5 \pm 11,0
Metallotioneine	μ g/mg prot	20,4 \pm 2,8	14,8 \pm 3,0	30,2 \pm 2,5	27,8 \pm 1,5	14,8 \pm 3,0	12,8 \pm 3,0	11,8 \pm 1,1	10,8 \pm 2,1	29,4 \pm 5,5	26,8 \pm 1,6	14,8 \pm 2,1	21,8 \pm 1,8	10,8 \pm 0,5	11,8 \pm 1,5	12,8 \pm 2,3	7,8 \pm 1,1
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/ μ m ²	41,1 \pm 2,5	31,3 \pm 1,0	39,1 \pm 6,5	40,1 \pm 5,5	31,3 \pm 1,0	36,3 \pm 1,9	47,0 \pm 2,1	47,3 \pm 2,4	41,1 \pm 6,5	38,1 \pm 6,7	45,1 \pm 2,8	37,0 \pm 3,5	40,5 \pm 7,5	38,0 \pm 7,5	39,1 \pm 2,1	57,5 \pm 1,3

ESTATE 2019	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 %	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2
Catalasi	μ mol/min/mg di prot	55,2 \pm 10,4	66,5 \pm 9,0	55,1 \pm 5,3	59,2 \pm 4,2	62,5 \pm 9,1	61,6 \pm 9,5	57,2 \pm 4,0	57,0 \pm 8,0	56,2 \pm 4,5	57,2 \pm 6,1	65,0 \pm 12,0	65,6 \pm 12,4	61,9 \pm 10,0	59,0 \pm 8,0	59,9 \pm 11,4	61,2 \pm 11,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	31,2 \pm 7,1	32,2 \pm 5,3	35,7 \pm 8,5	34,1 \pm 6,6	36,2 \pm 7,5	33,1 \pm 5,4	30,9 \pm 5,6	29,8 \pm 7,6	33,1 \pm 8,7	33,2 \pm 8,2	31,5 \pm 6,6	34,5 \pm 6,4	37,2 \pm 7,2	32,2 \pm 7,4	36,1 \pm 6,5	33,5 \pm 7,5
Stabilità lisosmiale	min	100,0 \pm 15,5	105,4 \pm 5,5	82,5 \pm 8,0	81,5 \pm 9,0	95,9 \pm 6,5	101,5 \pm 9,1	84,9 \pm 9,5	82,5 \pm 9,0	87,5 \pm 8,5	90,5 \pm 7,5	83,5 \pm 6,5	95,5 \pm 7,5	105,5 \pm 9,5	100,5 \pm 9,0	103,0 \pm 8,0	101,5 \pm 8,0
Attività mitocondriale	Intensità/ μ m ²	71,5 \pm 10,0	72,0 \pm 11,5	60,2 \pm 6,9	71,3 \pm 5,3	73,2 \pm 13,0	75,8 \pm 11,0	81,5 \pm 11,5	84,5 \pm 14,0	76,2 \pm 7,7	81,5 \pm 8,1	83,5 \pm 13,0	75,1 \pm 4,9	73 \pm 16,5	86,1 \pm 12,8	81,0 \pm 9,9	80,2 \pm 12,0
Metallotioneine	μ g/mg prot	22,2 \pm 5,8	18,3 \pm 4,5	31,5 \pm 2,5	29,5 \pm 1,4	16,7 \pm 5,5	16,6 \pm 5,5	17,8 \pm 3,0	15,7 \pm 4,2	30,8 \pm 5,3	29,7 \pm 1,6	16,7 \pm 5,5	22,5 \pm 4,5	14,5 \pm 3,5	15,0 \pm 4,5	16,5 \pm 5,3	14,5 \pm 5,0
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/ μ m ²	11,1 \pm 2,8	15,3 \pm 2,0	11,1 \pm 7,3	32,0 \pm 5,5	21,3 \pm 2,8	25,3 \pm 2,3	17,0 \pm 3,3	17,3 \pm 2,4	11,2 \pm 6,4	18,1 \pm 6,3	15,1 \pm 2,8	27,0 \pm 5,5	11,5 \pm 6,6	18,0 \pm 7,3	19,1 \pm 5,6	17,5 \pm 6,7

Tab. 3-XXVIII - Continuo.

ESTATE 2020	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 %	0,9±0,1	0,9±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,1	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2
Catalasi	μmol/min/mg di prot	53,9±9,5	55,1±11,0	58,2±5,0	61,0±5,5	60,0±8,0	63,1±8,9	59,3±7,2	58,5±9,5	55,0±6,1	59,0±5,5	62,0±10,5	61,0±10,0	60,0±8,5	55,8±9,0	57,0±10,0	63,7±9,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	28,0±8,4	29,0±6,0	25,6±7,8	28,0±5,6	26,9±8,1	25,5±8,0	29,3±6,1	31,0±6,6	26,1±7,8	30,0±9,0	29,4 ±4,7	29,0±7,7	27,8±6,9	27,6±6,9	26,4±7,1	28,7±6,1
Stabilità lisosmiale	min	90,5±11,0	92,3±11,9	80,0±6,0	79,0±5,0	92,9±6,5	90,4±8,7	89,9±6,5	89,1±9,8	85,0±5,1	81,0±8,1	90,2±6,0	90,1±6,9	99,9±9,7	98,5±9,5	99,1±8,5	89,5±8,0
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	81,5±9,0	84,0±8,5	77,2±5,8	80,3±5,3	81,2±11,0	80,8±12,0	83,5±9,5	79,5±13,0	78,2±7,7	83,5±11,1	83,5±13,0	85,1±8,9	84±14,5	82,0±10,8	81,0±11,9	81,2±13,0
Metallotioneine	μg/mg prot	24,2±5,4	20,3±5,4	34,5±3,5	31,5±3,4	19,7±5,7	18,6±5,6	16,8±3,9	16,7±5,7	32,8±5,3	30,7±4,4	17,7±5,9	24,5±5,5	12,5±4,5	13,0±5,5	15,5±6,3	15,5±5,0
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	13,3±3,8	14,6±2,0	13,1±7,3	21,0±5,5	11,8±3,8	16,3±4,3	16,3±4,3	16,5±5,4	14,2±6,0	16,5±6,3	16,0±5,8	17,4±5,5	12,4±6,6	16,2±6,5	18,5±6,4	17,5±5,3

INVERNO 2021	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 %	0,9±0,1	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2
Catalasi	μmol/min/mg di prot	57,9±8,3	53,1±9,0	61,2±6,9	60,0±8,3	62,0±7,1	62,1±7,3	60,3±6,9	59,5±8,5	58,0±8,3	55,0±7,9	60,0±9,5	63,0±9,0	61,0±9,5	56,8±11,0	56,0±11,0	60,7±8,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	19,0±6,4	17,0±6,6	16,6±5,8	17,0±7,6	15,9±7,9	16,5±8,3	18,3±8,5	23,0±6,7	17,8 ±8,8	21,0±7,0	17,4 ±5,6	18,0±6,5	16,8±7,3	15,6±7,3	17,4±6,8	19,7±7,0
Stabilità lisosmiale	min	92,7±10,0	94,1±9,8	70,4±8,5	65,0±5,5	90,1±7,8	92,3±6,9	99,7±7,8	93,8±8,6	73,1±7,7	84,3±9,1	89,7±8,2	93,0±8,2	94,9±11,9	99,8±8,5	99,1±9,5	95,4±9,9
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	97,8±8,0	100,8±9,5	92,6±6,7	96,3±4,3	97,4±10,0	96,9±11,0	100,2±8,5	95,4±11,0	93,8±5,7	100,2±8,1	100,2±10,0	102,1±9,9	100,8±10,5	98,4±11,8	97,2±12,9	97,4±10,0
Metallotioneine	μg/mg prot	23,2±5,3	22,3±5,2	31,0±4,5	30,5±5,4	21,7±5,6	20,3±5,2	19,8±4,4	20,5±5,2	30,8±5,9	31,7±4,9	19,7±5,0	22,3±5,2	16,3±5,5	15,0±5,0	14,2±6,1	16,0±4,2
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	16,7±6,3	15,7±4,4	19,1±4,5	17,8±3,2	14,7±5,9	17,8±7,9	15,7±5,7	15,0±5,8	15,3±5,3	14,8±6,0	14,5±4,8	16,2±4,0	14,0±5,5	14,4±6,0	16,0±7,2	15,4±6,4

3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi misurata nei tessuti dei policheti nell'inverno 2021 è risultata omogenea tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti prelevati (fig. 3.37 e Tab. 3-XXX) analogamente ai periodi di indagine precedenti. Le risposte biologiche 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 nella 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).

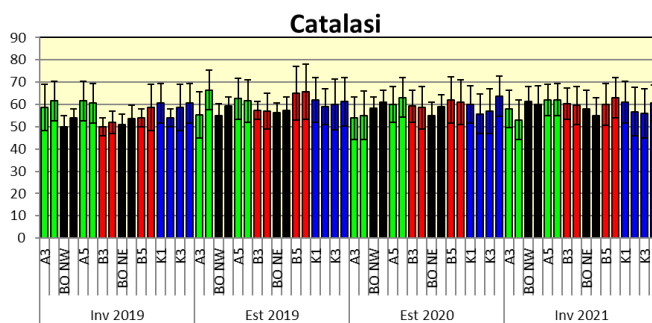


Fig. 3.37 - Attività di catalasi ($\mu\text{moli di catalasi/min/mg}^{-1}$ proteine totali estratte) associata ai tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e nell'inverno 2021.

Tab. 3-XXX - Analisi statistica associata ai livelli di attività di catalasi evidenziati nei tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutazione transferasi

L'attività della glutazione transferasi misurata nell'inverno 2021 è risultata compresa $15,6 \pm 7,8$ e $23,0 \pm 6,7$ nmol/min/mg di prot. (rispettivamente in K2 e in B4; fig. 3.38). In nessun caso si sono osservati incrementi significativi dell'attività dell'enzima (Tab. 3-XXXI) analogamente alle stagioni estive 2019 e 2020. In inverno 2019, invece, era stato evidenziato un aumento in corrispondenza di B6 rispetto a quasi tutti gli altri siti. Le risposte biologiche osservate indicano l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Questi risultati sono simili o migliori a quelli riportati per monitoraggi condotti presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Durou *et al.*, 2007; Douhri *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).

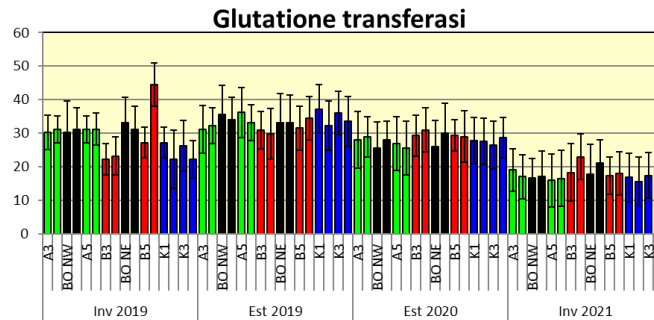


Fig. 3.38 - Valori medi dell'attività della glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteinae totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019, in estate 2020 e in inverno 2021.

Tab. 3-XXXI - Analisi statistica associata ai livelli dell'attività del glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteinae totali estratte) evidenziati nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali

Nell'inverno 2021 sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra $65,0 \pm 5,5$ min (BO SE) e $100,8 \pm 9,5$ min (A4; fig. 3.39).

Confrontando la distribuzione dei valori osservati, gli organismi esposti ai sedimenti dei siti BO NW, BO SE e BO NE hanno evidenziato una diminuzione significativa rispetto a tutti gli altri siti (Tab. 3-XXXII). Nelle due stagioni estive del 2019 e 2020 erano state rilevate differenze significative tra i siti di piattaforma e i controlli e in inverno 2019 le riduzioni rispetto a due o tre controlli avevano riguardato sempre BO SE e BO NW, oltre a B3, B4 e B5. Nel complesso i tempi osservati identificano organismi con una moderata condizione di stress, risultando tuttavia simili a quanto rilevato in altri studi (Galloway *et al.*, 2010; Ghribi *et al.*, 2019).

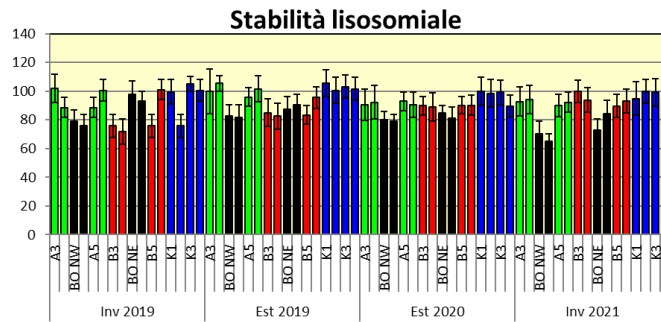


Fig. 3.39 - Valori medi dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) e associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXXII - Analisi statistica associata ai tempi medi di destabilizzazione riscontrati nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nel corso del campionamento invernale del 2021. Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

Nell'inverno 2021 i livelli medi di attività mitocondriale misurati sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti sono risultati compresi tra $92,6 \pm 6,7$ e $100,8 \pm 10,5$ Intensità/ μm^2 , osservati rispettivamente presso BO NW e K1 (fig. 3.40), dimostrandosi omogenei tra tutti i siti investigati (Tab. 3-XXXIII) come in estate 2020. Invece, nell'inverno 2019 erano state rilevate delle differenze significative tra BO SE e B6 e tutti gli altri siti, mentre nell'estate dello stesso anno il livello di attività in BO NW era significativamente inferiore rispetto a tre controlli e a 3 stazioni del transetto B.

Quanto osservato negli ultimi due campionamenti tende a indicare un ripristino della funzionalità dei mitocondri nei celomociti degli organismi esposti a tali sedimenti rispetto al 2019.

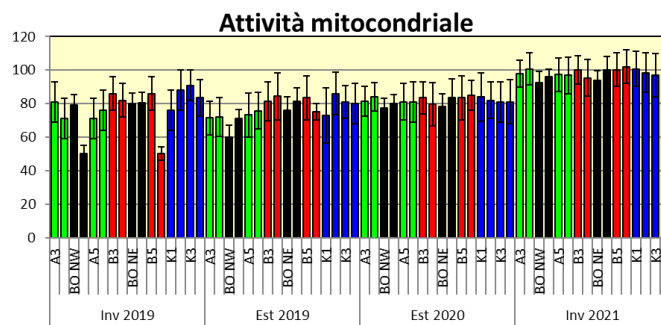


Fig. 3.40 - Valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019, in estate 2020 e in inverno 2021.

Tab. 3-XXXIII - Analisi statistica associata ai livelli medi di attività mitocondriale associata ai celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine nell'inverno 2021 sono risultati compresi tra $14,2 \pm 6,1$ (K2) e $31,7 \pm 4,9$ $\mu\text{g MT/mg}$ di tessuto nel BO SW (fig. 3.41). Confrontando i livelli si osserva un aumento presso tutti i quattro siti della piattaforma rispetto ai controlli e, in alcuni casi, ad alcuni dei transetti (Tab. 3-XXXIV), analogamente a quanto rilevato precedentemente. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per policheti presenti in aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).

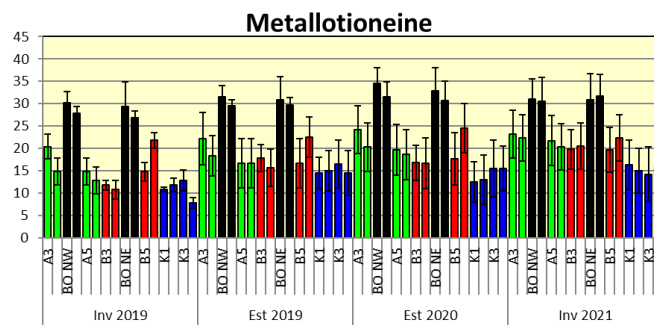


Fig. 3.41 - Valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nei due survey del 2019, in estate 2020 e in inverno 2021.

Tab. 3-XXXIV - Analisi statistica associata ai livelli medi di metallotioneine associata ai celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	*	*	*	*
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	*	*	*	*
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	*	*
BO SW					ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*	*	*
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

I livelli di composti aromatici in inverno 2021 sono risultati compresi tra $14,7 \pm 5,9$ (A5) e $19,1 \pm 4,5$ unità di densità ottica/pixel (BO NW; fig. 3.42), senza differenze statisticamente significative (Tab. 3-XXXV). Nel 2019 erano risultati significativamente differenti il controllo K4 da tutti gli altri siti e alcune stazioni posizionate lungo i transetti in inverno e BO SE in estate (eccetto che con le stazioni A6 e B6). Nell'estate 2020 erano invece appresi significativamente differenti i due valori estremi registrati in A5 e BO SE. Nel complesso, la distribuzione di valori osservata tende a ipotizzare l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi analizzati.

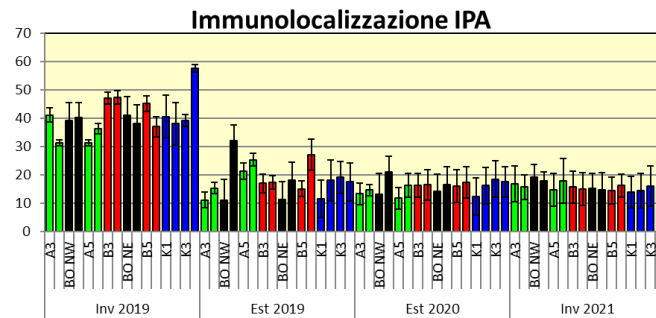


Fig. 3.42 - Valori medi (\pm dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati nel 2019, in estate 2020 e in inverno 2021.

Tab. XXXV - Analisi statistica associata ai livelli medi composti aromatici per via immunofluorescente nei tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'inverno 2021. Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo.

	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	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	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																

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

Per quanto riguarda i risultati degli inquinanti chimici, nelle tabelle e nelle figure che seguono vengono riportati tutti i risultati ottenuti nei mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW nel periodo di indagine dal 2019 fino al 2021, con particolare attenzione nella discussione dei risultati ottenuti nella stagione di campionamento invernale del 2021 in confronto a quelli delle campagne di indagine precedenti.

3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

I livelli di MOE osservati nei mitili prelevati nell'inverno 2021 appaiono tendenzialmente poco più elevati rispetto ai dati precedenti, ma non si osservano variazioni degne di nota tra i mitili di riferimento e quelli della piattaforma (fig. 3.43; Tab. 3-XXXVI). E' pertanto scomparsa l'anomalia puntiforme rilevata in estate 2020 presso il sito VA.

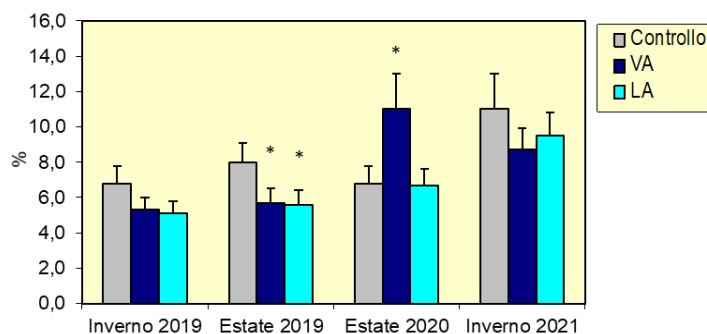


Fig. 3.43 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

Tab. 3-XXXVI - Distribuzione della MOE (% \pm dev.st.) nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
Inverno 2019	6,8 \pm 1,0	5,3 \pm 0,7	5,1 \pm 0,7
Estate 2019	8,0 \pm 1,1	5,7 \pm 0,8	5,6 \pm 0,8
Estate 2020	6,8 \pm 1,0	11,0 \pm 2,0	6,7 \pm 0,9
Inverno 2021	11,0 \pm 2,0	8,7 \pm 1,2	9,5 \pm 1,3

3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

Nell'inverno 2021 i livelli di tutti gli IA sono risultati al di sotto dei limiti di rivelabilità nei mitili dei siti in piattaforma (VA e LA), mentre appaiono misurabili in quelli di riferimento (fig. 3.44 e Tab. 3-XXVII); in quest'ultimi, tuttavia, la sommatoria degli idrocarburi mostra un valore medio inferiore a 100 $\mu\text{g/g}$ (p.s.), ovvero una concentrazione del tutto in linea con quelle normalmente riscontrate in organismi provenienti da aree non soggette a contaminazione (Benedetti *et al.*, 2014). Questo risultato conferma il trend già osservato nel 2020, ovvero una netta diminuzione rispetto ai valori misurati nel 2019 quando erano state evidenziate anomalie sia nel sito LA, sia nei mitili di riferimento.

Considerando che i valori di IA C15-C31 sono sempre risultati inferiori ai valori di LOD, almeno per i mitili di piattaforma, non è stato possibile misurare gli indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici (Tab. 3-XXVIII).

Per quanto riguarda gli idrocarburi volatili, ovvero i composti con numero di carbonio inferiore a 10 ($C < 10$), questi hanno mostrato concentrazioni comprese tra circa 700 e 860 ng/g (p.s.) sia nei mitili di riferimento, sia in quelli di piattaforma; se da un lato l'assenza di differenze significative tra i tre siti suggerisce una rilevanza del tutto relativa, queste concentrazioni sono da considerare comunque anomale; comunque, questo parametro è risultato piuttosto variabile sia nella popolazione di riferimento che in quelle offshore in tutte le campagne di monitoraggio precedenti.

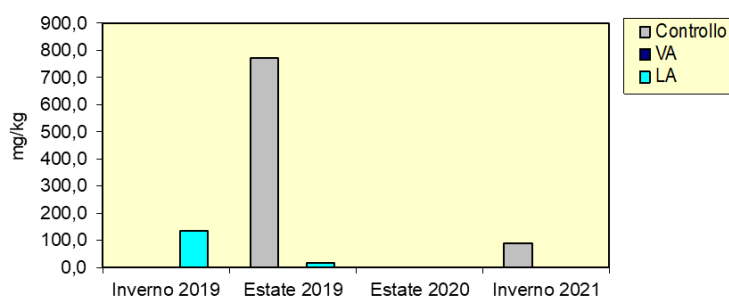


Fig. 3.44 - Concentrazioni di IA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW e nel sito di riferimento nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXXVII – Distribuzione degli IA (mg/kg e µg/kg per C ≤ 10; ± dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nelle stagioni di campionamento nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
C15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C16	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C17	<1	<1	<1	12 ± 4	<1	<1	<1	<1	<1	1,6 ± 0,5	<1	<1
C18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,1 ± 0,6	<1	<1
C19	<1	<1	<1	200 ± 59	<1	<1	<1	<1	<1	2,9 ± 0,9	<1	<1
C20	<1	<1	<1	<1	<1	2,4 ± 0,7	<1	<1	<1	1,8 ± 0,5	<1	<1
C21	<1	<1	<1	120 ± 35	<1	<1	<1	<1	<1	9,2 ± 2,8	<1	<1
C22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7,9 ± 2,4	<1	<1
C23	<1	<1	<1	140 ± 41	<1	1,2 ± 0,4	<1	<1	<1	12 ± 4	<1	<1
C24	<1	<1	11 ± 3	<1	<1	1,9 ± 0,6	<1	<1	<1	8,2 ± 2,4	<1	<1
C25	<1	<1	15 ± 4	110 ± 33	<1	1,8 ± 0,5	<1	<1	<1	9,0 ± 2,7	<1	<1
C26	<1	<1	17 ± 5	<1	<1	2,1 ± 0,6	<1	<1	<1	6,7 ± 2	<1	<1
C27	<1	<1	17 ± 5	<1	<1	2,0 ± 0,6	<1	<1	<1	6,3 ± 1,9	<1	<1
C28	<1	<1	19 ± 6	<1	<1	1,3 ± 0,4	<1	<1	<1	12 ± 4	<1	<1
C29	<1	<1	22 ± 7	2,9 ± 0,9	<1	<1	<1	<1	<1	3,3 ± 1,0	<1	<1
C30	<1	<1	17 ± 5	26 ± 8	<1	<1	<1	<1	<1	3,1 ± 0,9	<1	<1
C31	<1	<1	17 ± 5	160 ± 48	<1	2,1 ± 0,6	<1	<1	<1	3,4 ± 1,0	<1	<1
Pristano	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fitano	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
C ≤ 10	5100 ± 1300	6700 ± 1300	6700 ± 1300	910 ± 230	<180	4100 ± 1000	1400 ± 340	210 ± 53	210 ± 53	830 ± 210	700 ± 170	860 ± 210
C10-C40	<150	<230	310 ± 94	1000 ± 310	<80	<74	<66	<74	<74	99 ± 30	<120	<120
ΣIA	<1	<1	135	770,9	-	-	-	-	-	89,5	-	-

Tab. 3-XXXVIII - Indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti molli di mitili *M. galloprovincialis* prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nel periodo 2019-2021. C = controllo; VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
MH	n.c.	n.c.	C29	C19	n.c.	C20	n.c.	n.c.	n.c.	C23 - C28	n.c.	n.c.
LMW/HMW	n.c.	n.c.	0,02	0,4	n.c.	0,3	n.c.	n.c.	n.c.	0,12	n.c.	n.c.
CPI (C-15/30)	n.c.	n.c.	0,8	19,8	n.c.	0,8	n.c.	n.c.	n.c.	1,05	n.c.	n.c.
C17/Pristano	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C18/Fitano	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

I dati disponibili per la campagna invernale del 2021 indicano livelli di IPA generalmente al di sotto dei LOD del metodo analitico, con solo alcune eccezioni: il Naftalene mostra valori pari a circa 15 ng/g (p.s.) nei tessuti dei mitili di riferimento e circa 24-30 ng/g (p.s.) in quelli dei mitili della piattaforma, esibendo quindi solo modeste differenze tra i vari siti; allo stesso modo, i valori del Benzo(a)pirene sono intorno a 40 ng/g (p.s.) nei mitili di controllo, mentre sono tendenzialmente maggiori in quelli della piattaforma e prossimi a circa 110 ng/g (p.s.). Infine, le concentrazioni del Fluorantene sono di poco superiori a 10 ng/g (p.s.) nei mitili di riferimento e comprese tra circa 30 e 35 ng/g (p.s.) in quelli della struttura. Da questi dati ne consegue una stima delle concentrazioni totali di IPA pari a

circa 68 ng/g (p.s.) nei mitili di controllo, circa 194 ng/g (p.s.) in quelli del sito VA e circa 168 ng/g (p.s.) negli organismi del sito LA (Tab. 3-XXXIX; fig. 3.45).

Gli IPA sono attualmente considerati ubiquitari nell'ambiente marino, e le concentrazioni totali di questi composti normalmente possono variare tra qualche decina fino a poche centinaia di ng/g p.s. nei tessuti di mitili, ove generalmente, 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). Pertanto, valori fino a qualche decina di ng/g (ps) risulterebbero del tutto normali e bassi nel caso dei congeneri a basso peso molecolare, mentre desterebbero maggiore attenzione per i congeneri ad alto peso molecolare.

In questo senso, nonostante i valori totali di IPA siano tali da non destare particolare attenzione, poiché sempre inferiori a 200 µg/kg, è bene mettere in evidenza che i livelli di Fluorantene e soprattutto Benzo(a)pirene sono da considerarsi anomali ed elevati, soprattutto in piattaforma: se infatti non preoccupano i livelli totali osservati, lo squilibrio del rapporto tra IPA ad alto e basso peso molecolare potrebbe indicare una origine antropica di questi idrocarburi.

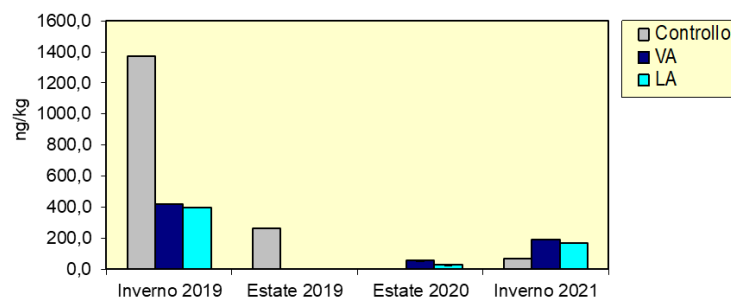


Fig. 3.45 - Concentrazioni di IPA totali rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXXIX - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nel periodo 2019-2021. Valori espressi in ng/g ps. LOD = limite di rilevabilità.

	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Naftalene	80 ± 28	140 ± 48	89 ± 31	69 ± 24	<16	<15	<13	24 ± 8	29 ± 10	15 ± 5	24 ± 8	29 ± 10
Acenaftene	200 ± 71	280 ± 98	310 ± 110	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<6,8	<25	<25
Acenaftilene	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<6,8	<25	<25
Antracene	< 31	< 47	< 45	56 ± 20	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Benzo (a) antracene	62 ± 22	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Benzo (a) pirene	210 ± 73	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	42 ± 15	110 ± 39	110 ± 40
Benzo (b) fluorantene	180 ± 62	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Benzo (g,h,i) perilene	76 ± 3	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Benzo (k) fluorantene	150 ± 52	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Crisene	94 ± 33	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Dibenzo (a,e) pirene	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Dibenzo (a,h) antracene	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Dibenzo (a,h) pirene	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Fenantrene	40 ± 14	< 47	< 45	67 ± 23	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Fluorantene	96 ± 33	< 47	< 45	40 ± 14	<16	<15	<13	17 ± 6	<15	11 ± 4	35 ± 12	29 ± 10
Fluorene	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	73 ± 26	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15	<10	<25	<25
Pirene	110 ± 39	< 47	< 45	30 ± 10	<16	<15	<13	16 ± 6	<15	<10	25 ± 9	<25
Σ1pa	1371	420	399	262	-	-		57	29	68	194	168

3.6.1.4 Metalli pesanti

Analogamente a quanto riscontrato nelle due stagioni del 2019 e nell'estate 2020 (fig. 3.46 e Tab. 3-XL), le concentrazioni misurate in inverno 2021 possono essere considerate, in generale, perfettamente rientranti nei normali range di variazione stagionale tipici per mitili provenienti da aree costiere di riferimento o da installazioni offshore del mare Adriatico (Fattorini *et al.*, 2008).

In questo senso, generalmente non si osservano variazioni degne di nota o comunque significative tra i valori nei mitili di controllo e quelli prelevati dai siti LA e VA. Laddove sono presenti delle piccole oscillazioni, queste sono pertanto da imputarsi a un differente stato del normale ciclo biologico degli organismi di riferimento rispetto a quelli dei siti di Bonaccia NW, ciclo che, come noto, è in grado di influenzare notevolmente l'andamento dei livelli di molti elementi in traccia.

In aggiunta, non si evidenziano, generalmente, differenze degne di nota tra i livelli ottenuti durante nell'ultimo monitoraggio e quelli precedenti e alcune anomalie che erano state precedentemente osservate appaiono oggi del tutto assenti, come ad esempio il caso del bario e del rame che avevano mostrato valori tendenzialmente elevati durante lo scorso anno di indagine.

Rispetto a tale quadro generale, è bene evidenziare, tuttavia, che il cadmio ha mostrato valori tendenzialmente maggiori nel sito LA rispetto agli altri punti, benché le concentrazioni siano del tutto modeste e in linea con valori di riferimento (Fattorini *et al.*, 2008). Analogamente, anche il vanadio mostra differenze significative tra i siti, con valori

tendenzialmente maggiori nei mitili provenienti dal VA, ma le concentrazioni sono comunque di scarsa rilevanza e all'interno dei normali range di variabilità stagionale.

Un dato anomalo è invece rappresentato dall'alluminio, il quale mostra valori piuttosto elevati nei soli tessuti dei mitili del sito VA, oltre 3000 $\mu\text{g/g}$ (p.s.), con una netta differenza rispetto agli organismi degli altri siti, ma anche a tutti i punti delle precedenti campagne di monitoraggio. L'alluminio rappresenta uno degli elementi più abbondanti nella crosta terrestre e spesso può essere presente a livelli naturalmente molto elevati nei sedimenti, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche degli stessi, pertanto può accumularsi negli organismi acquatici a concentrazioni piuttosto elevate, come nel caso appena descritto. Le concentrazioni ottenute, tuttavia, sono assolutamente al di fuori dei range noti per popolazioni di mitili di riferimento (Fattorini *et al*, 2008).

Fatte salve queste eccezioni, non si evidenziano quindi criticità degne di nota e, a conferma di ciò, per quei metalli per cui sono previsti limiti relativi al consumo alimentare (Direttiva 2001/22/CE: cadmio 1 $\mu\text{g/g}$ p.f., mercurio 0,5 $\mu\text{g/g}$ p.f., piombo 1,5 $\mu\text{g/g}$ p.f., corrispondenti rispettivamente a Cd 5 $\mu\text{g/g}$ p.s., Hg 2,5 $\mu\text{g/g}$ p.s., Pb 7,5 $\mu\text{g/g}$ p.s. considerando un fattore di conversione medio peso umido/peso secco pari a 5), le concentrazioni misurate nei mitili di questa piattaforma sono risultate sempre più basse. Per quanto riguarda le concentrazioni di mercurio, il valore misurato è inferiore anche rispetto al valore di riferimento EQS (Environmental Quality Standard), pari a 0,02 $\mu\text{g/g}$ (p.f.), corrispondente a circa 0,1 $\mu\text{g/g}$ (p.s.) applicando un fattore di conversione medio peso umido/peso secco pari a 5. Solo i mitili del sito LA mostrano valori tendenzialmente maggiori, ma comunque tali da non destare particolare attenzione. Anche in questo caso, le modeste differenze tra i mitili della piattaforma e quelli di riferimento sono da imputarsi a fenomeni stagionali e non appaiono rilevanti.

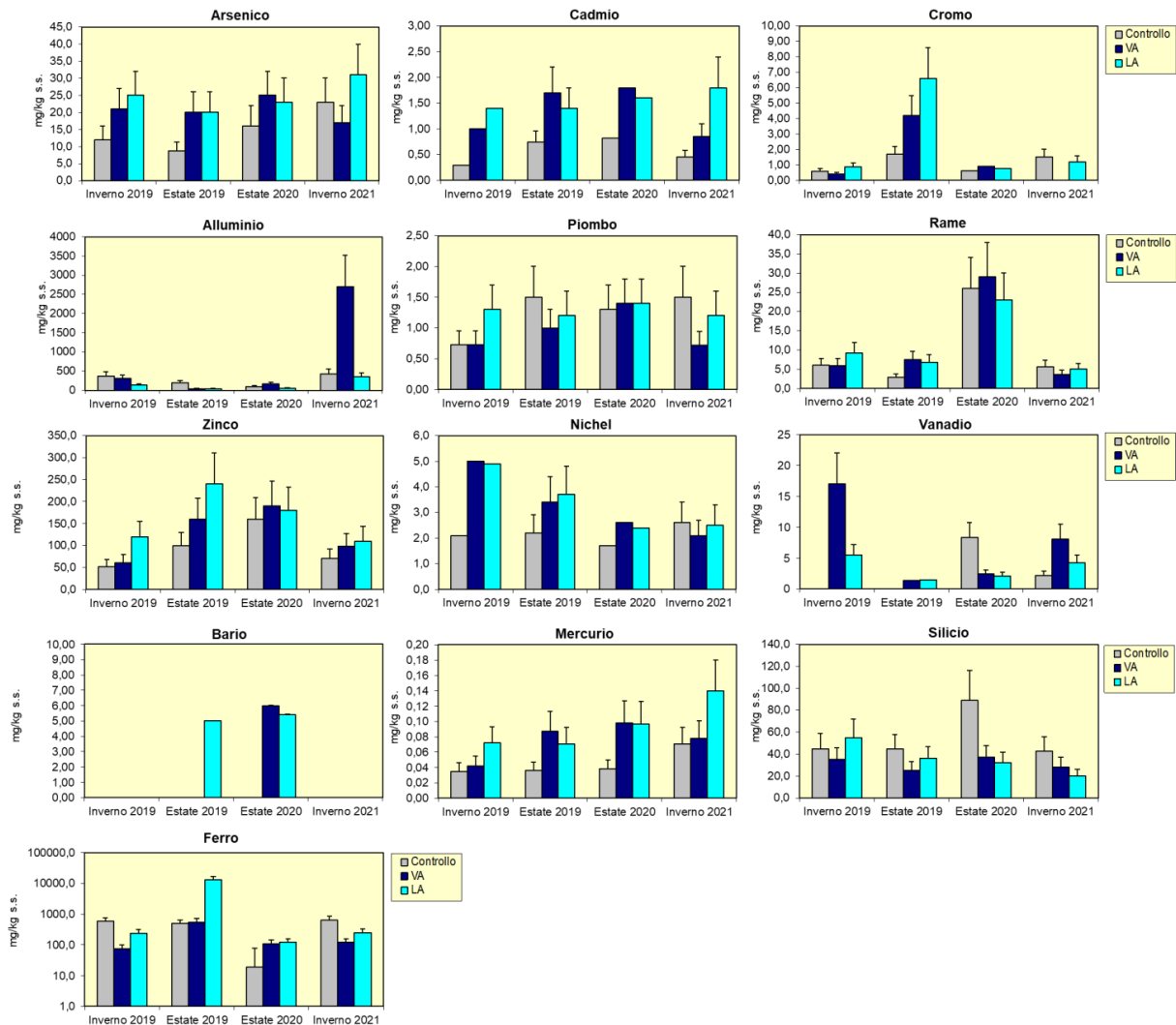


Fig. 3.46 - Concentrazioni (mg/kg p.s. ± incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*M. galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati i livelli indio in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Tab. 3-XL - 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. ± incertezza.

	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
As	12 ± 4	21 ± 6	25 ± 7	8,8 ± 2,6	20 ± 6	20 ± 6	19 ± 6	25 ± 7	23 ± 7	23 ± 7	17 ± 5	31 ± 9
Cd	0,29	1	1,4	0,74 ± 0,22	1,7 ± 0,5	1,4 ± 0,4	0,82	1,8	1,6	0,45 ± 0,13	0,85 ± 0,25	1,8 ± 0,6
Cr	0,6 ± 0,18	0,40 ± 0,12	0,86 ± 0,26	1,7 ± 0,5	4,2 ± 1,3	6,6 ± 2	0,63	0,92	0,75	1,5 ± 0,5	< 0,82	1,2 ± 0,4
Al	370 ± 110	310 ± 92	130 ± 40	200 ± 59	37 ± 11	35 ± 10	89 ± 27	160 ± 49	49 ± 15	430 ± 130	2700 ± 820	350 ± 100
Hg	0,035 ± 0,011	0,042 ± 0,013	0,072 ± 0,021	0,036 ± 0,011	0,087 ± 0,026	0,071 ± 0,021	0,038 ± 0,012	0,098 ± 0,029	0,097 ± 0,029	0,071 ± 0,021	0,078 ± 0,023	0,14 ± 0,04
Pb	0,73 ± 0,22	0,73 ± 0,22	1,3 ± 0,4	1,5 ± 0,5	1,0 ± 0,3	1,2 ± 0,4	1,3 ± 0,4	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,4	1,5 ± 0,5	0,72 ± 0,22	1,2 ± 0,4
Cu	6 ± 1,8	5,9 ± 1,8	9,2 ± 2,8	2,9 ± 0,9	7,5 ± 2,2	6,8 ± 2,0	26 ± 8	29 ± 9	23 ± 7	5,6 ± 1,7	3,6 ± 1,1	5,0 ± 1,5
Zn	52 ± 16	61 ± 18	120 ± 35	100 ± 30	160 ± 48	240 ± 71	160 ± 49	190 ± 57	180 ± 53	71 ± 21	98 ± 29	110 ± 34
Ni	2,1	5	4,9	2,2 ± 0,7	3,4 ± 1	3,7 ± 1,1	1,7	2,6	24	2,6 ± 0,8	2,1 ± 0,6	2,5 ± 0,8
V	< LOD	17 ± 5	5,5 ± 1,7	< LOD	1,4	1,5	8,3 ± 2,5	2,4 ± 0,7	2,1 ± 0,6	2,2 ± 0,7	8,1 ± 2,4	4,2 ± 1,3
Ba	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	5	< LOD	6	5,4	< LOD	< 8,2	< 7,9
Si	45 ± 14	35 ± 11	55 ± 17	45 ± 13	25 ± 8	36 ± 11	89 ± 27	37 ± 11	32 ± 10	43 ± 13	28 ± 9	20 ± 6
Fe	580 ± 170	75 ± 23	240 ± 73	490 ± 150	550 ± 170	13000 ± 3900	190 ± 58	110 ± 34	120 ± 35	650 ± 200	120 ± 35	250 ± 74
In	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD

3.6.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XLI sono riportati i risultati ottenuti nel periodo 2019-2021. A seguire verranno descritti in maniera più dettagliata quelli relativi alla campagna invernale del 2021, confrontati con quelli analizzati negli stessi siti nei periodi di indagine precedenti.

Tab. 3-XLI - Valori medi dei biomarker (\pm dev. st.) determinati nei mitili campionati nel periodo di indagine 2019-2021 nei siti di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Bonaccia NW. nd = non determinabile.

Biomarker	Unità di misura	Inverno 2019			Estate 2019		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	18	18	13	13	15
Micronuclci	frequenza %	0 \pm 0	0,50 \pm 0,29	0 \pm 0	0,2 \pm 0,12	0,2 \pm 0,2	0,1 \pm 0,1
Lipofuscine	Intensità/ μm^2	77 \pm 19	116 \pm 15	89 \pm 44	63,5 \pm 12,5	53,8 \pm 6,7	53,9 \pm 4,6
Lipidi neutri	Intensità/ μm^2	120 \pm 15	48 \pm 7	34 \pm 9	55,6 \pm 11,2	37,9 \pm 17,2	31,5 \pm 24,2
Stabilità lisosmiale	min	100 \pm 6	53 \pm 21	49 \pm 24	83,51 \pm	95,03 \pm 2,65	94,1 \pm 3,0
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	11,59 \pm 0,64	26,54 \pm 9,75	22,49 \pm 5,11
Malondialdeide	$\text{nmol}/\text{Mda g}^{-1}$ tessuto	75,1 \pm 33,42	45,28 \pm 21,74	31,60 \pm 13,82	72,7 \pm 62,4	87,5 \pm 22,1	169 \pm 65,8
Metallotioneine	$\mu\text{mol}/\text{mg}$ di proteine	1,42 \pm 0,23	4,48 \pm 1,89	3,75 \pm 0,61	6,01 \pm 1,27	6,38 \pm 1,37	6,38 \pm 0,87
qPCR _{MT10}	n°copie	7604 \pm 4405	2620 \pm 2585	2890 \pm 1135	11602 \pm 3695	116959 \pm 36964	192638 \pm 30068
qPCR _{MT20}	n°copie	n.d	n.d	n.d	115 \pm 63	5747 \pm 4228	10866 \pm 9100

Biomarker	Unità di misura	Estate 2020			Inverno 2021		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	7	15	12	12	13	15
Micronuclci	frequenza %	0,75 \pm 0,25	1 \pm 0,29	1,17 \pm 0,33	0,167 \pm 0,167	1,17 \pm 0,33	1,17 \pm 0,38
Lipofuscine	Intensità/ μm^2	55,78 \pm 4,66	52,49 \pm 15,17	34,25 \pm 6,95	31,04 \pm 8,00	71,59 \pm 2,45	55,52 \pm 20,78
Lipidi neutri	Intensità/ μm^2	59,54 \pm 9,78	43,13 \pm 17,54	51,25 \pm 14,73	65,99 \pm 26,31	113,79 \pm 36,17	77,66 \pm 34,28
Stabilità lisosmiale	min	59,87 \pm 11,29	42,24 \pm 10,94	43,27 \pm 7,69	79,17 \pm 11,08	67,81 \pm 15,5	55,54 \pm 4,07
Catalasi	$\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ di proteine	11,62 \pm 1,13	4,69 \pm 0,87	6,19 \pm 3,21	16,31 \pm 6,46	16,44 \pm 3,63	19,57 \pm 4,83
Malondialdeide	$\text{nmol}/\text{Mda g}^{-1}$ tessuto	34,74 \pm 13,09	33,49 \pm 10,86	24,31 \pm 8,98	32,92 \pm 13,31	63,59 \pm 21,22	43,93 \pm 25,28
Metallotioneine	$\mu\text{mol}/\text{mg}$ di proteine	2,52 \pm 0,92	4,58 \pm 0,81	3,58 \pm 1,39	3,64 \pm 1,67	4,71 \pm 1,16	5,05 \pm 1,18
qPCR _{MT10}	n°copie	22951 \pm 22113	49419 \pm 16804	43220 \pm 10635	7431 \pm 2527	2148 \pm 1757	7245 \pm 4140
qPCR _{MT20}	n°copie	n.d	15 \pm 26	285 \pm 252	n.d	121 \pm 174	n.d

3.6.2.1 Stress on Stress

Nell'inverno 2021 i livelli di LT50 (Letal Time al 50%) nei mitili prelevati da entrambi i siti della piattaforma Bonaccia NW risultano paragonabili a quello degli esemplari di riferimento campionati nello stesso periodo e, in generale, sono in linea con quelli osservati precedentemente (fig. 3.47), confermando l'assenza di uno stress fisiologico generale negli organismi di piattaforma. Il livello di LT50 particolarmente basso, osservato nei mitili di riferimento nell'estate 2020 (circa 7 giorni), rappresentava quindi un'anomalia del tutto risolta nell'inverno 2021.

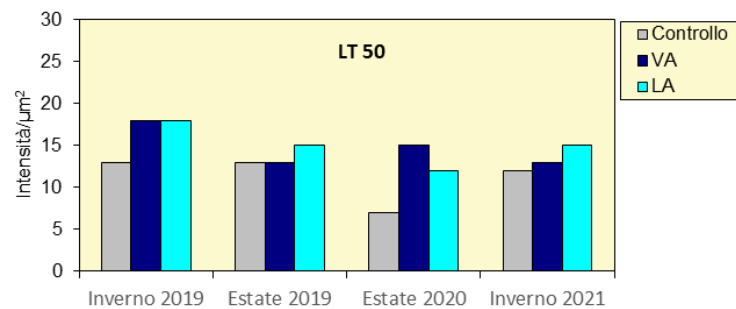


Fig. 3.47 - Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* campionati sulla piattaforma Bonaccia NW nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.2 Micronuclei

Nell'inverno 2021 i risultati relativi alla frequenza dei micronuclei misurati nei mitili provenienti dai siti VA ed LA mostrano livelli significativamente maggiori rispetto al controllo, con valori paragonabili a quelli riscontrati negli stessi siti nell'estate 2020 (fig. 3.48). Tuttavia, livelli intorno al 2‰, come quelli rinvenuti nel 2021, rappresentano valori riscontrabili anche in mitili di aree di riferimento o di altre piattaforme in Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; Pisanelli *et al.*, 2009) e per questo non devono destare particolare preoccupazione.

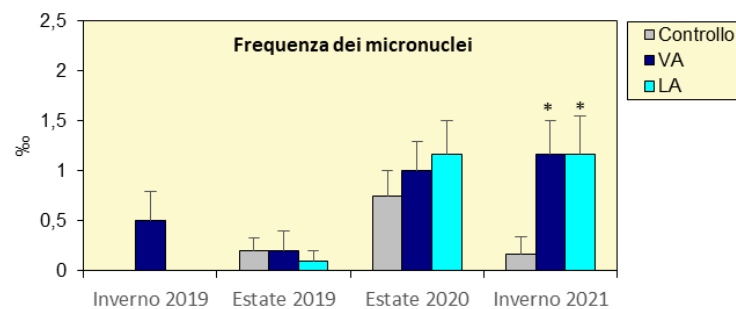


Fig. 3.48 - Frequenze medie (\pm dev.st.) dei micronuclei ottenute per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021 dalle parti sommerse della piattaforma Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine

Per quanto riguarda l'accumulo di lipofuscina, principale prodotto della perossidazione lipidica, nell'inverno 2021 i risultati evidenziano livelli maggiori nei mitili campionati in piattaforma, con variazioni statisticamente significative nel sito VA rispetto a quello di controllo (fig. 3.49). In generale tali livelli risultano inferiori a quelli osservati nel periodo

invernale del 2019 e rientrano in un range di variabilità stagionale per questo parametro che non desta particolare preoccupazione, perchè in linea con quelli osservati in organismi prelevati da altri impianti offshore in Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011), e sempre molto simili a quelli misurati in aree di riferimento (Bocchetti e Regoli, 2006).

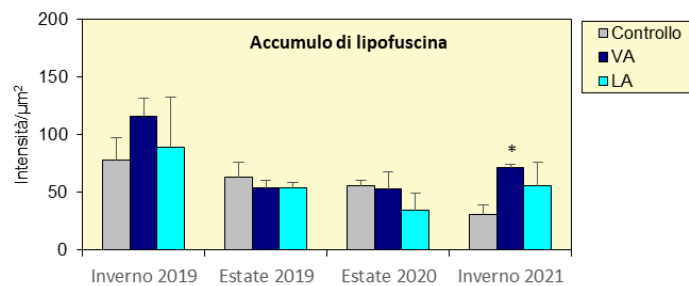


Fig. 3.49 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

Nell'inverno 2021 i mitili campionati sulla piattaforma mostrano dei livelli di lipidi neutri mediamente più alti di quelli di controllo, con variazioni tuttavia mai statisticamente significative (fig. 3.50).

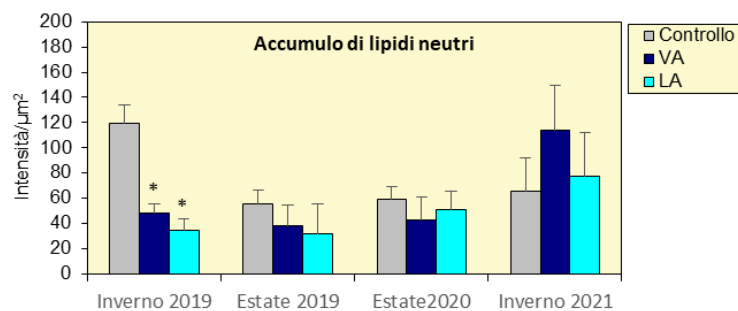


Fig. 3.50 - Accumulo di lipidi neutri (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

I livelli osservati nel 2021 risultano in generale comparabili con quelli precedenti, anche considerando le elevate deviazioni standard riscontrate nell'ultimo monitoraggio. L'accumulo di lipidi neutri è generalmente associato alla potenziale presenza di sostanze xenobiotiche, come i composti organici (es PCB, IPA, diossina) in grado di alterare il

metabolismo lipidico degli organismi; tuttavia, come molte altre risposte biologiche, anche l'accumulo di lipidi neutri è soggetto a fluttuazioni stagionali, con conseguente fluttuazioni nei livelli basali (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012; Gomiero *et al.*, 2015).

3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I livelli medi relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nell'inverno 2021 sono stati inferiori nei mitili campionati sulla piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di riferimento, con variazioni statisticamente significative nel caso del sito LA dove il tempo di destabilizzazione delle membrane lisosomiali è stato di circa 56 minuti (fig. 3.51).

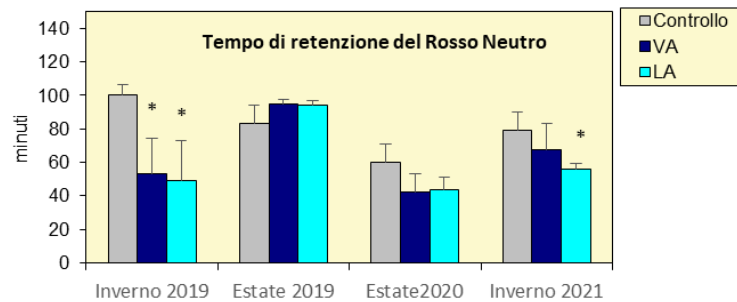


Fig. 3.51 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

La stabilità delle membrane lisosomiali risulta essere una delle risposte più sensibili e può mostrare fluttuazioni legate a parametri stagionali e fisiologici degli organismi, non imputabili a condizioni di impatto antropico: i tempi di ritenzione del rosso neutro, riscontrati nella campagna 2021, rientrano in un range di fluttuazioni stagionale per questo parametro, e pertanto non devono destare particolare preoccupazione (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

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. Nell'inverno del 2021 i livelli di attività di questo enzima sono risultati del tutto paragonabili tra mitili di controllo e mitili

prelevati in piattaforma (fig. 3.52), al contrario di quanto era stato osservato durante le campagne precedenti dell'estate del 2019 e del 2020 quando invece l'attività di questo enzima risultava riospettivamente indotta e inibita in maniera significativa rispetto ai mitili di controllo. I risultati ottenuti nei diversi anni di campionamento suggeriscono una certa variabilità di questo biomarker nel tempo, in particolare negli esemplari della piattaforma, anche se in generale i valori misurati rientrano in un range di variabilità che non necessariamente suggerisce un effetto legato a una situazione di impatto antropico da parte di Bonaccia NW (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

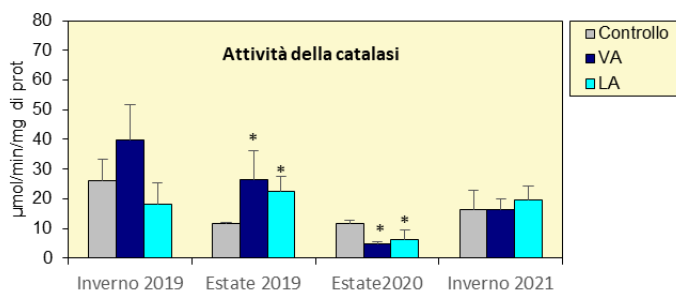


Fig. 3.52 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021 sulla piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide

Per quanto riguarda la malondialdeide, nei mitili campionati nell'inverno 2021 sono stati rilevati livelli generalmente bassi in tutti i siti, paragonabili a quelli ottenuti nell'inverno 2019 e nell'estate 2020. Livelli medi più alti di questo prodotto di perossidazione lipidica erano stati osservati nella stagione estiva del 2019, con valori che tuttavia risultavano estremamente variabili (fig. 3.53). In generale, i risultati ottenuti per questo parametro risultano sempre paragonabili a quelli riscontrati in organismi del medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

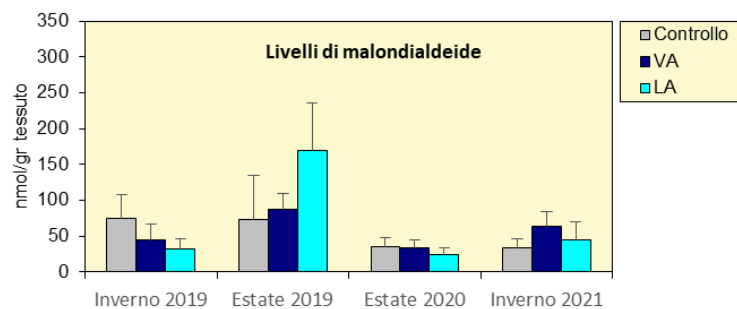


Fig. 3.53 - Contenuti di malondialdeide (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal controllo nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

Nell'inverno 2021 i livelli medi di metallotioneine risultano mediamente maggiori nei siti della piattaforma rispetto a quello di controllo, con variazioni che tuttavia non risultano mai statisticamente significative; valori superiori nei siti della piattaforma erano già stati osservati nell'inverno 2019 e nell'estate 2020, mentre in estate 2019 il contenuto di metallotioneine era risultato praticamente identico nei tre siti (fig. 3.54).

Comunque, anche i valori registrati nell'inverno 2021 risultano comparabili a quelli osservati in aree di riferimento del medio Adriatico e a quelli di organismi provenienti da impianti di estrazione off-shore in Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

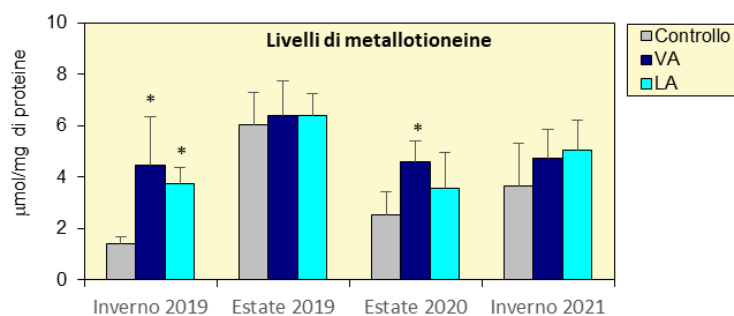


Fig. 3.54 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.9 Livelli mRNA delle metallotioneine MT₁₀ e MT₂₀

E' stata analizzata la quantificazione delle due sequenze geniche MT₁₀ e MT₂₀ responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine (Dondero *et al.*, 2005). Le due

isoforme di metallotioneine investigate sono rappresentate dall'isoforma costitutiva (MT₁₀) e da quella inducibile (MT₂₀) in condizioni di esposizione a metalli pesanti (Canesi *et al.*, 2007). L'espressione del gene MT₁₀ è correlata all'omeostasi di cationi tipicamente essenziali allo sviluppo e alla corretta funzionalità cellulare nel mitilo quali Ca, Mg, Zn, Fe e, in piccole quantità, Cu. Diversamente, l'isoforma MT₂₀ viene indotta in presenza di cationi non essenziali quali As, Be, Cd, Cs, Hg e Pb (Banni *et al.*, 2007).

I risultati ottenuti nell'inverno del 2021 evidenziano livelli molto bassi e in alcuni casi non rilevabili di entrambe le isoforme nei mitili della piattaforma Bonaccia NW e di controllo; per l'isoforma MT₁₀ i risultati sono in linea con quelli già riscontrati nell'inverno del 2019 e in generale sono inferiori rispetto a quelli registrati negli altri due campionamenti, soprattutto all'estate 2019. Per l'isoforma MT₂₀ è stato possibile rilevare questo parametro soltanto nei mitili raccolti dal sito VA (con livelli di induzione comunque bassi), mentre altrove i livelli risultano al di sotto del limite di rilevabilità (fig. 3.55).

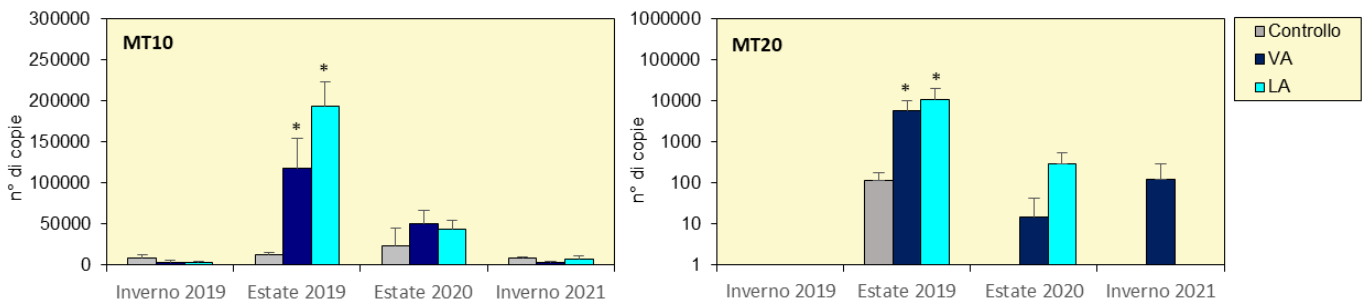


Fig. 3.55 - qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel periodo 2019-2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

3.7.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

Come specificato nel Cap. 2.2.6.1, nonostante il periodo di lockdown per COVID-19, nel 1° semestre 2020 è stato possibile ottenere dati sufficienti dai campionamenti di pesca eseguiti per ottenere un quadro complessivo del popolamento ittico che gravita attorno alla piattaforma Bonaccia NW. I risultati complessivi relativi all'intero periodo di indagine sono riportati in Spagnolo *et al.* (2022b). Tuttavia, nel 1° semestre 2021 i campionamenti di pesca sono stati ripetuti in quanto i dati ottenuti sono fondamentali per l'interpretazione dei dati acustici. In questa relazione si riportano solo i risultati del semestre.

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

Nel corso del 1° semestre 2021 sono state censite 39 specie (35 pesci e 4 crostacei). Di queste, 33 sono state catturate attorno a Bonaccia NW (30 pesci e 3 crostacei; Tab. 3-XLII). Presso i due controlli, invece, sono state censite 19 specie presso C1 e 20 in C2 (C1:16 pesci e 3 crostacei; C2: 18 pesci e 2 crostaceo; Tabb. 3-XLIII e 3-XLIV).

Esclusivamente nei dintorni della piattaforma sono stati rilevati il crostaceo *Homarus gammarus* e 13 specie ittiche (*Blennius ocellaris*, *Mullus surmuletus*, *Pagellus acarne*, *Phycis blennoides*, *Phycis phycis*, *Scorpaena porcus*, *Scorpaena scrofa*, *Serranus cabrilla*, *Serranus hepatus*, *Sparus aurata*, *Spicara smaris*, *Trachurus mediterraneus* e *Trachurus trachurus*). Anche presso i siti di controllo sono state catturate in modo esclusivo alcune specie, il crostaceo *Parapenaeus longirostris* e il pesce *Mustelus asterias* presso C1 e i pesci *Solea solea*, *Trigloporus lastoviza* e *Uranoscopus scaber* presso C2.

La Ricchezza specifica totale media (S_m) è risultata maggiore presso il sito di estrazione rispetto ad entrambi i controlli, come dimostrato dall'analisi statistica (Tabb. 3-XLV e 3-XLVI).

Analizzando i dati mensili, la Ricchezza specifica riscontrata presso la piattaforma ha avuto un trend positivo nell'intero periodo, interrotto solo ad aprile quando è stato raggiunto lo stesso valore di gennaio (9), che ha portato al massimo assoluto in giugno (16; fig. 3.56). In C1 si è osservato un aumento sino ad aprile quando è stato raggiunto il massimo di 10 specie, unico caso di lieve superamento dell'indice in un controllo rispetto alla piattaforma, e un decremento a maggio che riportato al valore di gennaio.

L'andamento di S presso C2 è stato invece praticamente costante in tutto il semestre, essendosi verificato solo un leggero aumento a marzo.

Tab. 3-XLII - 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 2021.

Bonaccia NW			Gennaio		Febbraio		Marzo		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)	N. ind	P (Kg)
Crostacei																
<i>Homarus gammarus</i>	B	AT	1,68	0,82												1,68
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA					1,68	0,13			1,68	0,05	3,36	0,18	6,71	0,36
<i>Squilla mantis</i>	B	NA					1,68	0,07					5,03	0,22	6,71	0,29
Crostacei Totale			1,68	0,82			3,36	0,20			1,68	0,05	8,39	0,40	15,10	1,47
Pesci																
<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT					1,68	0,48							1,68	0,48
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	5,03	0,36	8,39	0,33	1,68	0,07	1,68	0,17	8,39	0,39	3,36	0,17	28,53	1,49
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT	1,68	0,11	1,68	0,29									3,36	0,39
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT					1,68	0,22			1,68	0,32			3,36	0,54
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA											1,68	0,22	1,68	0,22
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA			1,68	0,03	5,03	0,15					1,68	0,05	8,39	0,23
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			1,68	0,17							6,71	0,76	8,39	0,93
<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA									1,68	0,04			1,68	0,04
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA			1,68	0,03							1,68	0,12	3,36	0,15
<i>Phycis blennoides</i>	B	NA					1,68	0,37	3,36	0,78					5,03	1,15
<i>Raja asterias</i>	B	NA			1,68	0,83			1,68	0,68					3,36	1,51
<i>Raja miraletus</i>	B	NA	1,68	0,82			1,68	0,39			1,68	0,56			5,03	1,76
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA							1,68	0,42	1,68	0,36			3,36	0,78
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA	6,71	7,06	3,36	2,55	1,68	0,93							11,75	10,54
<i>Blennius ocellaris</i>	B	PA	1,68	0,05	1,68	0,04									3,36	0,08
<i>Phycis phycis</i>	B	PA									1,68	0,21	1,68	0,71	3,36	0,91
<i>Sparus aurata</i>	NB	AT							1,68	0,29					1,68	0,29
<i>Spondilyosoma cantharus</i>	NB	AT									1,68	0,18	5,03	0,81	6,71	0,99
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,68	0,34			3,36	0,65	5,03	2,18	1,68	0,48	3,36	0,99	15,10	4,64
<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA									5,03	0,29	8,39	0,56	13,43	0,85
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA											3,36	0,08	3,36	0,08
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	10,07	0,37	20,14	0,66	5,03	0,20			1,68	0,08	10,07	0,49	46,99	1,81
<i>Serranus cabrilla</i>	NB	PA					1,68	0,32					1,68	0,10	3,36	0,43
<i>Serranus hepatus</i>	NB	PA			1,68	0,02					1,68	0,03			3,36	0,05
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA											1,68	0,07	1,68	0,07
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA									1,68	0,03			1,68	0,03
<i>Boops boops</i>	P	PA	1,68	0,06	5,03	0,22	11,75	0,62	16,78	0,93					35,24	1,84
<i>Spicara smaris</i>	P	PA							1,68	0,05	1,68	0,05			3,36	0,10
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA					3,36	0,09	1,68	0,02					5,03	0,11
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA									6,71	0,38	1,68	0,08	8,39	0,46
Pesci Totale			30,21	9,17	48,67	5,18	40,28	4,49	35,24	5,51	38,60	3,39	52,03	5,22	245,03	32,96
Totale complessivo			31,89	9,99	48,67	5,18	43,64	4,69	35,24	5,51	40,28	3,45	60,42	5,62	260,14	34,43

Tab. 3-XLIII – Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso in **Controllo C1** condotti nel 1° semestre 2021.

Controllo 1			Gennaio		Febbraio		Marzo		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)	N. ind	P (Kg)
Crostacei																
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA					3,38	0,28	1,69	0,20					5,07	0,49
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA					1,69	0,02							1,69	0,02
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	1,69	0,06			1,69	0,10	6,76	0,29			3,38	0,10	13,52	0,55
Crostacei Totale			1,69	0,06			5,07	0,38	10,14	0,51			3,38	0,10	20,28	1,05
Pesci																
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			1,69	0,17					1,69	0,13			3,38	0,29
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA					1,69	0,05	1,69	0,04	1,69	0,04	1,69	0,05	6,76	0,18
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	3,38	0,48	1,69	0,24	1,69	0,30	1,69	0,46					8,45	1,48
<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA					1,69	0,04	1,69	0,05	1,69	0,03			5,07	0,12
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA			1,69	0,05	3,38	0,14	3,38	0,19	5,07	0,15	3,38	0,12	16,90	0,64
<i>Mustelus asterias</i>	B	NA			1,69	0,66									1,69	0,66
<i>Raja asterias</i>	B	NA	1,69	1,68											1,69	1,68
<i>Raja miraletus</i>	B	NA			1,69	0,26			1,69	0,41					3,38	0,67
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA	1,69	0,22	1,69	0,37	3,38	0,79			3,38	0,84	1,69	0,30	11,83	2,53
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA							1,69	1,69					1,69	1,69
<i>Trachinus draco</i>	B	NA			1,69	0,13	1,69	0,13					3,38	0,26	6,76	0,52
<i>Spondilyosoma cantharus</i>	NB	AT									1,69	0,19			1,69	0,19
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,69	0,22									1,69	0,09	1,69	0,22
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA											1,69	0,09	1,69	0,09
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	1,69	0,05			1,69	0,07							3,38	0,13
<i>Boops boops</i>	P	PA							1,69	0,14					1,69	0,14
Pesci Totale			10,14	2,66	11,83	1,87	15,21	1,51	13,52	2,98	15,21	1,38	11,83	0,82	77,75	11,22
Totale complessivo			11,83	2,72	11,83	1,87	20,28	1,89	23,66	3,49	15,21	1,38	15,21	0,92	98,03	12,27

Tab. 3-XLIV – Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso in **Controllo C2** condotti nel 1° semestre 2021.

Controllo 2			Gennaio		Febbraio		Marzo		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)	N. ind	P (Kg)
Crostacei																
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA					3,36	0,35	3,36	0,34	1,68	0,06			8,39	0,75
<i>Squilla mantis</i>	B	NA					3,36	0,13	6,71	0,30	1,68	0,08	1,68	0,04	13,43	0,54
Crostacei Totale							6,71	0,48	10,07	0,64	3,36	0,15	1,68	0,04	21,82	1,30
Pesci																
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT			1,68	0,09									1,68	0,09
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			1,68	0,20	1,68	0,57							3,36	0,77
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA							3,36	0,10			3,36	0,14	6,71	0,24
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	3,36	0,38					1,68	0,20	1,68	0,11			6,71	0,69
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA	1,68	0,08			1,68	0,06			1,68	0,13	1,68	0,05	6,71	0,32
<i>Raja asterias</i>	B	NA	1,68	0,91			1,68	1,00							3,36	1,91
<i>Raja miraletus</i>	B	NA	1,68	0,14	1,68	0,08	1,68	0,32	1,68	0,39					6,71	0,93
<i>Scyllorhinus canicula</i>	B	NA					1,68	0,33					1,68	0,44	3,36	0,77
<i>Solea solea</i>	B	NA	1,68	0,19			1,68	0,35							3,36	0,53
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA									1,68	0,36			1,68	0,36
<i>Trachinus draco</i>	B	NA											3,36	0,20	3,36	0,20
<i>Trigloporus lastoviza</i>	B	NA	1,68	0,08	1,68	0,04									3,36	0,12
<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA			1,68	0,06					1,68	0,29			3,36	0,34
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA							3,36	0,92	1,68	0,76	3,36	1,08	8,39	2,77
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA			1,68	0,09									1,68	0,09
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	1,68	0,04	1,68	0,05									3,36	0,09
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA											1,68	0,02	1,68	0,02
<i>Boops boops</i>	P	PA							1,68	0,06					1,68	0,06
Pesci Totale			13,43	1,82	11,75	0,60	10,07	2,62	11,75	1,68	8,39	1,65	15,10	1,94	70,49	10,31
Totale complessivo			13,43	1,82	11,75	0,60	16,78	3,10	21,82	2,32	11,75	1,80	16,78	1,97	92,31	11,61

Tab. 3-XLV - Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo gennaio – giugno 2021 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	12,33 \pm 1,25	7,33 \pm 0,71	7,17 \pm 0,17
H'	0,94 \pm 0,06	0,82 \pm 0,04	0,83 \pm 0,01
N	43,36 \pm 4,19	16,34 \pm 1,94	15,38 \pm 1,59
P	5,74 \pm 0,91	2,04 \pm 0,38	1,94 \pm 0,33

Tab. 3-XLVI – Risultati dei test statistici applicati ai valori di Ricchezza specifica media (Sm), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P). * = differenza significativa; ** = differenza altamente significativa.

Sm	Bonaccia NW	C2	N	Bonaccia NW	C2
C1	0,009*	0,605	C1	<0,001**	0,711
C2	0,004*		C2	<0,001**	
H	Bonaccia NW	C2	P	Bonaccia NW	C2
C1	0,309	0,936	C1	0,007*	0,832
C2	0,470		C2	0,007*	

La Diversità specifica media di Shannon-Weaver (H') è risultata statisticamente omogenea nei tre siti (Tabb. 3-XLV e 3-XLVI).

Gli andamenti mensili sono risultati del tutto simili a quelli della ricchezza specifica sia in piattaforma, sia ai controlli (fig. 3.57).

In prossimità di Bonaccia NW il minimo rilevato ad aprile è stato determinato dalla forte

dominanza di *Boops boops* che ha rappresentato quasi il 50% delle catture ottenute in quel mese.

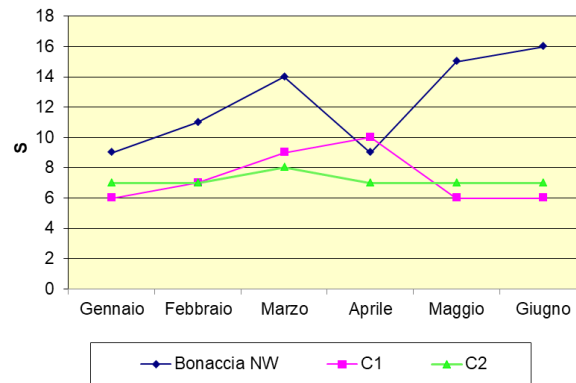


Fig. 3.56 - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo da gennaio a giugno 2021.

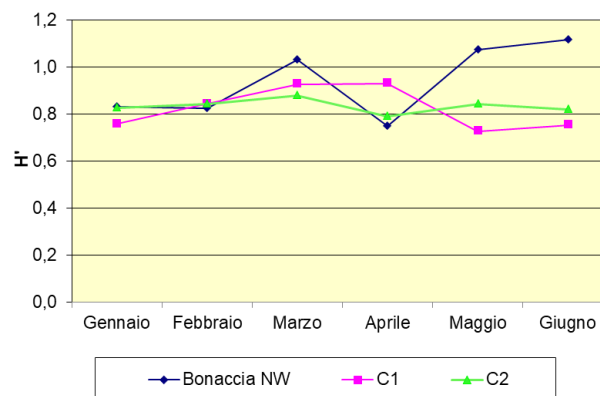


Fig. 3.57 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo da gennaio a giugno 2021.

3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

Presso la piattaforma Bonaccia NW i rendimenti di pesca medi, calcolati sull'intero semestre, sono risultati significativamente superiori sia in termini numerici che ponderali rispetto ai siti di controllo (Tabb. 3-XLV e 3-XLVI).

Per quanto concerne i rendimenti in numero (fig. 3.58), nelle vicinanze di Bonaccia NW il trend ha presentato degli incrementi e delle riduzioni, con il massimo raggiunto a giugno (60,42 ind/500m/12h) grazie ai quantitativi di *Pagellus erythrinus* e *P. acarne*. Nei siti di controllo i valori sono sempre rimasti inferiori a quelli della piattaforma e gli andamenti sono apparsi molto simili tra di essi.

In piattaforma anche il trend relativo ai rendimenti in peso è apparso altalenante, con diminuzioni e aumenti durante tutto il periodo. A gennaio, mese caratterizzato dal minimo in termini di abbondanza, la biomassa ha raggiunto il massimo (9,99 kg/500m/12h) grazie alla cattura di individui di grossa taglia di *Torpedo marmorata*.

Presso i controlli i valori sono apparsi inferiori a quelli rilevati nei pressi della struttura anche in termini ponderali. Anche in queste due aree gli andamenti sono apparsi discontinui.

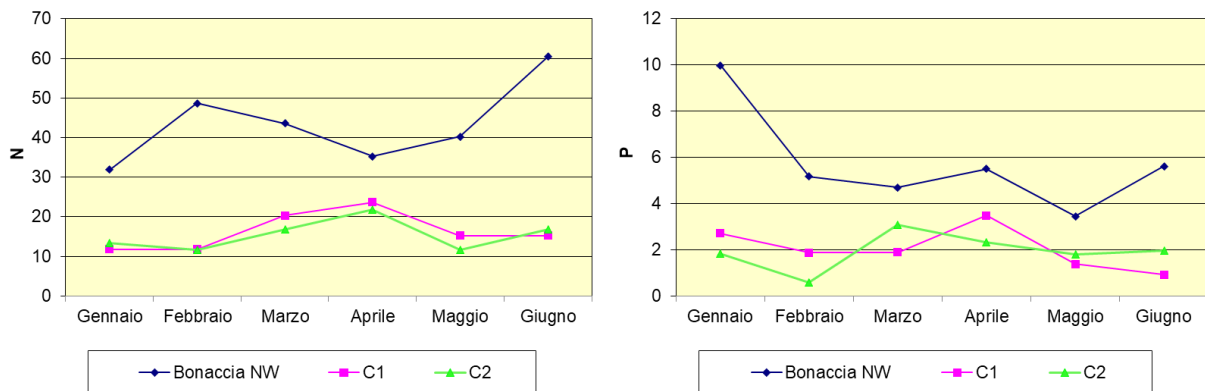


Fig. 3.58 - Numero (n.ind./500m/12h; a sinistra) e peso (kg/500m/12h; a destra) degli individui catturati presso la piattaforma e nei due siti di controllo nel 1° semestre 2021.

I pesci hanno costituito la frazione più importante sia in termini numerici che ponderali (fig. 3.59).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 21 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 16 nelle vicinanze della piattaforma, 11 in C1 e 13 in C2 (Tabb. 3-XLIII - 3-XLIV). Presso il sito di estrazione le specie bentoniche sono risultate numericamente le più importanti a pari merito con quelle necto-bentoniche (36,8%) soprattutto grazie a *Scorpaena notata* e *T. marmorata*, quest'ultima fondamentale per 1° posto dei bentonici anche in termini ponderali (61,6%) trattandosi di una specie di grandi dimensioni. Presso i controlli i pesci bentonici hanno costituito il gruppo preponderante sia in numero (C1: 69%; C2: 58,2%) che in peso (C1: 85,2%; C2: 62,7%); numericamente hanno contribuito le catture di *Mullus barbatus* e *Scyliorhinus canicula* in C1 e quelle di *Chelidonichthys lucerna*, *Citharus linguatula* e *Raja miraletus* in C2. Dal punto di vista ponderale sono state incisive le catture di *Raja asterias* in entrambi i siti e quelle di *S. canicula* e *T. marmorata* in C1.

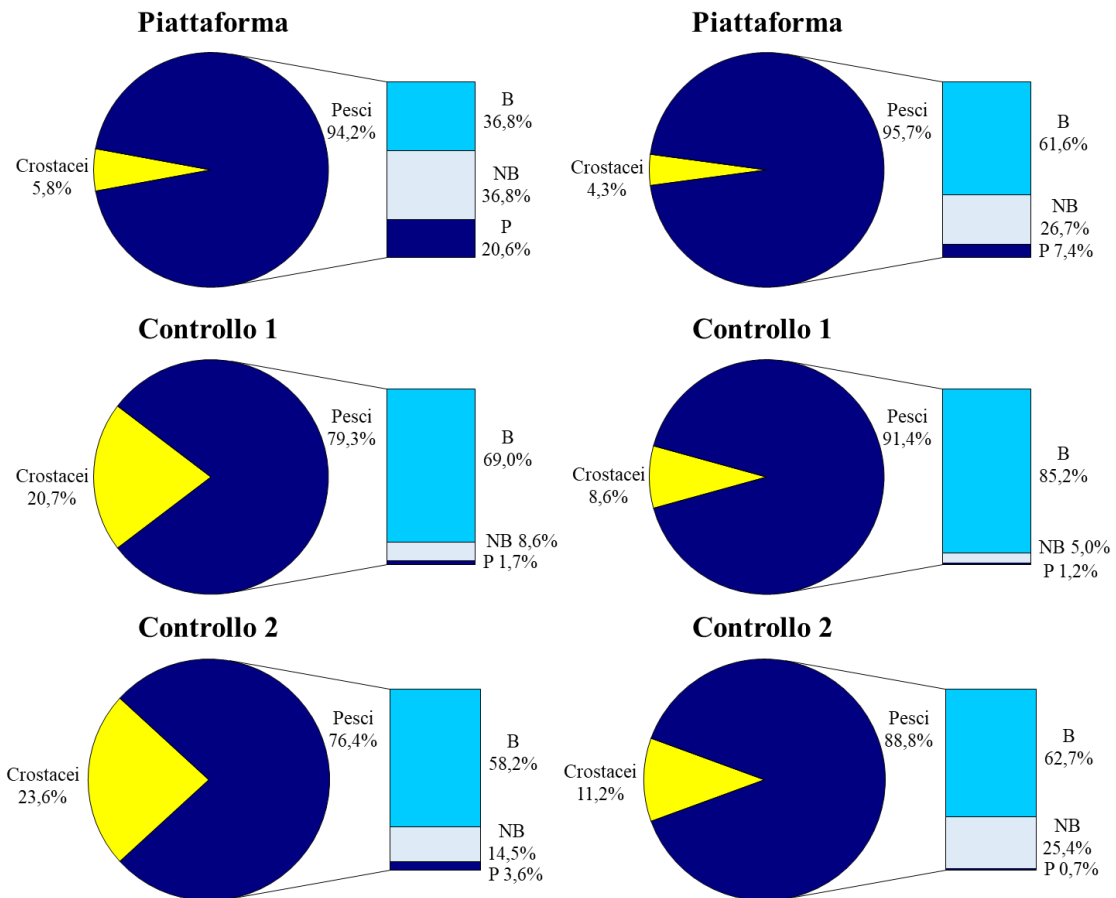


Fig. 3.59 - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) effettuate nel periodo gennaio – giugno 2021 presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 9 specie necto-bentoniche, tutte rilevate presso Bonaccia NW, 4 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 3-XLIII - 3-XLIV). Nei pressi della piattaforma questo gruppo è stato rappresentato soprattutto da *P. erythrinus* e *Merluccius merluccius* e, come anticipato, ha avuto la medesima importanza dei bentonici in termini numerici (36,8%), posizionandosi al 2° posto come biomassa (26,7%). Presso i controlli la frazione dei pesci necto-bentonici è risultata al 3° posto per importanza numerica (C1:8,6%; C2: 14,5%), mentre in termini ponderali è risultata terza presso C1 (5%) e seconda presso C2 (25,4%). Nei riferimenti le catture più incisive per questo gruppo sono state quelle di *P. erythrinus* (C1) e di *M. merluccius* (C2).

Pesci pelagici – Sono state censite in totale 5 specie, tutte catturate in piattaforma, 1 in C1 e 2 in C2 (Tabb. 3-XLIII - 3-XLIV).

Presso Bonaccia NW i pelagici hanno rappresentato il 3° gruppo in termini di importanza

sia numerica (20,6%) che ponderale (7,4%), con *B. boops* specie predominante. Presso i controlli hanno costituito il gruppo meno incisivo nelle catture complessive (numero: C1: 1,7%; C2: 3,6%; peso: C1: 1,2%; C2: 0,7%).

Crostacei – I crostacei sono stati rappresentati da 4 specie, di cui 3 censite presso la piattaforma e in C1 e 2 in C2 (Tabb. 3-XLIII - 3-XLIV). Questo gruppo è apparso il meno rappresentato presso Bonaccia NW sia in numero (5,8%) che in peso (4,3%). In C1 è risultato il secondo dopo i pesci bentonici sia numericamente che dal punto di vista ponderale (20,7% e 8,6% rispettivamente) per le catture di *Squilla mantis*. In C2 i crostacei si sono collocati al 2° posto in numero (23,6%) e al 3° in peso (11,2%). In questo caso, hanno contribuito entrambe le specie rinvenute (*S. mantis* e *Nephrops norvegicus*).

Molluschi – Nel 1° semestre 2021 non sono stati rinvenuti molluschi in alcuna delle tre aree indagate.

3.8.13 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi delle catture secondo il grado di affinità delle varie specie verso i substrati duri (fig. 3.60) ha evidenziato presso la piattaforma un'elevata presenza dal punto di vista numerico di specie ittiche pelagiche e necto-bentoniche PA principalmente per le catture di *B. boops* e *P. erythrinus*, e di pesci bentonici AT (principalmente *S. notata*) e NA (soprattutto *T. marmorata*), oltre che di necto-bentonici NA. Sono inoltre presenti, anche se in quantitativi inferiori, i pesci bentonici PA (*P. phycis* e *B. ocellaris*), i necto-bentonici AT (*Spondilyosoma cantharus*), i pelagici NA (*E. encrasicolus*) e i crostacei AT (*H. gammarus*) e NA (*S. mantis* e *N. norvegicus*).

Dal punto di vista ponderale hanno maggiormente inciso le catture di specie ittiche bentoniche NA quasi esclusivamente per *T. marmorata*.

Presso i controlli i pesci bentonici NA sono apparsi i più rappresentati in termini sia numerici che ponderali. Come densità (e biomassa in C1), a questi sono seguiti i crostacei NA soprattutto grazie alle catture di *S. mantis*. In C2 il secondo valore più elevato in termini ponderali è stato quello dei pesci necto-bentonici NA rappresentati esclusivamente da *M. merluccius*.

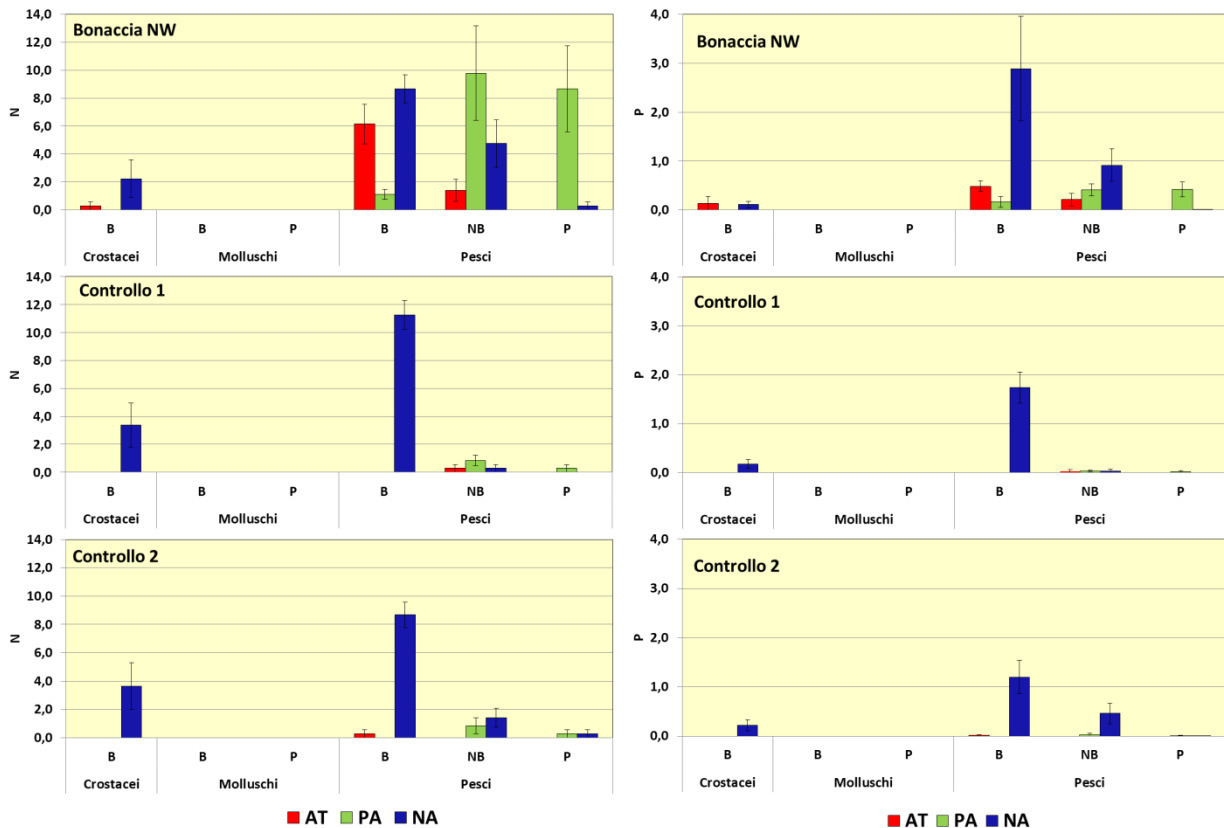


Fig. 3.60 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) relativi alle catture effettuate nel 1° semestre 2021 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

3.7.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **gennaio 2021** sono stati rilevati 13 banchi di pesce di cui 2 (il n. 9 e il n.10) distanti meno di 300 m dalla piattaforma, precisamente 134,5 m e 262,5 m. Il banco posto invece a maggior distanza dalla struttura era il n. 6 (927,7 m; fig. 3.61 e Tab. 3-XLV).

Quest'ultimo ha presentato la maggiore estensione areale e volumetrica, con 3589,868 m² di superficie e 402,818 m³ di volume; l'aggregazione n. 5 è stata invece quella con maggior lunghezza NS (26,588 m). Il banco sondato a profondità maggiore è il n. 10 (84,588 m dalla superficie) ed è anche quello con maggior estensione lungo la direttrice EW (21,594 m), mentre il n. 12 è stato il più superficiale (61,887 m; Tab. 3-XLVI). Le caratteristiche metriche relative alla lunghezza EW, al volume e alla profondità risultano mediamente leggermente maggiori per i banchi vicini; le rimanenti sono invece confrontabili (fig. 3.62).

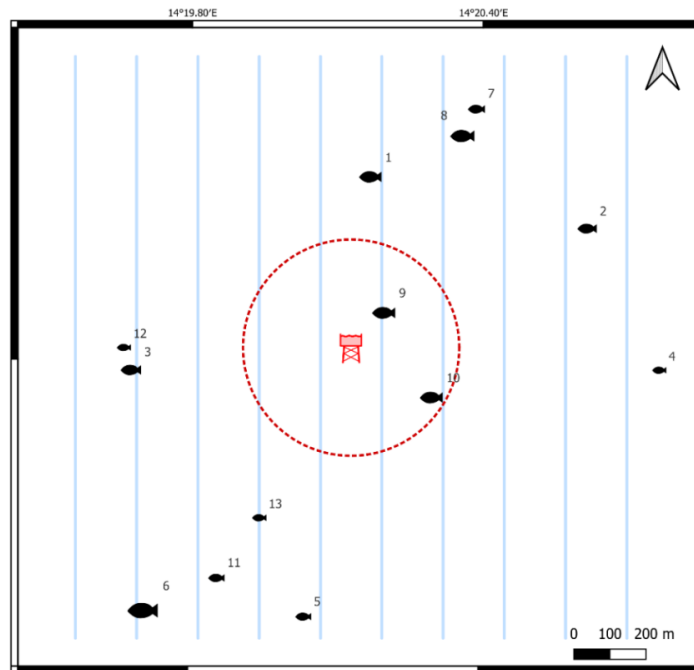


Fig. 3.61 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **gennaio 2021**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **gennaio 2021**. In verde quelli entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	478,5
2	735,2
3	612,7
4	858,1
5	756,5
6	927,7
7	749,1
8	665,5
9	134,5
10	262,5
11	738,4
12	629,4
13	535,0

Tab. 3-XLVI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **gennaio 2021**. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde quelli 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	1307,746	17,357	13,857	80,723	85,789	5,066	211,768	43° 36,30 '	14° 20,16 '	83,841	6,175	0	0
2	1228,006	18,100	13,619	81,076	85,028	3,952	139,370	43° 36,18 '	14° 20,64 '	83,055	8,811	0	0
3	978,537	13,469	10,441	79,339	84,158	4,819	166,310	43° 36,00 '	14° 19,68 '	81,986	5,884	0	0
4	168,473	10,860	6,525	83,186	85,496	2,310	17,151	43° 36,00 '	14° 20,76 '	84,487	9,823	0	0
5	724,271	26,588	10,369	80,568	84,404	3,836	59,649	43° 35,64 '	14° 20,04 '	82,929	12,423	0	0
6	3589,868	24,250	17,942	62,914	76,981	14,067	402,818	43° 35,64 '	14° 19,68 '	68,918	8,694	0	0
7	969,410	12,924	14,469	71,607	79,738	8,131	87,515	43° 36,36 '	14° 20,40 '	74,521	10,879	0	0
8	1596,561	16,779	15,983	78,355	84,023	5,668	254,569	43° 36,36 '	14° 20,34 '	81,701	6,272	1	0,216
9	474,785	19,686	10,652	81,147	85,365	4,218	230,108	43° 36,06 '	14° 20,22 '	83,191	2,063	0	0
10	529,037	13,049	21,594	82,238	86,995	4,757	224,349	43° 35,94 '	14° 20,28 '	84,588	2,358	0	0
11	198,962	10,531	8,621	82,416	84,436	2,020	70,463	43° 35,70 '	14° 19,86 '	83,475	2,824	0	0
12	57,761	1,897	4,152	59,601	64,446	4,845	17,092	43° 36,00 '	14° 19,68 '	61,887	3,379	0	0
13	70,129	5,116	5,097	70,564	75,133	4,569	19,575	43° 35,76 '	14° 19,92 '	72,864	3,583	0	0

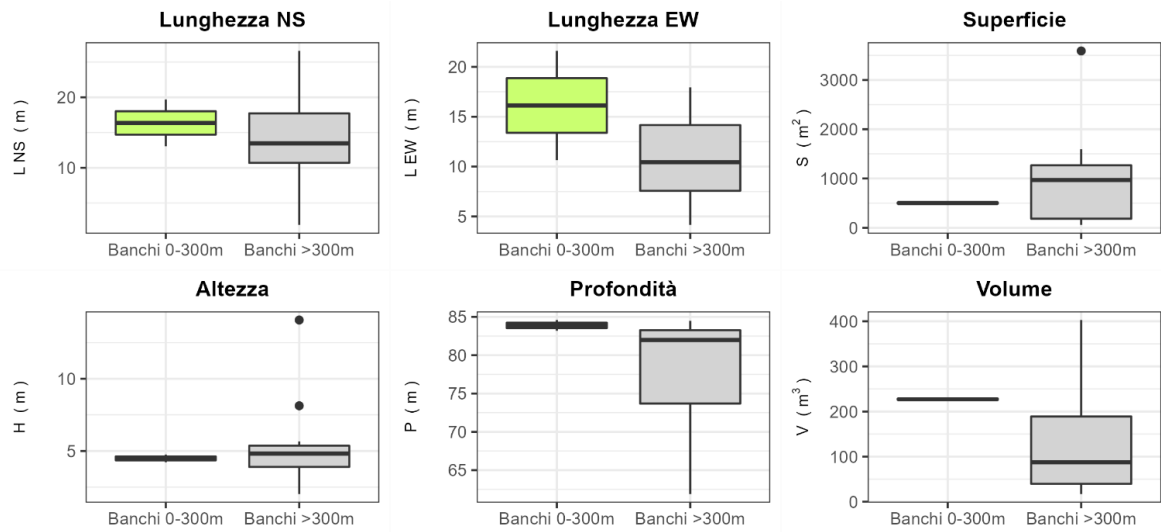


Fig. 3.62 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate a **gennaio 2021**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

A **febbraio 2021** sono state individuate 14 aggregazioni di pesce, di cui 3 poste ad una distanza inferiore a 300 m dalla piattaforma. Il banco più prossimo a Bonaccia NW era il n. 6 (173,1 m), il più lontano il n. 9 (917,2 m; fig. 3.63, Tab. 3-XLVII).

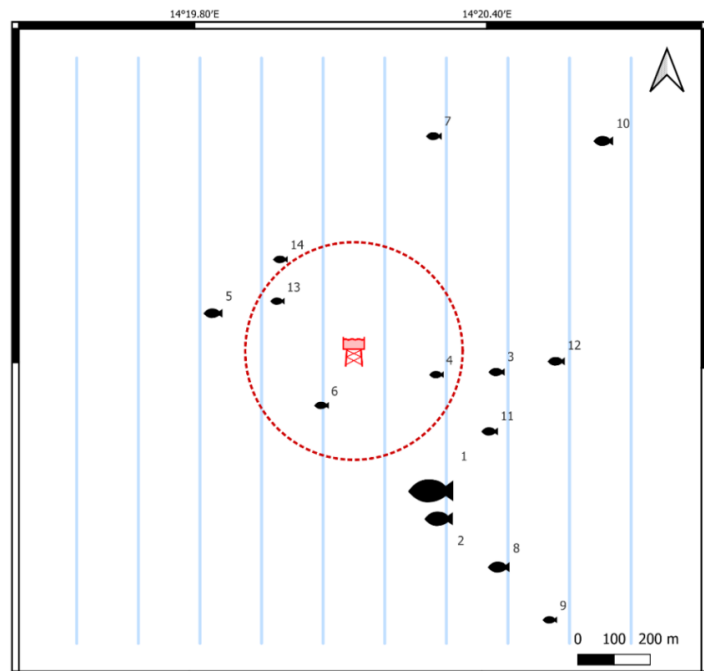


Fig. 3.63 - Schema planare della posizione dei banchi individuati durante il campionamento condotto a **febbraio 2021**. La visualizzazione graduata ne evidenzia il volume.

Tab. 3-XLVII - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati a febbraio 2021. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	438,5	8	716,6
2	517,1	9	917,2
3	399,0	10	901,4
4	237,8	11	435,5
5	401,7	12	560,1
6	173,1	13	251,7
7	633,4	14	324,1

Il banco di pesci più grande tra quelli sondati è stato il n. 1, con un'area di 1354,708 m², un volume di 748,729 m³ e una lunghezza EW pari a 19,39 m (Tab. 3-XLVIII). La maggior lunghezza NS compete invece al banco n. 2 (26,222 m). Le aggregazioni sono state tutte sondate a profondità elevate, variabili tra 71,442 m (n. 9) e 85,786 m (n. 11). In generale, i boxplot riportati in fig. 3.64 indicano che le caratteristiche metriche relative ai banchi più lontani sono tutte superiori eccetto la profondità.

Tab. 3-XLVIII - Caratteristiche metriche dei banchi individuati a febbraio 2021. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	1354,708	25,192	19,39	80,761	86,207	5,446	748,729	43° 35,82 '	14° 20,28 '	83,678	1,792	1	1,532
2	910,682	26,222	17,247	77,778	85,612	7,834	351,841	43° 35,76 '	14° 20,34 '	83,013	2,55	0	0
3	157,802	8,237	8,874	82,596	85,684	3,088	62,316	43° 36,00 '	14° 20,40 '	84,177	2,532	0	0
4	73,569	3,236	6,227	80,548	83,157	2,609	24,273	43° 36,00 '	14° 20,28 '	81,906	3,031	0	0
5	203,478	5,631	10,025	80,525	84,938	4,413	127,429	43° 36,06 '	14° 19,86 '	82,673	1,597	0	0
6	94,963	7,014	8,237	82,207	84,876	2,669	26,041	43° 35,94 '	14° 20,04 '	83,573	3,647	0	0
7	96,639	5,132	5,99	80,252	82,725	2,473	49,623	43° 36,36 '	14° 20,28 '	81,514	1,947	0	0
8	361,791	8,968	10,284	77,341	83,304	5,963	193,772	43° 35,70 '	14° 20,46 '	80,354	1,867	0	0
9	84,227	4,727	7,134	70,069	73,227	3,158	27,562	43° 35,64 '	14° 20,52 '	71,442	2,849	0	0
10	327,677	11,398	12,115	81,304	84,929	3,625	144,576	43° 36,36 '	14° 20,64 '	83,497	2,266	0	0
11	147,918	7,616	8,475	84,253	86,931	2,678	68,896	43° 35,88 '	14° 20,40 '	85,786	2,147	0	0
12	294,844	8,909	11,549	77,094	82,076	4,982	86,339	43° 36,02 '	14° 20,52 '	79,659	3,303	0	0
13	54,303	3,847	5,35	79,258	81,323	2,065	17,072	43° 36,12 '	14° 19,98 '	80,411	3,181	0	0
14	103,112	3,847	5,344	82,218	85,749	3,531	31,826	43° 36,18 '	14° 19,98 '	83,664	3,001	0	0

A marzo 2021 sono stati individuati 20 banchi di pesce di cui quattro posti a meno di 300 m dalla piattaforma (fig. 3.65). L'aggregazione più prossima alla struttura era la n. 18 (50,7 m), mentre la n. 2 era quella più lontana (967,3 m; Tab. 3-XLIX). Le più grandi estensioni areale e volumetrica (889,741 m² 497,787 m³), nonché la maggiore lunghezza NS (20,289 m), sono state misurate per il banco n. 19, mentre la massima lunghezza EW ha interessato il n. 12 (Tab. 3-L). Le profondità sono variate tra 13,494 m (n. 15) e 84,928 m (n. 2). Ad eccezione di una maggiore profondità media e della lunghezza EW leggermente superiore

registrate per i banchi più lontani dalla piattaforma, le altre caratteristiche metriche dei due gruppi di aggregazioni, al netto di alcuni *outliers*, sono risultate comparabili (fig. 3.66).

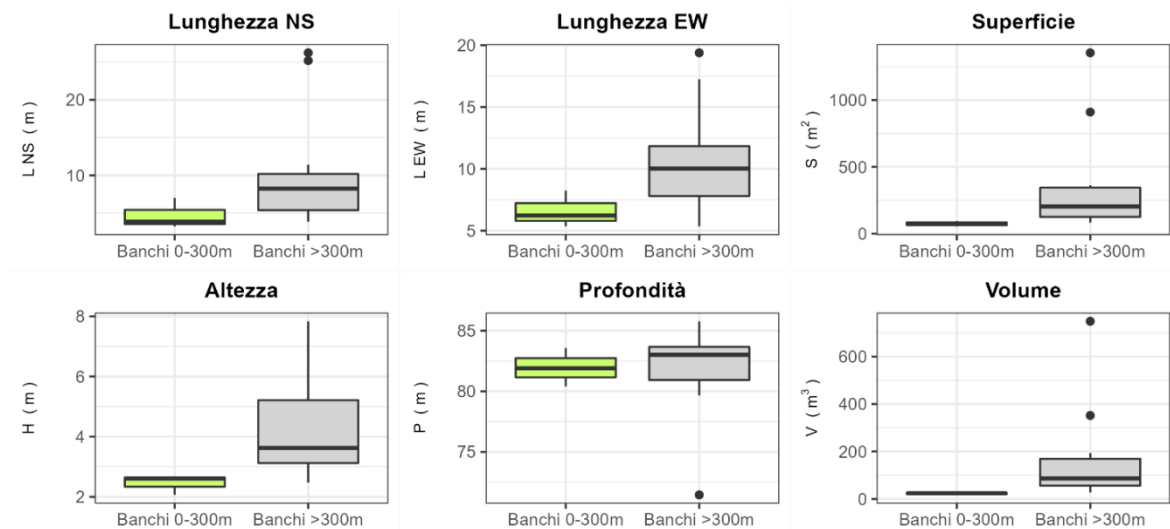


Fig. 3.64 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel febbraio 2021. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

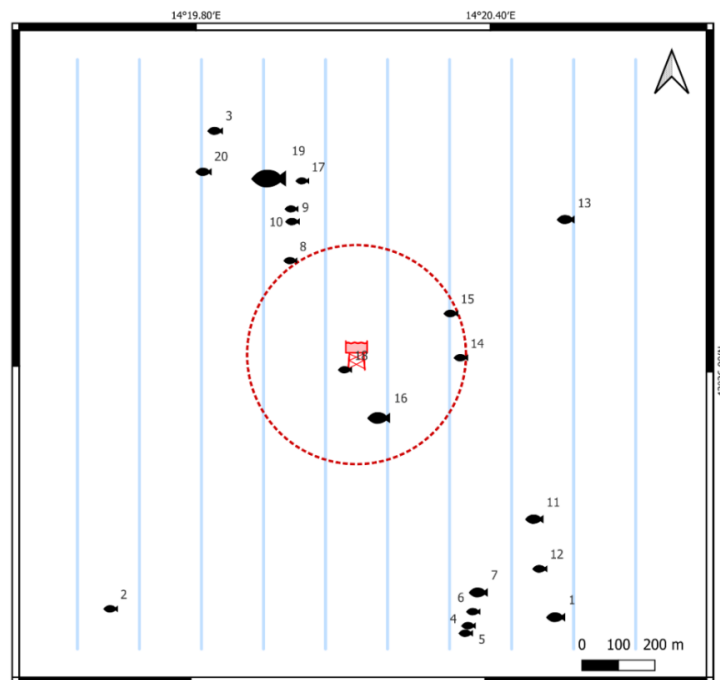


Fig. 3.65 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel marzo 2021. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXIX - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **marzo 2021**. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	902,3	11	663,6
2	967,3	12	771,9
3	725,2	13	684,1
4	818,7	14	287,0
5	802,5	15	283,3
6	772,4	16	182,6
7	731,0	17	499,0
8	315,1	18	50,7
9	404,9	19	540,1
10	437,5	20	653,0

Tab. 3-L - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **marzo 2021**. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	368,89	13,712	12,163	81,736	85,49	3,754	133,128	43° 35,64 '	14° 20,52 '	83,623	2,771	0	0
2	99,048	3,358	11,13	83,524	85,716	2,192	23,842	43° 35,64 '	14° 19,62 '	84,928	4,154	0	0
3	117,395	5,693	7,608	81,608	84,98	3,372	50,841	43° 36,36 '	14° 19,86 '	83,442	2,309	0	0
4	65,077	5,002	4,893	78,695	81,941	3,246	23,374	43° 35,64 '	14° 20,34 '	80,310	2,784	0	0
5	83,626	6,130	5,854	77,578	80,632	3,054	27,402	43° 35,64 '	14° 20,34 '	79,125	3,052	0	0
6	68,632	3,689	5,55	78,204	81,156	2,952	21,715	43° 35,64 '	14° 20,40 '	79,735	3,161	0	0
7	453,965	8,581	11,5	66,589	78,709	12,12	132,543	43° 35,70 '	14° 20,40 '	70,683	3,270	0	0
8	35,765	2,566	4,577	79,453	82,426	2,973	10,371	43° 36,18 '	14° 19,98 '	80,926	3,449	0	0
9	91,222	2,957	4,972	78,890	82,502	3,612	20,124	43° 36,24 '	14° 19,98 '	80,391	4,275	0	0
10	26,037	1,865	4,877	78,086	80,063	1,977	5,492	43° 36,24 '	14° 19,98 '	79,073	4,741	0	0
11	271,514	8,056	8,377	72,330	79,214	6,884	112,568	43° 35,76 '	14° 20,52 '	76,641	2,412	0	0
12	110,171	7,953	5,836	72,610	76,858	4,248	36,324	43° 35,70 '	14° 20,52 '	74,582	3,033	0	0
13	291,575	7,608	6,453	15,277	20,588	5,311	102,502	43° 36,24 '	14° 20,58 '	17,483	3,012	0	0
14	107,432	7,814	3,797	17,718	24,678	6,960	22,416	43° 36 '	14° 20,34 '	19,337	4,414	0	0
15	94,266	5,905	5,19	11,871	15,025	3,154	30,142	43° 36,06 '	14° 20,34 '	13,494	3,127	0	0
16	535,099	12,134	12,702	25,675	31,06	5,385	217,863	43° 35,94 '	14° 20,16 '	28,508	2,417	3	0,732
17	10,596	1,779	2,059	25,127	27,118	1,991	2,0740	43° 36,30 '	14° 20,04 '	26,176	5,109	0	0
18	52,219	4,960	3,595	46,319	50,03	3,711	15,162	43° 36,00 '	14° 20,10 '	48,169	3,444	0	0
19	889,741	20,289	11,974	25,855	36,945	11,09	497,787	43° 36,30 '	14° 19,98 '	29,462	1,594	0	0
20	226,373	7,747	7,460	42,426	49,333	6,907	61,437	43° 36,30 '	14° 19,80 '	47,735	3,658	0	0

Ad **aprile** sono state sondate 33 aggregazioni, di cui 5 (nn. 8, 9, 11, 12 e 28) a meno di 300 m dalla piattaforma (fig. 3.66). Il banco più prossimo alla struttura era il n. 28, rilevato a 84 m da Bonaccia NW, mentre il n. 18, posto a 968,2 m, è risultato quello il più lontano (Tab. 3-LI). La superficie e l'estensione NS più ampie sono state misurate per l'aggregazione n. 14 (2818,374 m² e 30,824 m, rispettivamente), mentre la maggior estensione EW e il maggior volume hanno caratterizzato il banco n. 11 (24,686 m, 1279,608 m³, rispettivamente; Tab. 3-LII). Le profondità massima e minima sono state rispettivamente 85,564 m (n. 12) e 8,386 m (n. 32). Ad eccezione della lunghezza EW e della profondità

risultate superiori per i banchi vicini, le altre caratteristiche metriche sono apparse confrontabili tra i due raggruppamenti (fig. 3.67).

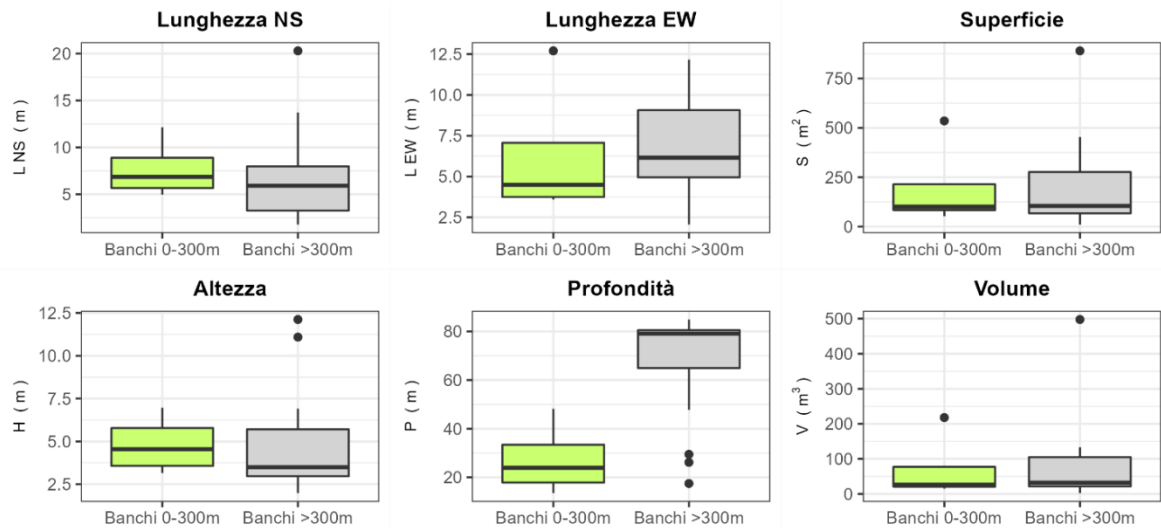


Fig. 3.65 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **marzo 2021**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

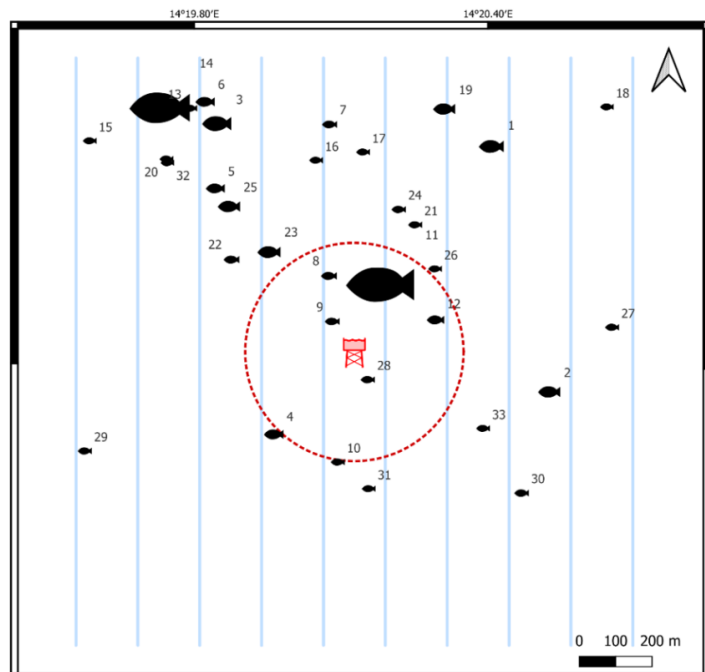


Fig. 3.66 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**aprile 2021**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

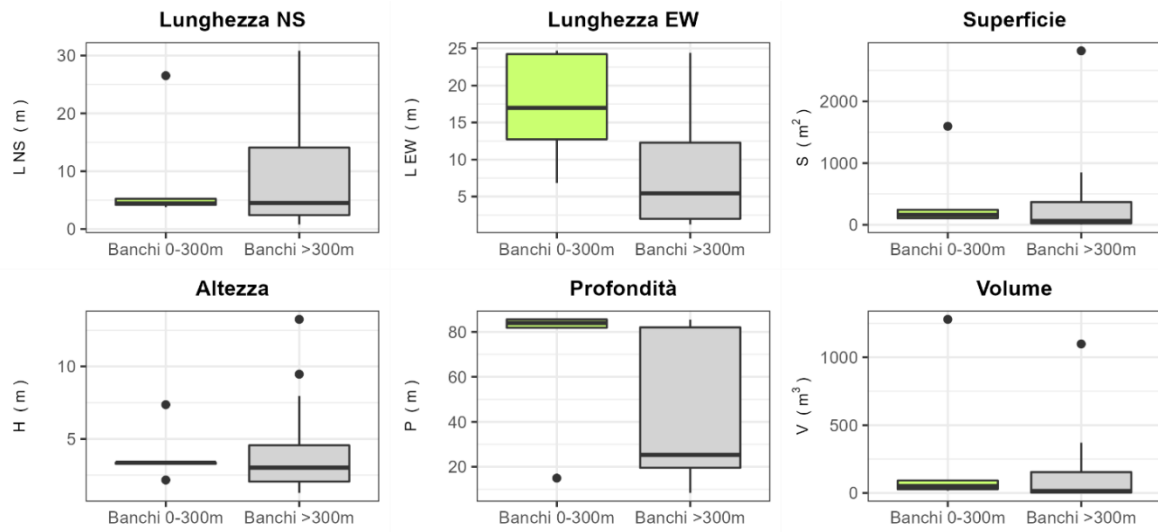


Fig. 3.67 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **aprile 2021**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

A **maggio** sono stati individuati 18 banchi di pesce di cui 4 ricadenti all'interno del raggio di 300 m da Bonaccia NW (fig. 3.68). L'aggregazione sondata più vicino alla piattaforma è stata la n. 4, posta a 176,2 m, mentre la n. 9 è stata quella più lontana (948,1 m; Tab. 3-LIII).

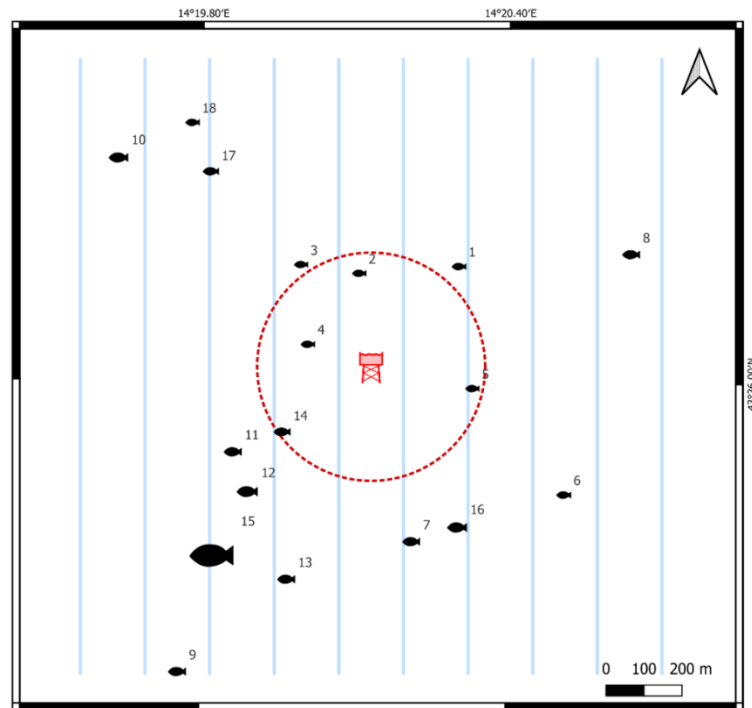


Fig. 3.68 - Schema planare delle posizioni dei banchi individuati a **maggio 2021**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LIII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati a **maggio 2021**. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	351,6	10	862,5
2	248,4	11	425,3
3	326,0	12	460,4
4	176,2	13	599,8
5	273,1	14	288,5
6	608,4	15	645,3
7	470,5	16	478,2
8	746,1	17	664,7
9	948,1	18	796,0

Il banco n. 15 è risultato quello metricamente più rilevante in termini di superficie e volume (1293,678 m² e 678,804 m³, rispettivamente), mentre le maggiori lunghezze EW (23,38 m) e NS (11,836 m) hanno caratterizzato rispettivamente i banchi n. 10 e n. 16 (Tab. 3-LIV). Il range di profondità all'interno del quale sono state sondate le aggregazioni va da un minimo di 18,092 m del banco n. 4 a un massimo di 85,468 m del n. 10. Le caratteristiche metriche delle aggregazioni rilevate entro e oltre i 300 m dalla piattaforma si differenziano per la superficie e le lunghezze lungo le due direttrici EW e NS, maggiori oltre i 300 m. I banchi lontani da Bonaccia NW hanno anche presentato una profondità media maggiore (fig. 3.69).

Tab. 3-LIV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati a **maggio 2021**. 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	53,844	4,237	3,694	23,412	26,388	2,976	11,44	43° 36,18 '	14° 20,28 '	25,212	5,449	0	0
2	23,293	4,413	1,709	71,19	72,984	1,794	5,976	43° 36,18 '	14° 20,10 '	72,099	3,898	0	0
3	12,146	2,064	2,239	28,095	30,08	1,985	2,703	43° 36,18 '	14° 19,98 '	29,086	4,493	0	0
4	39,788	4,213	3,973	16,614	19,720	3,106	9,917	43° 36,06 '	14° 19,98 '	18,092	4,012	0	0
5	24,035	2,793	2,501	19,539	22,597	3,058	5,671	43° 36,00 '	14° 20,34 '	21,195	4,238	0	0
6	57,732	4,379	3,731	25,162	28,418	3,256	16,417	43° 35,82 '	14° 20,52 '	26,738	3,516	0	0
7	197,933	8,850	9,543	40,318	49,811	9,493	85,619	43° 35,76 '	14° 20,22 '	46,278	2,129	0	0
8	197,039	9,945	8,696	78,208	81,742	3,534	84,473	43° 36,18 '	14° 20,64 '	79,762	2,333	0	0
9	233,635	6,079	13,791	82,010	86,210	4,200	90,117	43° 35,58 '	14° 19,74 '	84,338	2,449	0	0
10	379,432	9,755	23,380	83,620	86,287	2,667	125,855	43° 36,30 '	14° 19,62 '	85,468	3,015	0	0
11	307,524	8,034	20,289	82,892	86,931	4,039	92,251	43° 35,88 '	14° 19,86 '	85,119	3,334	1	0,288
12	511,062	9,723	20,013	62,174	79,131	16,957	159,392	43° 35,82 '	14° 19,92 '	71,051	3,137	0	0
13	262,721	9,592	16,249	84,056	86,265	2,209	87,069	43° 35,70 '	14° 19,98 '	85,454	3,017	0	0
14	144,682	6,885	8,663	81,889	85,819	3,930	65,924	43° 35,94 '	14° 19,98 '	83,850	2,195	0	0
15	1293,678	6,213	16,503	61,622	73,492	11,87	678,804	43° 35,76 '	14° 19,80 '	66,352	1,713	0	0
16	337,956	11,836	16,055	83,430	86,908	3,478	131,652	43° 35,82 '	14° 20,28 '	85,324	2,567	0	0
17	191,036	8,308	5,862	81,394	85,741	4,347	50,233	43° 36,30 '	14° 19,80 '	83,548	3,612	0	0
18	40,757	2,676	3,038	19,367	23,299	3,932	6,862	43° 36,36 '	14° 19,80 '	21,063	5,942	0	0

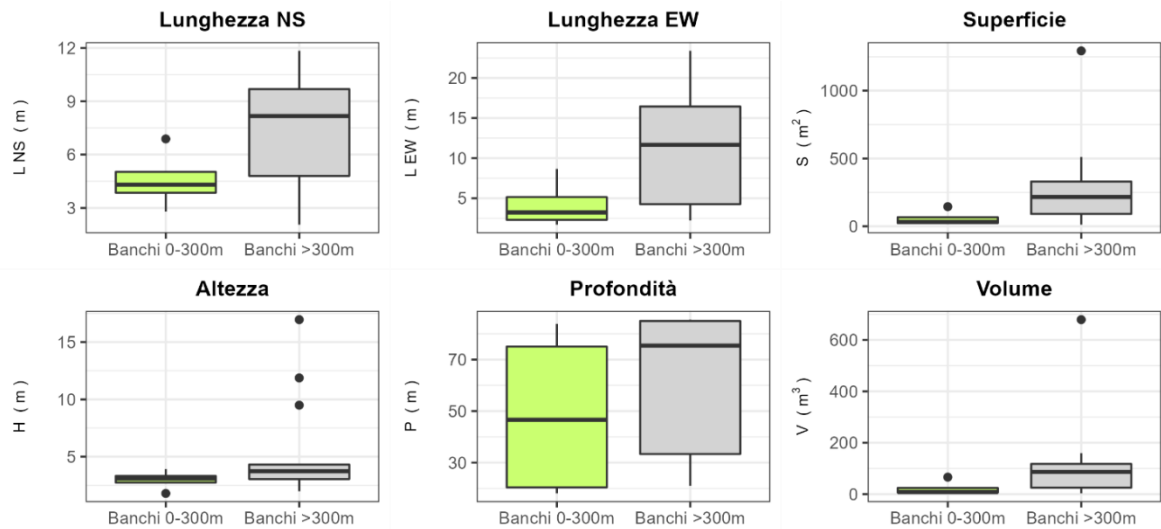


Fig. 3.69 - Box plot di alcune caratteristiche metriche e acustiche delle aggregazioni rilevate a **maggio 2021**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

Infine, a **giugno** sono stati sondati 26 banchi di pesce, di cui 8 entro 300 m da Bonaccia NW (nn. 8, 9, 12, 19, 20, 23, 24 e 25; fig. 3.70). Quello più prossimo alla piattaforma è stato il n. 25 distante 233,9 m, mentre il n. 13 è stato quello più lontano (755,4 m; Tab. 3-LV). Il banco n. 16 ha presentato le dimensioni maggiori (superficie: 1800,149 m²; volume di 735,486 m³; estensione EW: 27,858 m; estensione NS: 31,064 m; Tab. 3-LVI).

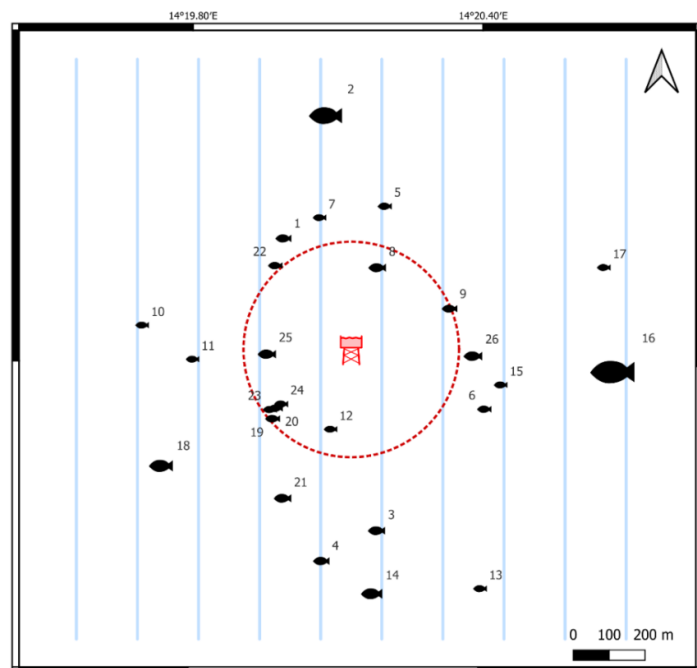


Fig. 3.70 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **giugno 2021**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati a **giugno 2021**. In evidenza i banchi entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	362,6	14	680,7
2	657,0	15	428,0
3	508,0	16	732,3
4	593,2	17	740,0
5	410,6	18	618,5
6	406,3	19	290,0
7	378,2	20	265,2
8	240,4	21	454,4
9	297,5	22	315,2
10	585,1	23	279,8
11	441,6	24	246,1
12	228,0	25	233,9
13	755,4	26	340,3

Le profondità alle quali sono stati individuati i banchi sono oscillate tra 24,353 m (n. 7) e 88,174 m (n. 14). I *boxplot* riportati in fig. 3.71 indicano che, ad eccezione di alcuni *outliers*, le caratteristiche metriche dei banchi posti entro e oltre i 300 m da Bonaccia NW sono comparabili per tutti i parametri considerati.

Tab. 3-LVI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati a **giugno 2021**. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In evidenza i banchi 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	159,202	8,110	5,835	76,899	81,456	4,557	61,065	43° 36,18 '	14° 19,98 '	79,207	2,607	0	0
2	810,966	6,074	11,226	76,497	82,402	5,905	468,989	43° 36,36 '	14° 20,10 '	79,613	1,336	0	0
3	277,578	21,722	7,605	83,99	86,119	2,129	94,031	43° 35,76 '	14° 20,16 '	85,256	2,952	0	0
4	123,062	6,000	7,108	78,564	82,014	3,450	70,975	43° 35,70 '	14° 20,10 '	80,320	1,734	0	0
5	58,932	2,665	6,769	80,371	83,568	3,197	20,473	43° 36,24 '	14° 20,22 '	82,053	2,879	0	0
6	98,368	2,976	7,602	78,974	81,249	2,275	23,414	43° 35,94 '	14° 20,40 '	80,211	3,873	0	0
7	24,535	1,336	1,004	21,515	29,564	8,049	3,634	43° 36,24 '	14° 20,04 '	24,353	5,633	0	0
8	330,478	17,607	8,308	84,613	87,023	2,410	100,428	43° 36,12 '	14° 20,16 '	86,184	2,990	0	0
9	184,079	8,422	10,255	74,798	79,721	4,923	50,226	43° 36,06 '	14° 20,34 '	77,351	3,665	0	0
10	20,759	4,419	1,638	71,031	72,644	1,613	4,749	43° 36,06 '	14° 19,68 '	71,874	4,371	0	0
11	12,354	2,015	1,426	61,465	63,781	2,316	2,706	43° 36,00 '	14° 19,80'	62,604	4,566	0	0
12	19,063	4,299	1,383	82,482	84,163	1,681	4,230	43° 35,88 '	14° 20,10 '	83,32	4,506	0	0
13	32,208	4,919	2,244	70,372	72,754	2,382	9,398	43° 35,64 '	14° 20,40 '	71,592	3,427	0	0
14	689,179	17,258	15,343	85,24	88,971	3,731	189,092	43° 35,64 '	14° 20,16 '	88,174	3,934	0	0
15	33,555	3,694	3,101	79,466	82,884	3,418	8,699	43° 36,00 '	14° 20,46 '	81,243	3,857	0	0
16	1800,149	31,064	27,858	84,641	90,270	5,629	735,486	43° 36,00 '	14° 20,70 '	87,943	2,287	1	0,365
17	28,522	5,516	1,175	74,796	76,539	1,743	7,661	43° 36,12 '	14° 20,64 '	75,703	3,723	0	0
18	589,905	8,000	15,595	65,262	75,340	10,078	248,811	43° 35,82 '	14° 19,74 '	69,923	2,228	1	0,582
19	102,584	4,524	5,774	78,245	81,030	2,785	37,046	43° 35,94 '	14° 19,98 '	79,733	2,524	0	0
20	81,931	3,156	5,955	81,203	85,219	4,016	25,908	43° 35,94 '	14° 19,98 '	83,477	3,162	0	0
21	300,196	8,933	7,384	77,055	83,415	6,360	96,444	43° 35,82 '	14° 19,98 '	79,807	2,929	0	0
22	125,723	7,169	15,481	76,016	80,049	4,033	27,528	43° 36,12 '	14° 19,98 '	77,542	4,500	0	0
23	69,385	3,880	7,861	79,597	82,311	2,714	17,967	43° 35,94 '	14° 19,98 '	81,095	3,862	0	0
24	67,415	3,646	5,349	80,123	82,959	2,836	19,655	43° 35,94 '	14° 19,98 '	81,592	3,216	0	0
25	283,82	12,666	9,587	72,908	80,830	7,922	118,277	43° 36,00 '	14° 19,98 '	76,396	2,350	0	0
26	277,071	12,887	8,713	79,811	84,144	4,333	125,818	43° 36,00 '	14° 20,40 '	81,945	2,202	0	0

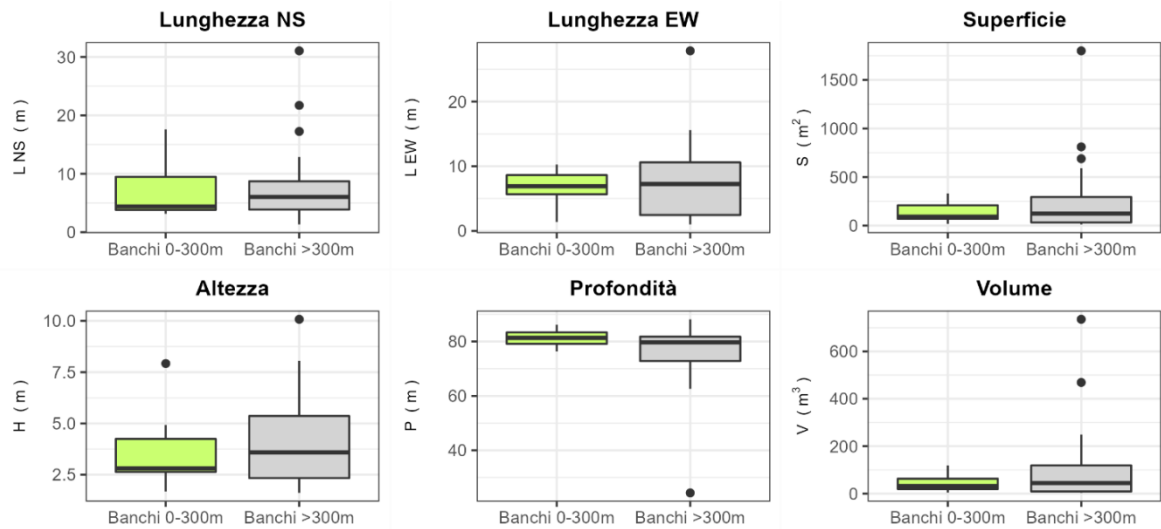


Fig. 3.71 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate a **giugno 2021**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

Si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali dei banchi di pesci rilevati nei campionamenti sopra descritti che permettono una percezione spazio-temporale dei banchi stessi nell'ambiente circostante la piattaforma Bonaccia NW (figg. 3.72 - 3.77).

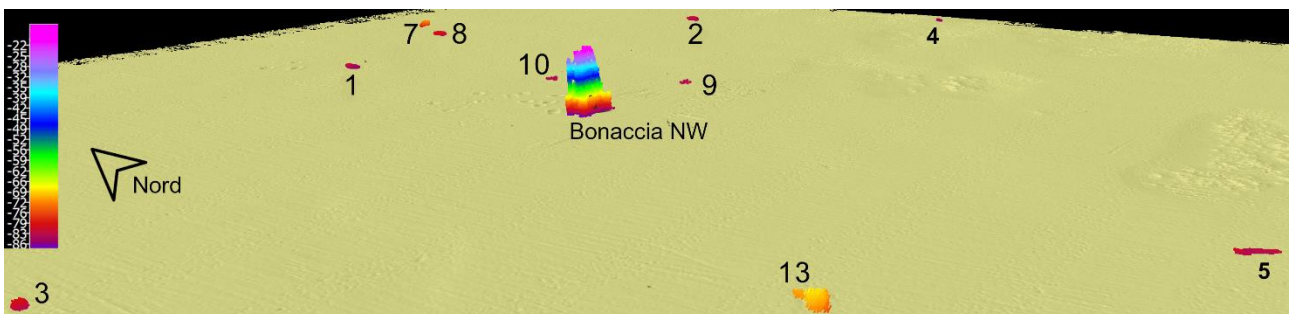


Fig. 3.72 – Immagine tridimensionale da Sud Ovest della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel **gennaio 2021**. Al centro dell'immagine è visibile la piattaforma.

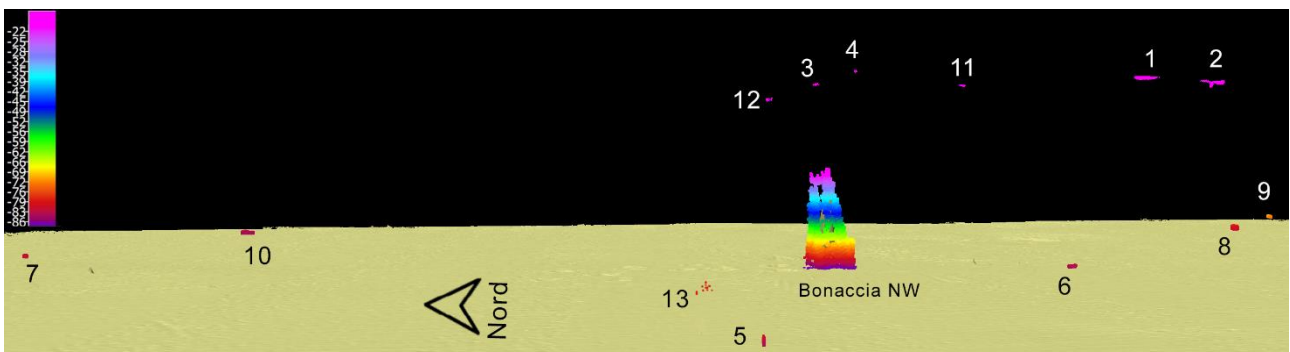


Fig. 3.73 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel **febbraio 2021**. Al centro dell'immagine è visibile Bonaccia NW.

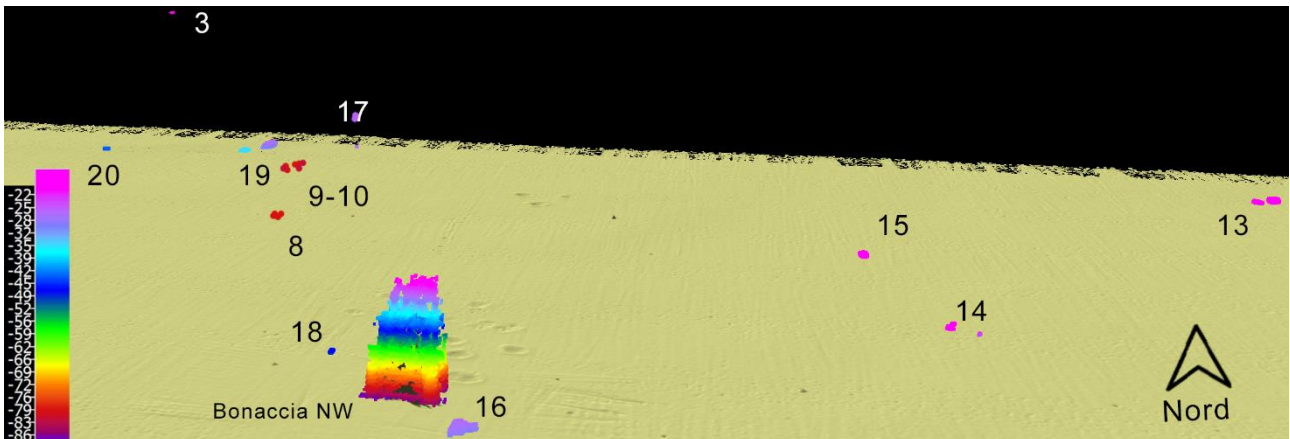


Fig. 3.74 – Immagine tridimensionale da Sud della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **marzo 2021**. In basso è visibile Bonaccia NW.

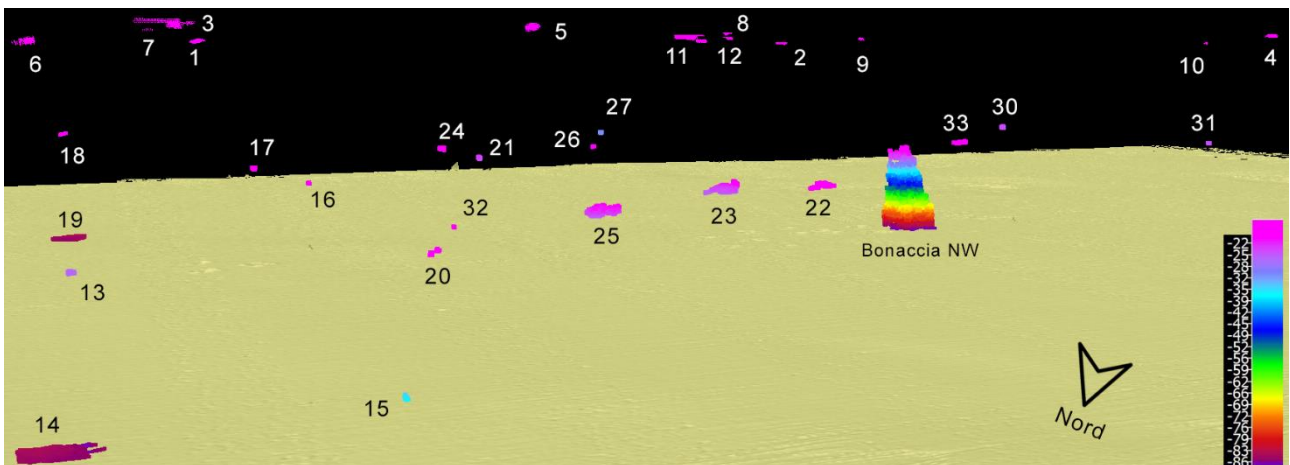


Fig. 3.75 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce ad **aprile 2021**. Verso destra è visibile la piattaforma.

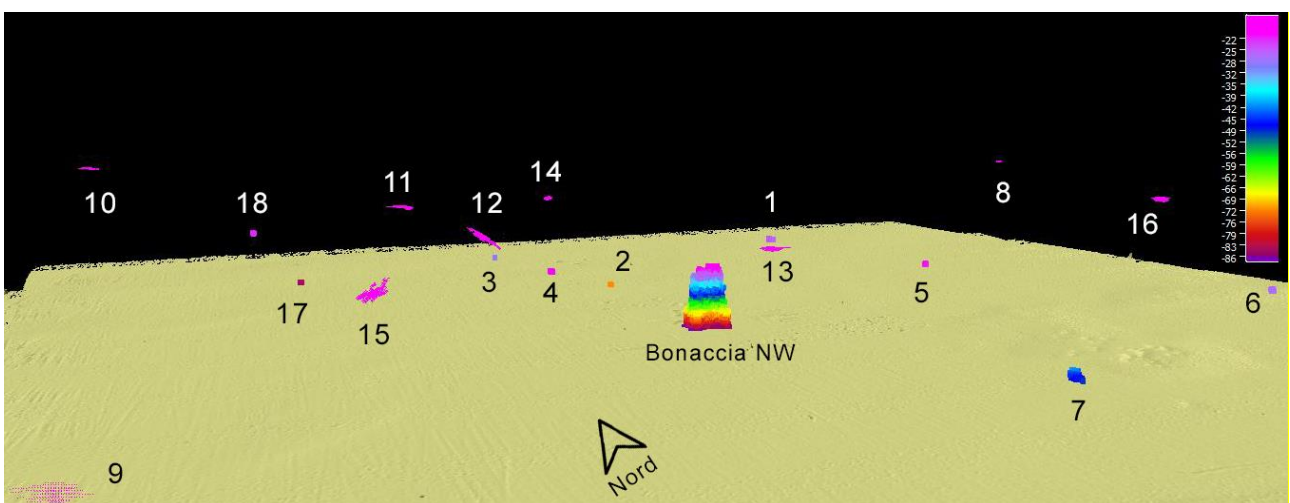


Fig. 3.76 – Immagine tridimensionale da Sud-est della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce a **maggio 2021**. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

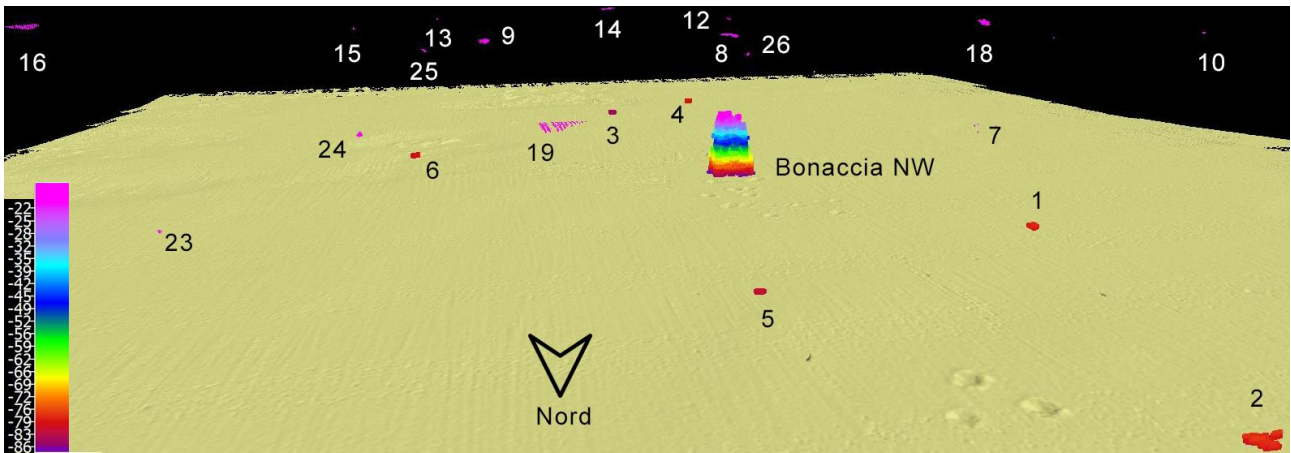


Fig. 3.77 – Immagine tridimensionale da nord della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce a **giugno 2021**. Al centro dell’immagine verso l’alto è visibile la piattaforma.

3.7.3. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Le registrazioni con telecamera in prossimità della piattaforma per ispezionare l’habitat ittico sono state effettuate durante ogni survey. Nel mese di **gennaio** 2021 una certa torbidità non ha consentito la registrazione di immagini nitide della popolazione ittica, pur presente in moderata quantità.

A **febbraio** sono stati osservati diversi esemplari di *Seriola dumerilii* (P-PA) tra i pali della piattaforma e nei primi 20 m di profondità (fig. 3.78), mentre nessun pesce è stato osservato nella colonna d’acqua sottostante.



Fig 3.78 - Febbraio 2021. Esempari di *Seriola dumerilii* tra i pali della piattaforma (profondità di circa 25 m).

A **marzo** sono state individuate specie pelagiche parzialmente attratte a una profondità di circa 40 m, tra cui due esemplari di *Boops boops* (fig. 3.79, sinistra) in prossimità di un banco costituito da esemplari di *Trachurus* spp. (P-PA) (fig. 3.79, destra). In prossimità del fondo è stato osservato un esemplare di *Pagellus bogaraveo* (NB-PA) (fig. 3.79, in basso). Nei mesi di **aprile** e **maggio** non sono stati rilevati banchi di pesce nelle strette vicinanze della piattaforma, mentre a **giugno** è stata registrata una notevole presenza di *S. dumerilii* entro i 15-20 m dalla superficie (fig. 3.80, sinistra). Un esemplare di *Phycis phycis* (B-PA), specie rinvenuta anche nelle catture effettuate in questo mese, è stato sondato in prossimità del fondale (fig. 3.80, destra).

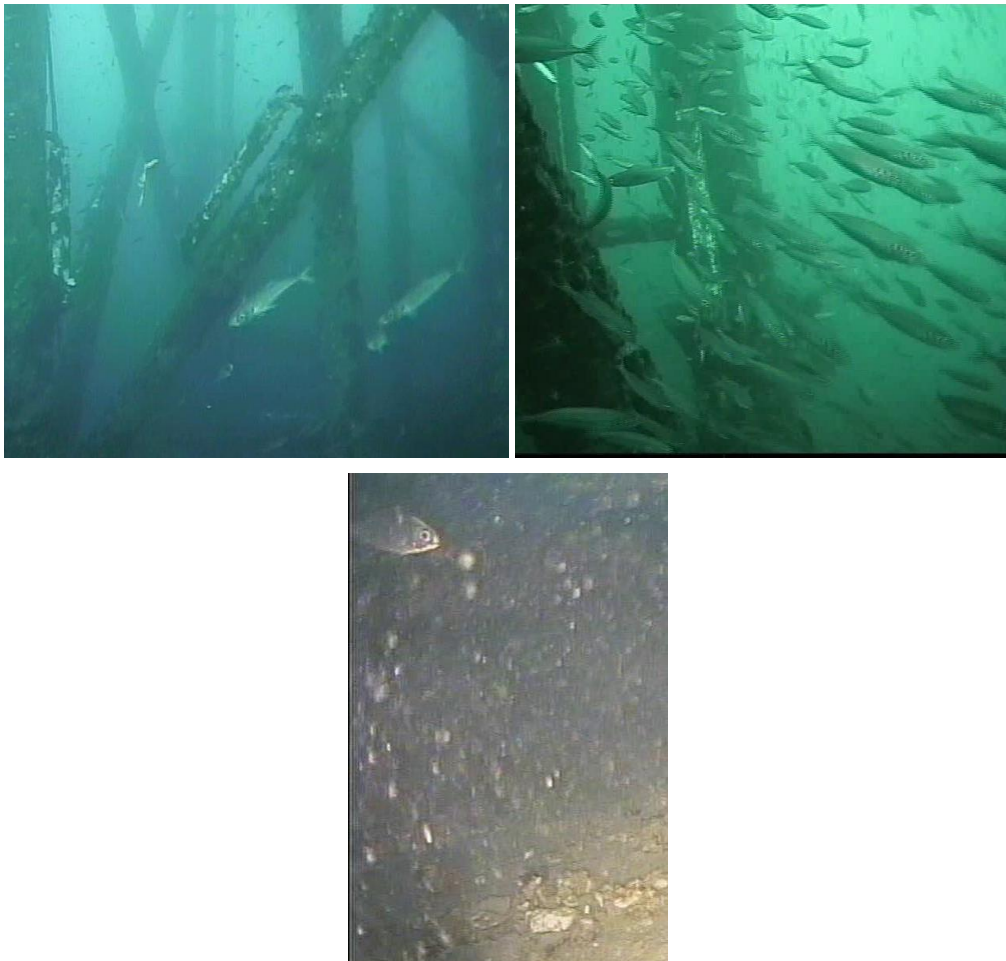


Fig. 3.79 - Marzo 2021. Esemplari di pesce pelagico parzialmente attratto registrato tra i pali della piattaforma e a una profondità di circa 40 m (2 esemplari di *B. boops* e un banco del genere *Trachurus*, a destra). In basso un esemplare di *P. bogaraveo* in prossimità del fondo.



Fig. 3.80 – Giugno 2021. Esempolari di *S. dumerilii* ad una profondità di 15-20 m tra i pali della piattaforma (sinistra) ed esemplare di *P. phycis* in prossimità del fondale (destra).

3.8. ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

Il modello WOE è stato applicato per i risultati ottenuti per la piattaforma Bonaccia NW nella campagna di indagine dell'estate 2020 e ha previsto l'integrazione di dati di 5 linee di evidenza: LOE-1 caratterizzazione chimica dei sedimenti; LOE-2 bioaccumulo (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*); LOE-3 risposte biologiche misurate tramite biomarker (*Mytilus galloprovincialis*); LOE-4 effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici. Di seguito vengono descritti i risultati relativi a ogni singola LOE e l'elaborazione complessiva WOE ottenuta integrando in maniera ponderata i risultati delle diverse LOE.

3.8.1. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE1)

I dati chimici sono stati elaborati con il modello Sediqualssoft, utilizzando i criteri di valutazione ponderata per la caratterizzazione chimica dei sedimenti; viene quindi abbandonata la logica dell'approccio tabellare e del singolo (anche se lieve) superamento di un riferimento normativo, considerando invece i risultati nel loro complesso e dando un peso al numero dei parametri che sfiorano il valore di riferimento, all'entità di tali sforamenti e alla pericolosità dei composti in questione. I criteri di integrazione ponderata utilizzati sono gli stessi previsti nel recente DM 173/2016 per la caratterizzazione e la classificazione della qualità dei sedimenti marini soggetti a movimentazione. Come obiettivi di qualità sono stati considerati in questo studio quelli previsti dagli standard di qualità ambientale (SQA) del D. Lgs 172/2015, ed i valori L1 e L2 del DM 173/2016.

Come riportato in Tab. 3-LVII, l'elaborazione complessiva di tutti i risultati nei confronti degli SQA (D. Lgs 172/2015) e di L1 (DM 173/2016) ha fornito una classe di pericolo Media nei campioni di sedimento più vicino alla piattaforma (BO NW, BO SE, BO NE, BO SW) e in A4, B2, B7 e K4; un livello di pericolo chimico da Assente a Basso nei restanti campioni. Gli analiti che hanno fornito il contributo percentualmente superiore all'indice complessivo finale sono As e Ni. La classe di pericolo elaborata nei confronti di L2 (DM 173/2016) è risultata sempre Assente, ad eccezione di A4 e BO NE, per i quali è stato ottenuto un livello di pericolo chimico Trascurabile per un lieve superamento del limite normativo di As, e del campione B8 con un superamento del riferimento della classe di contaminanti C>12, livello normativo presente solo nei riferimenti L2 (DM 173/2016).

Tab. 3-LVII - Livello di pericolo chimico ottenuto dalla elaborazione ponderata dei dati chimici di tutti i sedimenti prelevati nell'inverno 2021, in riferimento ai limiti degli SQA (D. Lgs 172/2015), L1 e L2 (DM 173/2016).

Campione	SQA (D.Lgs. 172/2015)						L1 (DM 173/2016)						L2 (DM 173/2016)					
	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico
A1	10 % As	1	15	33	1,55	BASSO	100% As	1	22	33	1,51	BASSO	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
A2	100% As	1	15	33	1,34	BASSO	100% As	1	22	33	1,3	BASSO	-	-	19	33	0,11	ASSENTE
A3	100% As	1	15	33	1,32	BASSO	100% As	1	22	33	1,28	TRASCURABILE	-	-	19	33	0,11	ASSENTE
A4	56,7% As	2	15	33	3,22	MEDIO	56,7% As	2	22	33	3,2	MEDIO	100% As	1	19	33	1,14	TRASCURABILE
BO NW	51,4% Ni	2	15	33	2,68	MEDIO	51,4% Ni	2	22	33	2,66	MEDIO	-	-	19	33	0,14	ASSENTE
BO SE	54,9% As	2	15	33	3,14	MEDIO	54,9% As	2	22	33	3,12	MEDIO	-	-	19	33	0,15	ASSENTE
A5	100% As	1	15	33	1,32	BASSO	100% As	1	22	33	1,27	TRASCURABILE	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
A6	51,5% As	2	15	33	2,48	BASSO	51,5% As	2	22	33	2,47	BASSO	-	-	19	33	0,13	ASSENTE
A7	50,8% Ni	2	15	33	2,5	BASSO	50,8% Ni	2	22	33	2,53	BASSO	-	-	19	33	0,13	ASSENTE
A8	100% As	1	15	33	1,44	BASSO	100% As	1	22	33	1,38	BASSO	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
B1	57,3% Ni	2	15	33	2,56	BASSO	57,3% Ni	2	22	33	2,54	BASSO	-	-	19	33	0,13	ASSENTE
B2	50,4% As	2	15	33	2,75	MEDIO	50,4% As	2	22	33	2,72	MEDIO	-	-	19	33	0,14	ASSENTE
B3	100% As	1	15	33	1,27	TRASCURABILE	100% As	1	22	33	1,22	TRASCURABILE	-	-	19	33	0,11	ASSENTE
B4	100% As	1	15	33	1,31	BASSO	100% As	1	22	33	1,27	TRASCURABILE	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
BO NE	56,4% As	2	15	33	3,54	MEDIO	56,4% As	2	22	33	3,51	MEDIO	100% As	1	19	33	1,26	TRASCURABILE
BO SW	54,5% As	2	15	33	3,04	MEDIO	54,5% As	2	22	33	3,01	MEDIO	-	-	19	33	0,15	ASSENTE
B5	100 % As	1	15	33	1,48	BASSO	100% As	1	22	33	1,44	BASSO	-	-	19	33	0,11	ASSENTE
B6	-	-	15	33	0,27	ASSENTE	-	-	22	33	0,21	ASSENTE	-	-	19	33	0,11	ASSENTE
B7	51% Ni	2	15	33	2,73	MEDIO	51% Ni	2	22	33	2,7	MEDIO	-	-	19	33	0,14	ASSENTE
B8	100% Ni	1	15	33	1,37	BASSO	100% Ni	1	22	33	1,33	BASSO	C>12100%	1	19	33	4,85	MEDIO
K1	-	-	15	33	0,22	ASSENTE	-	-	22	33	0,18	ASSENTE	-	-	19	33	0,09	ASSENTE
K2	100% Ni	1	15	33	1,55	BASSO	100% Ni	1	22	33	1,5	BASSO	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
K3	100% Ni	1	15	33	1,44	BASSO	100% Ni	1	22	33	1,4	BASSO	-	-	19	33	0,12	ASSENTE
K4	44,3% Ni	2	15	33	4,1	MEDIO	44,3% Ni	2	22	33	4,08	MEDIO	-	-	19	33	0,16	ASSENTE

3.8.2. CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE2)

L'elaborazione complessiva dei dati di bioaccumulo relativo ai metalli nei tessuti di *H. diversicolor* esposti a sedimenti è stata effettuata utilizzando l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata che considerano, nel loro insieme, il numero, la tipologia e l'entità delle differenze di concentrazione misurate per i vari elementi nei policheti esposti a diversi campioni di sedimenti.

Il livello di pericolo per il bioaccumulo è risultato tra Assente e Basso in tutti gli organismi testati (Tab. 3-LVIII).

Tab. 3-LVIII - Risultati della elaborazione del pericolo biodisponibilità relativo ai metalli accumulati nei tessuti di *H. diversicolor* esposti a sedimenti prelevati nell'inverno 2021.

Campione	N, parametri					HQ	Livello di pericolo per la biodisponibilità
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto		
A3	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
A4	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
BO NW	11	3	0	0	0	1,79	BASSO
BO SE	11	3	0	0	0	1,77	BASSO
A5	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
A6	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
B3	14	1	0	0	0	0	ASSENTE
B4	13	1	0	0	0	1,4	BASSO
BO NE	11	3	0	0	0	1,76	BASSO
BO SW	12	2	0	0	0	2	BASSO
B5	11	3	0	0	0	1,44	BASSO
B6	13	1	0	0	0	1,37	BASSO
K1	13	1	0	0	0	1,37	BASSO
K2	13	1	0	0	0	1,37	BASSO
K3	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
K4	14	0	0	0	0	0	ASSENTE

L'elaborazione complessiva dei dati del bioaccumulo di metalli in traccia, idrocarburi policiclici aromatici e idrocarburi alifatici è stata effettuata nei mitili prelevati presso i piloni della piattaforma Bonaccia NW e confrontati ai valori di bioaccumulo ottenuti in mitili prelevati dal sito di controllo; l'integrazione ponderata ha confermato un livello di bioaccumulo Basso sia nei mitili del campione "vicino anodo" che in quelli del campione "lontano anodo" (Tab. 3-LIX).

Tab. 3-LIX - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo di bioaccumulo di metalli, idrocarburi policiclici aromatici e idrocarburi alifatici nei tessuti di mitili prelevati nell'inverno 2021.

Campione	N. parametri					HQ	Livello di pericolo per la biodisponibilità
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto		
vicino anodo	30	0	4 (Al-V-Benzo(a)pir-Fluor)	0	0	16,9	BASSO
lontano anodo	31	2	2 (Fluor.-Σ IPA)	0	0	8,16	BASSO

3.8.3. RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOMARKER (LOE3)

Tutti i risultati dei biomarker ottenuti nei mitili prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW (vicino e lontano anodo) sono stati elaborati tramite l'applicazione di criteri di integrazione ponderata che riassumono un indice di pericolo basato sul numero e sulla rilevanza tossicologica dei biomarker che variano (rispetto ai valori ottenuti in organismi prelevati dal sito di riferimento), sulla significatività statistica e sull'entità di tali variazioni rispetto a specifiche soglie di riferimento; i risultati di queste elaborazioni sono rappresentati in Tab. 3-LX.

Il pericolo elaborato per i biomarker è stato Medio nel sito d'indagine "vicino anodo" e Assente nel sito "lontano anodo". I biomarker che hanno fornito il contributo percentualmente superiore al livello di pericolo complessivo per i biomarker sono i micronuclei e la lipofuscina.

Tab. 3-LX - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo relativo ai biomarker nei mitili.

Campione	N. Biomarker					Livello di pericolo
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto	
vicino anodo	6	0	0	1 (Lipo)	1 (MN)	MEDIO
lontano anodo	6	1	0	0	1 (MN)	MEDIO

3.8.4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE4)

La Tab. 3-LXI mostra i risultati dell'elaborazione complessiva della batteria di saggi ottenuta mediante l'applicazione di criteri di integrazione ponderata.

Anche in questo caso, come per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti, sono stati utilizzati gli stessi criteri recepiti all'interno del nuovo DM 173/2016 per la classificazione della qualità e la scelta delle opzioni gestionali per i sedimenti marini da sottoporre a movimentazione. Queste procedure consentono di abbandonare il principio che la

classificazione ecotossicologica sia determinata dal risultato peggiore: il giudizio sull'intera batteria dipende dalla rilevanza tossicologica dell'endpoint misurato da ciascun saggio, dalla soglia di sensibilità di risposta della specie, dalla significatività statistica ed entità delle variazioni misurate e dalle condizioni di saggio.

L'unico saggio ad aver mostrato un effetto di tossicità è quello sullo sviluppo embrionale di *C. gigas*; l'elaborazione ponderata di tutta la batteria ha evidenziato un livello complessivo di pericolo ecotossicologico Assente per tutti i campioni di sedimenti, ad eccezione di BO NW in cui il livello di pericolo ecotossicologico è risultato Medio.

Tab. 3-LXI - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo ecotossicologico mediante criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi costituite da *V. fischeri*, *C. orientale*, *C. gigas* E *D. tertiolecta*.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
A3	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,28	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,41		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,2		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
A4	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,29	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,47		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,78		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,4		
BO NW	<i>Vibrio fischeri</i>	0	1,66	MEDIO
	<i>Corophium orientale</i>	1,82		
	<i>Crassostrea gigas</i>	6,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,36		
BO SE	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,71	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,68		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,83		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,55		
A5	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,53	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,82		
	<i>Crassostrea gigas</i>	6,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,36		
A6	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,47	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,68		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,83		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,55		
B3	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,26	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,82		
	<i>Crassostrea gigas</i>	6,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,36		
B4	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,33	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,68		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,83		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,55		

Tab. 3-LXI – Continuo.















Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
BO NE	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,31	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,59		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,78		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,42		
BO SW	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,48	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,61		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,41		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,73		
B5	<i>Vibrio fischeri</i>	0,06	0,33	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,41		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,13		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,29		
B6	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,46	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	1,54		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,92		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,17		
K1	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,2	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,17		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,85		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,15		
K2	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,2	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,2		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,92		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,04		
K3	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,18	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,17		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,85		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
K4	<i>Vibrio fischeri</i>	0	0,24	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,25		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,85		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0,29		

3.8.5. ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

Tutti i risultati ottenuti per le diverse tipologie di analisi effettuate sono stati elaborati mediante l'approccio Weight Of Evidence (WOE) che assegna a ciascuna tipologia un peso diverso in funzione della sua rilevanza ecologica nel particolare contesto di indagine. I pesi assegnati alle varie linee di evidenza sono stati: 1,0 per LOE1, 1,2 per LOE2, 1,0 per LOE3 e 1,2 per LOE4. L'elaborazione complessiva WOE fornisce sia un valore quantitativo sia un'assegnazione qualitativa ad un livello di rischio tra: Assente (0-20); Basso (20-40); Medio (40-60); Alto (60-80); Molto Alto (80-100). Un primo livello di elaborazione complessiva è stato effettuato per i siti per i quali è stato possibile integrare i risultati di quattro linee di evidenza (LOE-1, LOE-2 e LOE-4). In Tab. 3-LXII viene riportato, per ciascun campione, sia l'indice di pericolo elaborato e già precedentemente discusso per ciascuna LOE che l'indice di

rischio integrato WOE; per questa elaborazione finale sono stati utilizzati, per la LOE 1, gli indici di pericolo ottenuti secondo i riferimenti normativi per gli standard di qualità ambientale SQA (D. Lgs 172/2015). L'indice di rischio WOE risulta Assente o Basso per tutti i siti indagati eccetto BO NW in cui il livello di rischio complessivo è risultato lievemente moderato.

Tab. 3-LXII - Risultati relativi alle singole elaborazioni ponderate (LOE1, LOE2 e LOE4) e integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence).

Campione	LOE1	LOE2	LOE4	WOE	
A3	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
A4	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO NW	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	
BO SE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
A5	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
A6	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B3	TRASCURABILE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
B4	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
BO NE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
BO SW	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
B5	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
B6	ASSENTE	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	
K1	ASSENTE	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	
K2	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO	

Tab. 3-LXII - Continuo.

Campione	LOE1	LOE2	LOE4	WOE	
K3	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
K4	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	

Un ulteriore livello di elaborazione complessiva è stato effettuato integrando i risultati ottenuti per siti riferiti al punto “Bonaccia NW” (BO SE, BO NE, BO SW, BO NW) e per le 4 linee di evidenza.

Anche in questo caso l’indice di rischio complessivo WOE è risultato Basso (Tab. 3-LXIII e fig. 3.81) permettendo di poter escludere situazioni compromesse nel sito della piattaforma investigata come già rilevato nelle stagioni estive del 2019 e del 2020.

Tab. 3-LXIII - Risultati relativi alle singole elaborazioni ponderate (LOE1, LOE2 - bioaccumulo *H. diversicolor* e *M. galloprovincialis*, LOE3 e LOE4) e integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Bonaccia NW.

Campione	LOE1	LOE2	LOE3	LOE4	WOE	
Piattaforma	MEDIO	BASSO	MEDIO	ASSENTE	BASSO	

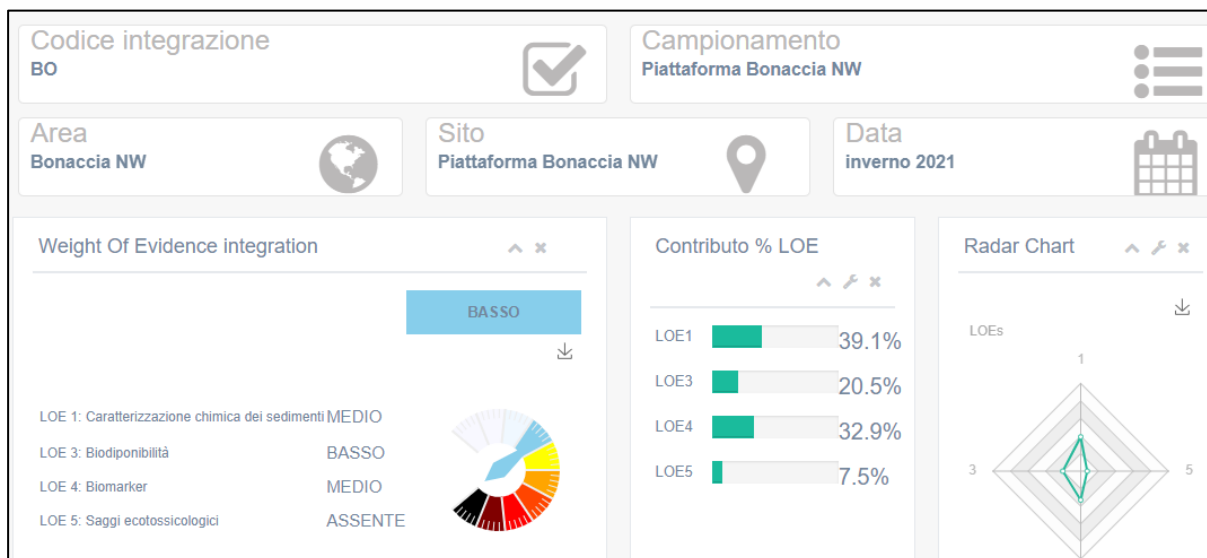


Fig. 3.102 – Output modello Sediqua: integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Bonaccia NW relativa all’inverno 2021.

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 a partire dal 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, AGROLAB Ambiente S.r.l. 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, Clara NW; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a); 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, quest’ultimo aspetto a partire dal 2019), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarker in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico il rilevamento di cetacei e rettili marini.

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.

Nel dicembre 2020 è terminato il monitoraggio relativo alla fase di esercizio di Bonaccia NW durato 5 anni per cui, a partire dal 1° semestre 2021, sarebbero dovute proseguire esclusivamente le campagne oceanografiche per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nonché la registrazione delle correnti. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 parte delle indagini previste non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 che ha di fatto bloccato con il lockdown tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Le indagini non portate a termine sono state: fisica, chimica ed ecotossicologia dei sedimenti, bioaccumulo di inquinanti e biomarker in organismi marini (*Hediste diversicolor* e *M. galloprovincialis*), rilevamenti acustici e visivi del popolamento ittico. Tutte queste indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e i risultati sono riportati nella presente relazione.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 1° semestre 2021 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Bonaccia NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b e Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c e 2022b). Sino a marzo 2021 è stato evidenziato il rimescolamento della colonna d'acqua tipico del periodo invernale, seguito da una debole stratificazione stagionale a maggio per quanto concerne temperatura e salinità. L'ossigeno disciolto ha raggiunto il 100% della saturazione solo a febbraio e a marzo, riducendosi a valori inferiori o uguali al 90% a maggio. Non sono mai stati rilevati fenomeni di ipossia o anossia.

Anche nel periodo qui esaminato il contenuto dei nutrienti è rientrato nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Tutti hanno presentato mediamente concentrazioni contenute e non hanno mostrato distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma. Il contenuto medio di nitrati e fosfati è risultato comparabile a quelli osservati nel 1° semestre del 2019 e del 2020, mentre le concentrazioni di nitriti e ammonio sono risultate moderatamente più contenute rispetto ai due anni precedenti. I silicati, invece, sono apparsi confrontabili con quanto rilevato nel 2019 e moderatamente più contenuti rispetto al 2020.

La clorofilla *a*, clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle

Euglenophyta) e clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate simili a quanto registrato nel 1° semestre del 2019 e 2020 e nei range di valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998). Non sono emerse distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma. Il carico solido sospeso è risultato moderatamente più contenuto rispetto ai due anni precedenti.

In generale, non sono emerse particolari differenze tra i siti vicini e quelli lontani da Bonaccia NW per i vari parametri analizzati e, dunque, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Bonaccia NW, confermando i risultati precedenti.

Per quanto concerne la ricerca di inquinanti lungo la colonna d'acqua, non si sono riscontrate particolari criticità e non è stata rilevata una differenziazione statisticamente significativa tra stazioni campionate a 100 m di distanza dalla piattaforma e quelle situate a 2000 m e utilizzate come controlli. Alla luce di quanto osservato si può concludere che nel 1° semestre 2021 le concentrazioni di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non hanno evidenziato effetti perturbativi significativi della piattaforma Bonaccia NW sull'ambiente marino, analogamente all'intero periodo di indagine a partire dal pre-survey.

Misure correntometriche - In generale, l'area in cui è installata Bonaccia NW è caratterizzata da correnti molto variabili in direzione, e tale variabilità è stata confermata anche nel 1° semestre 2021, soprattutto nel mese di marzo. La direzione prevalente è stata settentrionale e la velocità modesta, quasi sempre inferiore a 0,1 m/s.

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti - Dal punto di vista granulometrico l'area in cui è stata installata la piattaforma Bonaccia NW è caratterizzata da un sedimento costituito in prevalenza da sabbia, affiancata da percentuali leggermente superiori di silt rispetto all'argilla. Nell'intero periodo esaminato non sono state osservate alterazioni di rilievo nella composizione granulometrica e quelle rilevate, in prevalenza nel 2° survey post lavori di installazione (estate 2016), hanno sempre interessato anche i controlli. A fine periodo si rileva che complessivamente, la tessitura dei sedimenti è in linea con quella registrata prima dell'installazione di Bonaccia NW.

Per quanto concerne gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, sino al 2° monitoraggio post lavori di installazione i vari composti avevano presentato concentrazioni modeste, molto al di sotto dei valori di riferimento. Nell'inverno 2017 (3° survey post lavori) era stato invece osservato un diffuso incremento di IPA dovuto quasi esclusivamente al Naftalene, le cui concentrazioni

superavano in molti siti il livello chimico di base (ICRAM-APAT, 2007). Tuttavia, anche in tre stazioni di controllo era avvenuto tale superamento, pertanto era stata esclusa una correlazione con la presenza della piattaforma.

Nei monitoraggi successivi gli IPA hanno conservato tenori molto bassi, tanto che le variazioni rilevate tra i diversi periodi e tra le stazioni di campionamento sono da ritenersi trascurabili.

Una diffusa presenza di idrocarburi totali pesanti ($C > 12$) è stata individuata nell'area di indagine prima dell'installazione della piattaforma, che però si è ridotta considerevolmente nel tempo. A fine periodo le concentrazioni sono risultate inferiori o comparabili a quelle del pre-survey. Osservando il comportamento di questi contaminanti in tutta l'area indagata il contenuto anomalo rilevato nell'ultimo monitoraggio a 250 m a SW della piattaforma rappresenta senza dubbio uno spike.

Le concentrazioni degli idrocarburi totali leggeri ($C < 12$) sono risultate sempre al di sotto del limite di quantificazione.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, le concentrazioni rilevate sono risultate tendenzialmente basse e generalmente inferiori i valori di riferimento (DM 173/2016). Quando superiori, come nel caso del nichel, dell'arsenico e più raramente del cromo, il superamento è avvenuto anche nei controlli.

La maggior parte degli elementi ricercati non ha subito variazioni importanti dal pre-survey sino a fine periodo, anche se è avvenuta qualche anomalia a carico di alcuni metalli. In particolare si evidenzia l'arsenico, le cui concentrazioni sono risultate più elevate rispetto a quelle del pre-survey già a partire dal 1° monitoraggio post lavori di installazione. Come anticipato spesso tali concentrazioni sono risultate superiori rispetto al Livello Chimico di Riferimento Nazionale (LCRN) riportato nel DM 173/2016, in particolare lungo i transetti ma anche nei siti di controllo. Nell'estate 2019 le concentrazioni rilevate in BO SE e nei siti A7 (120 m a SE della piattaforma), B4 (30 m a NE) e B7 (120 m a SW) erano risultate più che doppie rispetto all'LCRN, così come il contenuto in BO SE registrato nell'estate 2020. In tutti questi casi è stata eseguita l'estrazione sequenziale del metallo per verificarne la natura e, da tale analisi, è emerso che oltre il 70-80% di arsenico è presente nella forma non biodisponibile.

Da segnalare il comportamento del bario che, pur presentando concentrazioni generalmente basse, ha manifestato occasionalmente dei picchi prevalentemente presso la struttura e a 30 m

da essa. Nell'estate 2018 (6° survey post lavori di installazione) la situazione appariva normalizzata. Nell'inverno successivo, invece, il bario aveva mostrato una recrudescenza esibendo presso Bonaccia NW un tenore medio oltre 10 volte più elevato rispetto ai controlli. Nell'estate 2019 tali picchi non sono stati registrati, ma permanevano in due siti adiacenti alla struttura (BO SE e BO NE) evidenti anomalie positive seppur molto inferiori all'inverno precedente. Nell'estate seguente (2020) il picco di BO NE si è notevolmente ridotto, mentre quello di BO SE è aumentato ulteriormente pur non raggiungendo i livelli degli anni precedenti. Anche nell'inverno 2021 sono stati evidenziati segnali di alterazione in questi due siti, sebbene più modesti rispetto all'estate 2020. A partire dall'inverno 2019 per questi casi anomali si è ritenuto opportuno valutare la biodisponibilità del bario procedendo con la sua estrazione sequenziale, anche se non si tratta di un metallo normato e non è nota la sua tossicità ambientale; come limite di riferimento è stato considerato il doppio della concentrazione rilevata nel pre-survey. Ebbene, in tutti i casi in cui è stata effettuata l'estrazione sequenziale è emerso che la frazione non biodisponibile è di gran lunga superiore a quella biodisponibile, rappresentando sempre oltre il 70%. Comunque, come osservato in precedenza, si conferma che le anomalie descritte, seppur modeste in valore assoluto, indicano un effetto di Bonaccia NW sulla dinamica di questo metallo.

Un comportamento particolare nel corso delle indagini, caratterizzato da un'elevata variabilità, è stato rilevato per il silicio. Nel pre-survey le concentrazioni erano risultate inferiori al limite di quantificazione nella maggior parte dei siti, mentre durante le operazioni di installazione della piattaforma, nelle sue strette vicinanze, si registravano concentrazioni molto elevate pari a 16 volte la media dei controlli.

Dopo l'installazione di Bonaccia MW, il silicio era stato rilevato ovunque con concentrazioni maggiori lungo i transetti e nell'area prossima alla struttura rispetto ai controlli. Poi nelle campagne successive sino all'inverno 2019 i valori si sono ridotti, risultando più omogenei tra loro. Nell'estate 2019 (8° survey post lavori), invece, il silicio è di nuovo aumentato, presentando tre anomalie positive, precisamente a 250 m a NE della struttura (B1) e in due siti a ridosso della piattaforma (BO NE e BO SW) corrispondenti a circa 3 volte la media dei controlli.

Anche i dati relativi all'estate 2020 e all'inverno 2021 dimostrano che, rispetto al pre-survey, il silicio è aumentato un po' ovunque ma, dati i comportamenti altalenanti osservati per tutta la durata dello studio, non ci sono elementi inequivocabili per identificare relazioni di

causalità con la presenza della piattaforma.

Riguardo alla sostanza organica, il picco registrato in BO SW durante i lavori di installazione rappresenta l'unico valore superiore a quello rilevato nel controllo K4 durante il pre-survey e, pertanto, rimane un caso isolato che non indica un'alterazione di questa variabile dovuta alla presenza di Bonaccia NW.

Infine, il TOC presenta un comportamento particolare in quanto, non rilevato nel pre-survey, a partire dai lavori di installazione è sempre stato quantificato esibendo in generale andamenti confrontabili nell'area circostante la piattaforma e nei siti di controllo; qualche alterazione è stata riscontrata nel 2° survey post lavori di installazione, quando sono stati raggiunti i valori maggiori dell'intero periodo monitorato.

Ecotossicologia dei sedimenti - I saggi biologici eseguiti nell'11° monitoraggio post lavori di installazione (inverno 2021) relativi a *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata sin dal pre-survey. Anche per quanto concerne la sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale* a fine periodo si sono ripristinate le condizioni iniziali di non tossicità. Per questo organismo erano stati segnalati sporadici casi di tossicità bassa nei primi tre monitoraggi post lavori di installazione, che avevano interessato per lo più i siti di controllo, ma nell'inverno 2019 (7° post lavori) era avvenuto un consistente peggioramento in corrispondenza della piattaforma e lungo i transetti. Tale situazione rappresenta un episodio isolato.

Per quanto concerne il test per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, eccetto nel pre-survey sono stati sempre osservati segnali di tossicità più o meno estesa e più o meno grave in tutto il periodo, sempre presente anche uno o più controlli. L'estate 2019 ha rappresentato la stagione maggiormente impattata soprattutto nell'area circostante la piattaforma, dove in due siti, A5 posto a 30 m a SE e BO NE, è stata registrata per la prima volta una tossicità alta. Altrove la tossicità era risultata bassa o media, analogamente alle stazioni di controllo. Nell'estate 2020 è avvenuto un generale miglioramento, soprattutto nell'area circostante la piattaforma che nell'ultimo campionamento è continuato lungo l'asse NE – SW e ai controlli, oltre che a NW della piattaforma ad almeno 30 m di distanza. Permane uno stato ancora non ottimale altrove.

Analisi di biomarker e inquinanti in *Hediste diversicolor* - Gli indici biologici di stress condotti su *H. diversicolor* confermano nel complesso uno scarso effetto tossico associato alla presenza di sostanze inquinanti nei sedimenti. Viene osservata una lieve forma di stress indicata dai valori della stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti, così come dai

livelli di metallotioneine nei tessuti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati in corrispondenza della piattaforma. Nell'ultimo campionamento è stato osservato il ripristino delle funzionalità mitocondriali nei celomociti e la valutazione dei livelli dei composti aromatici ha indicato l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti. Infine, anche nell'estate 2020 è risultata assente la stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti. Si può pertanto concludere che l'ambiente circostante la piattaforma non presenta particolari condizioni di stress per i policheti.

Per quanto concerne le prove di bioaccumulo di metalli pesanti, la maggior parte degli elementi ricercati è stato bioaccumulato sporadicamente nel tempo. Anche alcuni metalli che, a inizio indagine, presentavano un diffuso bioaccumulo come ad esempio arsenico e mercurio, a fine periodo non hanno più presentato criticità. Al contrario, è stato rilevato un bioaccumulo di bario ovunque a partire dal 2019; è tuttavia da specificare che essendo la biodisponibilità di questo metallo molto ridotta, come evidenziato dall'estrazione sequenziale nei sedimenti, ed essendo la tossicità di questo elemento estremamente bassa, non si ritiene che quanto osservato suggerisca una criticità ambientale. Infatti, la caratterizzazione del pericolo per il bioaccumulo elaborata con l'analisi di rischio ecologico WOE ha evidenziato un basso livello di pericolo per la biodisponibilità nei siti adiacenti la piattaforma.

Analisi di inquinanti e biomarker in *Mytilus galloprovincialis* - L'analisi effettuata a fine periodo (inverno 2021) e relativa al bioaccumulo di idrocarburi alifatici, di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di elementi in traccia, non evidenzia particolari criticità nei mitili, essendo i valori solitamente sempre bassi o inferiori ai LOD delle metodiche analitiche e comunque sempre rientranti nei range di variazione nota per mitili provenienti da aree costiere o offshore non soggette da fenomeni di contaminazione o perturbativi.

Un'eccezione degna di nota si riferisce ai livelli di alluminio che nell'inverno del 2021 raggiunge valori piuttosto elevati nel sito della piattaforma Bonaccia NW vicino all'anodo di sacrificio superiori ai range noti per popolazioni di mitili di riferimento (Fattorini *et al*, 2008), e che pertanto suggerisce la presenza di fenomeni in grado di alterarne la biodisponibilità di questo elemento nel sito della piattaforma. Oltre a questo, anche alcuni livelli di IPA ad alto peso molecolare (benzo(a)pirene e fluorantene) riscontrati nei mitili della piattaforma, in particolare nel sito VA, risultano non trascurabili.

Per quanto concerne i biomarker, in generale le analisi nei mitili campionati sulla piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2021 non mostrano alterazioni degne di nota rispetto agli

esemplari di riferimento, ad esclusione di alcune variazioni puntiformi come una maggiore frequenza di micronuclei e una diminuzione della stabilità delle membrane lisosomiali, variazioni che tuttavia possono essere ascrivibili a situazioni temporanee o di normali fluttuazioni biologiche tipiche di questi organismi bioindicatori.

Comunità ittica - I risultati dei campionamenti di pesca effettuati nei cinque anni di indagine con reti tremaglio sono riportati in Spagnolo *et al.* (2022b). Essi hanno evidenziato un arricchimento del popolamento ittico in termini di rendimenti di pesca, ricchezza e diversità specifica determinato dalla presenza della piattaforma come già osservato in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2004a; 2004b; 2006; 2010b; 2015a; 2016a; Scarcella *et al.*, 2011; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022) e con alcuni studi condotti in altre zone (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder *et al.*, 1999; Love *et al.*, 2000; 2005; Løkkerborg *et al.*, 2002, Pradella *et al.*, 2014).

Nel 1° semestre 2021 i campionamenti di pesca sono stati ripetuti essendo i dati fondamentali per l'interpretazione di quelli acustici, che nel 1° semestre 2020 non era stato possibile ottenere per il lockdown nazionale. Ebbene, questi ulteriori survey di pesca hanno ancora confermato l'effetto positivo esercitato dalla presenza di Bonaccia NW in termini di diversificazione e arricchimento del popolamento ittico, indicato dalle catture esclusive di numerose specie ittiche per lo più attratte o parzialmente attratte dai substrati rocciosi e dai maggiori rendimenti di pesca anche di specie tipiche dell'area.

Mediante i survey acustici con MultiBeam EchoSounder e visivi con videocamera è stato possibile ottenere ulteriori informazioni circa la comunità ittica che gravita attorno alla piattaforma. Queste due metodologie, infatti, sondando interamente la colonna d'acqua, permettono di individuare anche la presenza di specie piccole e pelagiche che vengono catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa dell'etologia delle specie stesse e della selettività e dell'altezza limitata della rete utilizzata.

In riferimento ai dati raccolti tramite il sistema MBES nel primo semestre 2021, mediante l'integrazione con le riprese video e con i campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi in prossimità della piattaforma e relativamente piccoli individuati in prossimità del fondale (84 -70 m), come ad esempio i banchi nn. 9 e 10 di gennaio, nn. 4, 6 e 13 di febbraio e nn. 12, 23 e 24 di giugno fossero di specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *Trisopterus minutus capelanus* o *Pagellus* spp. I banchi più superficiali, come quelli rilevati a marzo o il n. 28 di aprile sono invece riconducibili a specie pelagiche parzialmente attratte

quali *Boops boops* o *Trachurus* spp, la cui presenza nella zona è stata confermata sia dai campionamenti di pesca, sia dalle riprese subacquee.

A distanze maggiori dalla struttura Bonaccia NW sono stati rilevati banchi anche di notevoli dimensioni a profondità variabili, come ad esempio le aggregazioni n. 19 di marzo, n. 25 di aprile, n. 15 di maggio e nn. 2 e 16 di giugno; è verosimile che i banchi più superficiali siano rappresentate da pelagici non attratti quali *Engraulis encrasicolus* o *Sardina pilchardus* scarsamenti presenti o assenti nelle catture. Interessante anche il rinvenimento mediante le riprese subacquee effettuate nelle immediate vicinanze della piattaforma di esemplari di *Seriola dumerilii*, una specie pelagica attratta dai fondali rocciosi, scarsamente presente nelle catture effettuate nell'intero periodo e che è stata invece osservata in diverse occasioni.

Analisi di rischio ecologico (WOE) - Il modello WOE applicato in questa indagine ha permesso l'interpretazione di ampi data-set di dati scientificamente complessi ed eterogenei, superando la logica del confronto tabellare e aumentando così la capacità di discriminare variate condizioni ambientali. La possibilità di applicare un'elaborazione scientificamente robusta, per riassumere indici sintetici di facile comprensione, è un grande supporto nei processi di valutazione del rischio ambientale. E' stata ottenuta una serie di indici sintetici di pericolo, ciascuno specifico per ogni tipologia di indagine (o linea di evidenza, LOE). Tali indici di pericolo si riferiscono alle caratteristiche chimiche dei sedimenti in riferimento sia agli SQA del D. Lgs 172/2015 sia ai valori L1 e L2 del DM 173/2016 (LOE1), alla biodisponibilità dei metalli associati ai sedimenti per il polichete *H. diversicolor* e per i mitili *M. galloprovincialis* prelevati direttamente dai piloni della piattaforma Bonaccia NW (LOE2), alle risposte biologiche (biomarker) analizzate negli stessi mitili (LOE3) e alle caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti valutate tramite una batteria di saggi biologici (LOE4).

In prima analisi l'integrazione finale WOE è stata calcolata per tutti i siti per cui si disponeva di dati completi per quattro linee di evidenza (LOE-1 chimica dei sedimenti, LOE-2 bioaccumulo (*Hediste diversicolor*), LOE-4 saggi ecotossicologici) e ha permesso di ottenere un indice di rischio che risulta Assente o Basso per tutti i siti ad eccezione del sito BO NW che mostra un rischio lievemente moderato, confermando una generale condizione di buono stato ambientale nell'area della piattaforma.

Le indagini sul bioaccumulo e sulle risposte biologiche ottenute nei mitili prelevati dai piloni della piattaforma hanno consentito di svolgere una elaborazione ulteriore per il sito "Bonaccia

NW”, per il quale l’analisi finale WOE è stata effettuata integrando, oltre alle tre linee di evidenza già citate, anche quella relativa al bioaccumulo (LOE2) e biomarker nei mitili (LOE3). Questo ulteriore livello di approfondimento ha permesso di ottenere un livello di rischio Basso per il sito della piattaforma Bonaccia NW. Anche considerando i risultati di integrazione delle singole LOE i livelli di pericolo misurati risultano Assenti e Bassi con eccezioni relative al livello di pericolo chimico dei sedimenti che risulta per alcuni siti indagati (BO NW, BO SE, BO NE, BO SW, A4, B2, B7 e K4) Medio (a causa di un livello più alto di As e Ni rispetto agli SQA; D.Lgs. 172/2015), e al livello di pericolo ecotossicologico del campione BO NW che presenta una classe Media.

Alla luce dell’indagine effettuata tenendo in considerazione l’integrazione di tutti i dati ottenuti è possibile escludere situazioni di compromissione nell’area interessata dall’installazione della piattaforma Bonaccia NW.

5. BIBLIOGRAFIA

- 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).
- Banni M., Dondero F., Jebali J., Guerbej H., Boussetta H., Viarengo A. 2007. Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein MT10 and MT20 expression: a validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4): 369-383.
- 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.
- 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.
- Bouraoui Z., Banni M., Ghedira J., Clerandeanu 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.
- Canesi L., Borghi C., Ciacci C., Fabbri R., Vergani L., Gallo G. 2007. Bisphenol-A alters gene expression
- 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.
- Duroc 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.
- 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., 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. 2015a. *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., Bernardi Aubry F., Boldrin A., Camatti E., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Pre-survey (dicembre 2014 - marzo 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 132 + XXX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma*.

Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione). Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.

- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di posa in opera (aprile 2015 - gennaio 2016). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, indagini sedimentologiche e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 2.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 152 + XXVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 162 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013).* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Salvalaggio V. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto finale 1° anno (gennaio - dicembre 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 233 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - rapporto semestrale 2° anno (gennaio-giugno 2017). Rapporto n. 5.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 173 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., De Biasi A.M., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto Finale 2° anno (dal pre-survey a dicembre 2017). Rapporto n. 7.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 87 + XIX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Tasseti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 3° anno. Rapporto n. 8.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + XLIX 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. 2019b. *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.
- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russ, A., Regoli F. 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic sea: A regional

- gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities. *Chemosphere*, 72(10): 1524-1533.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. 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.
- Ghribi R., Correia A. T., Elleuch B., Nunes B. 2019. Toxicity assessment of impacted sediments from southeast coast of Tunisia using a biomarker approach with the polychaete *Hediste diversicolor*. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 76(4): 678-691.
- Gibbons J.D., Chakraborti S. 2011. *Nonparametric Statistical Inference*. Fifth Edition, Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL (USA).
- Gomiero A., Da Ros L., Meneghetti F., Nasci C., Spagnolo A., Fabi G. 2011. Integrated use of biomarkers in the mussel *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: results of a two-year biomonitoring program. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(11): 2483-2495.
- Gomiero A., Volpato E., Nasci C., Perra G., Viarengo A., Dagnino A., Spagnolo A., Fabi G. 2015. Use of multiple cell and tissue-level biomarkers in mussels collected along two gas fields in the northern Adriatic Sea as a tool for long term environmental monitoring. *Mar. Poll. Bull.*, 93(1-2): 228-244.
- 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.
- 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.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Bonaccia NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 133 pp.
- Løkkeborg S., Humborstad O. B., Jorgensen 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.
- Love M.S., Schroeder M.D., Leanz W.H. 2005. Distribution of Boccaccio (*Sebastes paucispinis*) and Cowcod (*Sebastes levis*) around oil platforms and natural outcrops off California with implication for larval production. *Bull. Mar. Sci.*, 77(3): 397-408.
- 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.
- 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
- Moltedo G., Martuccio G., Catalano B., Gastaldi L., Maggi C., Virno-Lamberti C., Cicero A.M. 2019. Biological responses of the polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776) to inorganic mercury exposure: A multimarker approach. *Chemosphere*, 219: 989-996.
- Onorati F., 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*: 83-89.
- Onorati F, Bandini F., Brillì L., Bellaria V., Castiglioni S., Celetti A.M., Comin S., Di Gioia E., Fabbri S., Facchini L., Ferrara M., Guerra R., Leoni T., Lo Re R., Manzo S., Martini P., Mascilongo G., Meloni P., Meineri V., Milani S., Molina M., Rossi E., Ruggiero G., Sanguinetti M.S., Tamberlich F., Traldi D., Trichilo S. 2007. Interconfronto nazionale sul test di inibizione della bioluminescenza mediante *Vibrio fischeri*. *Biol. Mar. Medit.*, 14(1): 87-91.
- 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.
- Piva F., Ciapri F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a Weight Of Evidence approach with bioindicator organisms: a practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere*, 83: 475-485.
- Pradella N., Fowler A.M., Booth D.J. and Macreadie P.I. 2014. Fish assemblages associated with oil industry structures on the continental shelf of north-western Australia. *J. Fish Biol.*, 84: 247-255.
- Regoli F., D'Errico G., Nardi A., Mezzelani, M., Fattorini, D., Benedetti M., Di Carlo M., Pellegrini D., Gorbi S. 2019. Application of a weight of evidence approach for monitoring complex environmental scenarios: The case-study of off-shore platforms. *Frontiers in Marine Science*. 6, 377.
- 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.
- Schroeder D.M., Ammann J.A., Harding, L.A., MacDonald W., Golden. T. 1999. Relative habitat value of oil and gas production platforms and natural reefs to shallow water fish assemblages in the Santa Maria Basin and Santa Barbara Channel, California. *Proc. Fifth Calif. Islands Symp.*: 493-498.
- 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.
- 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. 2020a. *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.
- 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. 2020b. *Servizi di 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*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 184 + lvii pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Manarini T., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 13*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 295 + CXXXVIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Manarini T., Siena G., Saggiomo M., Urbini L. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 14*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 85 + XV pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 302 + CXXXVII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 15*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 308 + CLIX 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.
- 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.
- 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.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



ALLEGATO A

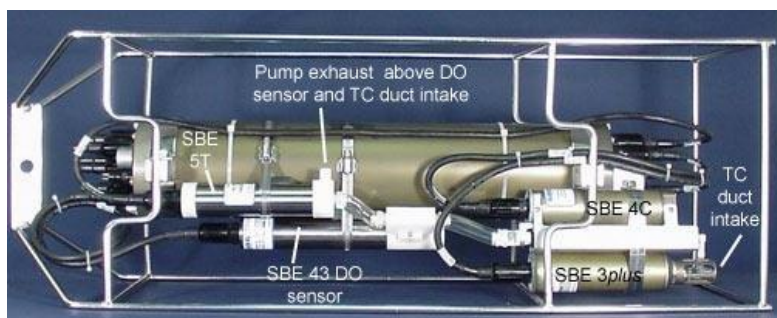
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

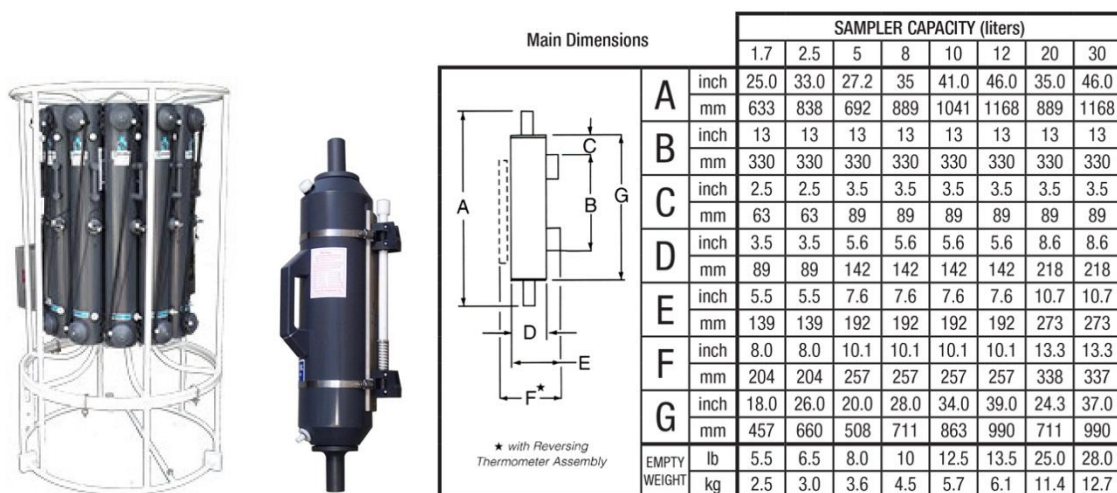
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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	$\pm 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}$	$-5 : +35 \text{ } ^\circ\text{C}$	21/05/2019
Conducibilit�	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003 \text{ S m}^{-1}$	$0 : 7 \text{ S m}^{-1}$	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	$\pm 0,01 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	$0 : 50 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ NTU}$	$0 : 25 \text{ NTU}$	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

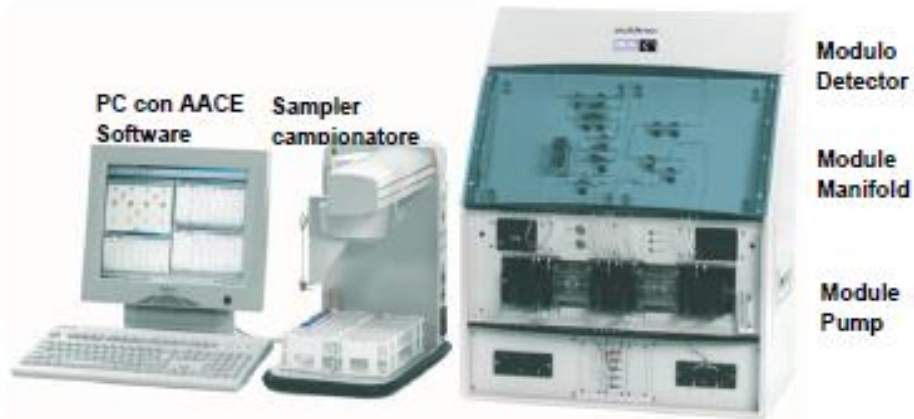
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, torbidimetrica, 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 Iono-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
	Volumi 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

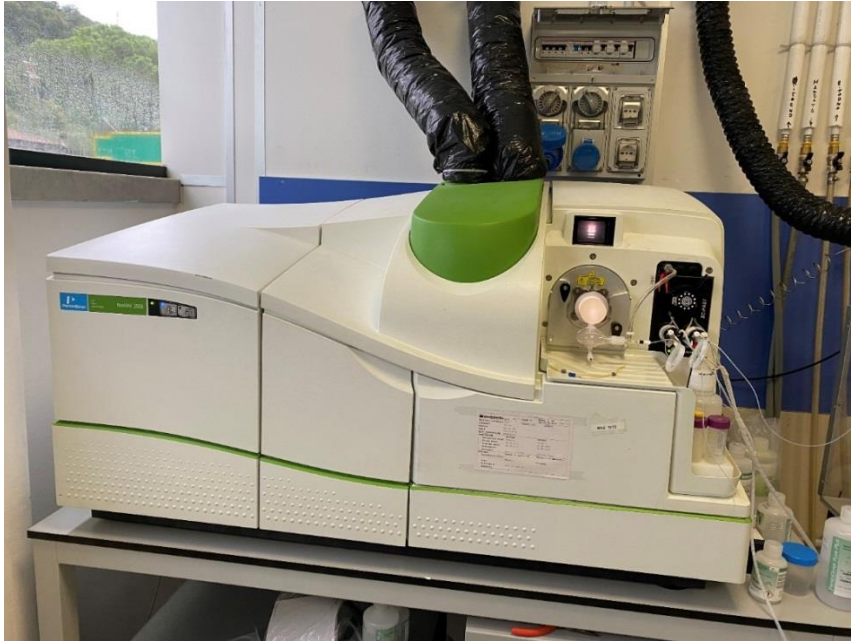
High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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.

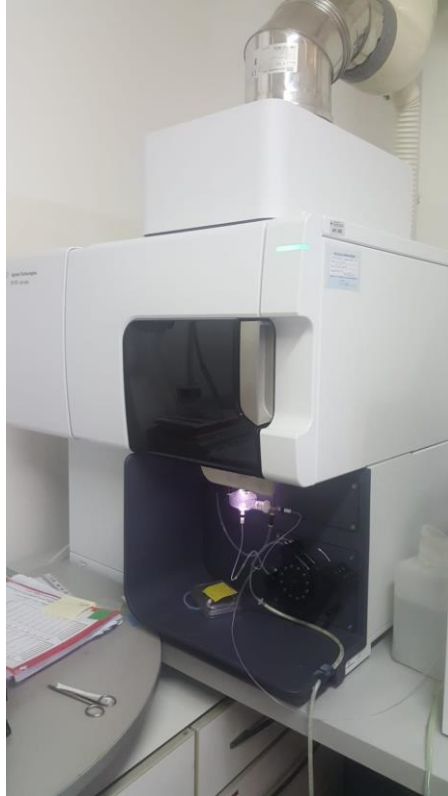
A2-XI ICP-MS Agilent Mod. 7700

Misurazione di INDIO



A2-XII Spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV

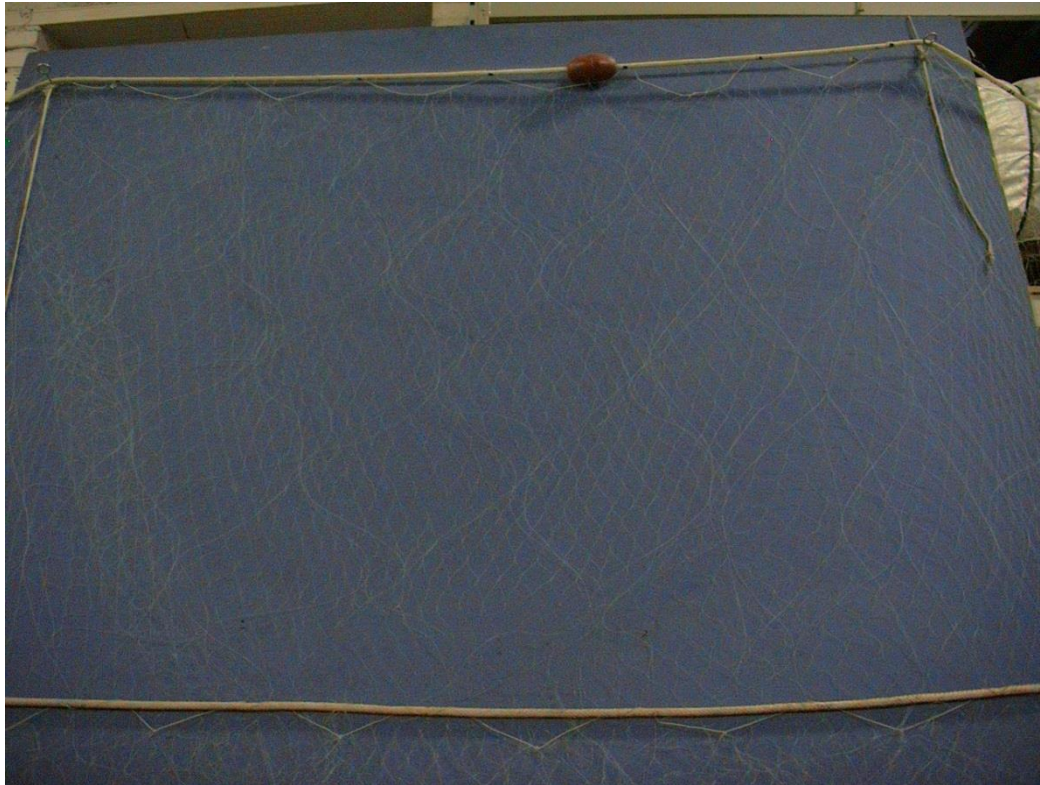
Estrazione sequenziale dei metalli



A3

INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

A3-I RETE TREMAGLIO



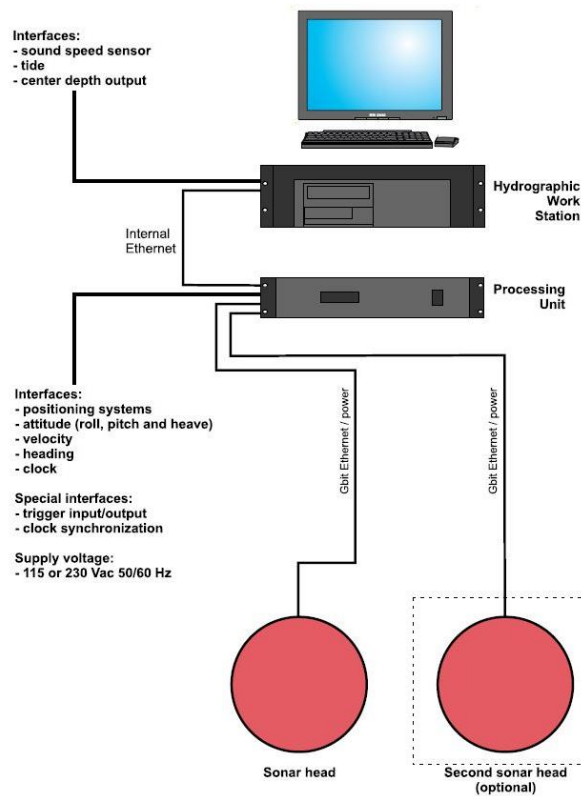
Lunghezza totale:300 m

	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

A3-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM EM 2040C

System diagram



Features

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

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

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

Further features:

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

Technical specifications

Performance specifications

- Frequency range: 200 – 400 kHz
- Maximum detected depth: 490 m

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

External sensors

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

Environmental and EMC specifications

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

A3-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.

A4

INDAGINI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A4-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



A4-II IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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



A4-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**



A4-IV CONGELATORI -80°C (conservazione tessuti biologici)

Ultra-congelatori Angelantoni modelli Polar 530 V e Platilab 500



A4-V FRIGORIFERO +4°C (per esecuzione test Sopravvivenza in aria)

Frigorifero modello Elettrolux CT 280



A4-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



A4-VII CRIOSTATO Leica

Criostato LEICA CM1510-1 per preparazione sezioni istologiche



A4-VIII SISTEMA DI PRODUZIONE DI ACQUA DEIONIZZATA E ULTRAPURA

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



A3-IX ULTRACENTRIFUGA BECKMAN

Ultracentrifuga Beckman modello Optima MAX-XP velocità max 150000 rpm



A4-X SPETTROFOTOMETRO UV-VIS

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



A3-XI CENTRIFUGA DA BANCO
Centrifuga da banco modello Eppendorf Mini spin



A3-XII CENTRIFUGA DA BANCO
Centrifuga da banco Thermo Scientific modello Megafuge 16 R, velocità di centrifugazione 300-15200rpm



A3-XIII SUPERCENTRIFUGA J2-21 Beckman
Supercentrifuga da terra modello Beckman J2-21 velocità di centrifugazione 500-21000 rpm



A3-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

INVERNO 2021



Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	28,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,19
Mediana	M _d	3,50
Classazione	σ	2,26
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntimento	K _G	2,00

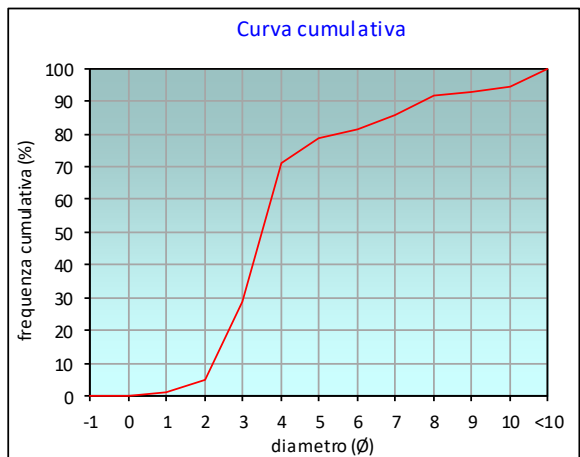
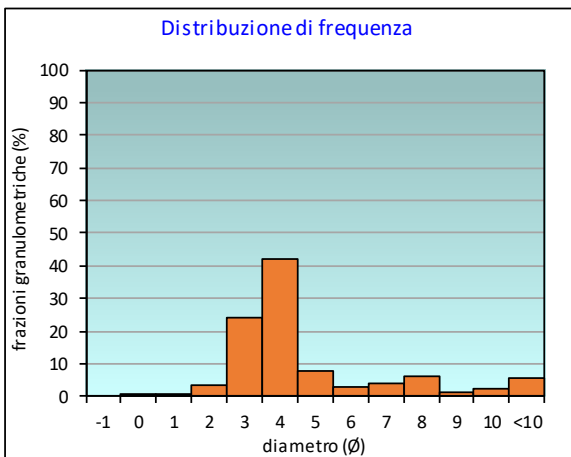
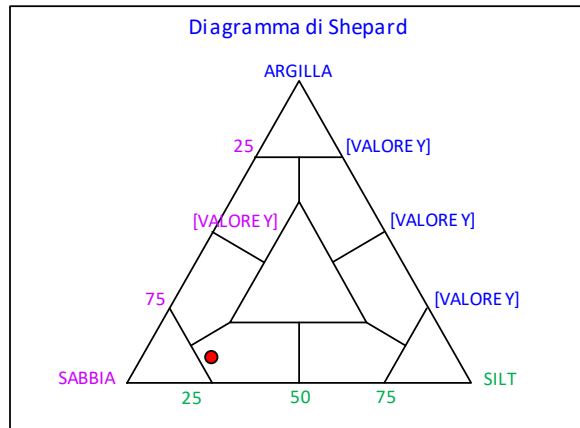
PERCENTILE	φ
5	2,01
16	2,46
25	2,83
50	3,50
75	4,49
84	6,62
95	10,07

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,9	1,2
	2	250	3,5	4,7
	3	125	24,3	29,0
	4	62,5	42,3	71,3
LIMO	5	31,2	7,6	78,9
	6	15,6	2,7	81,6
	7	7,8	3,9	85,5
	8	3,9	5,9	91,4
ARGILLA	9	2	1,1	92,5
	10	0,98	2,1	94,7
	<10	<0,98	5,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	71,3	20,1	8,6

NOTE
n.d.

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



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,57
Mediana	M _d	3,66
Classazione	σ	2,46
Asimmetria	S _{ki}	0,59
Appuntimento	K _G	1,61

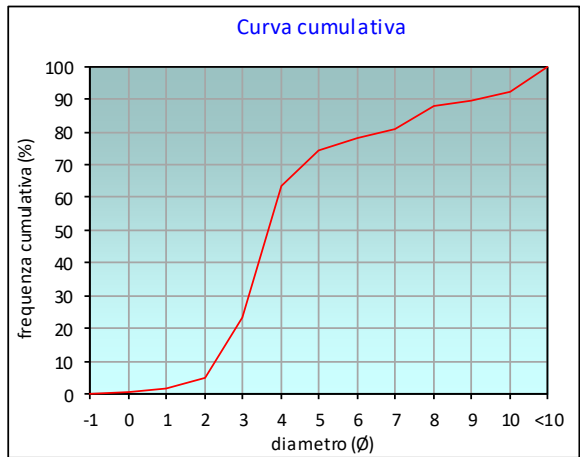
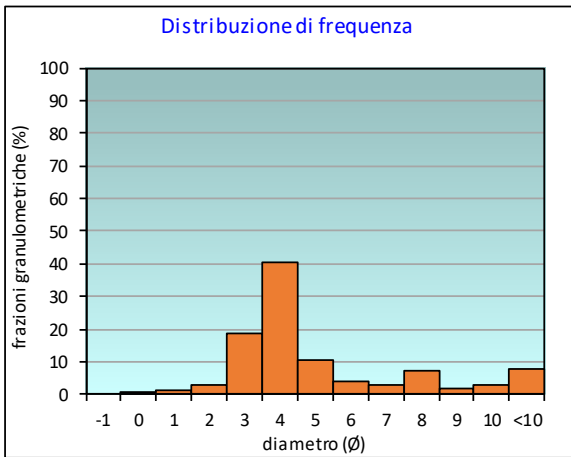
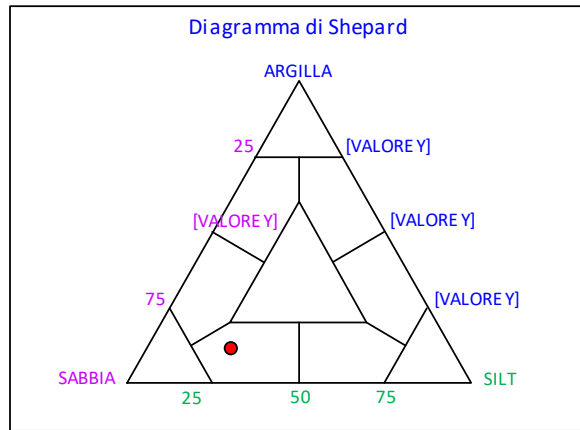
PERCENTILE	φ
5	2,02
16	2,62
25	3,05
50	3,66
75	5,17
84	7,43
95	10,34

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,2	1,9
	2	250	2,8	4,7
	3	125	18,4	23,1
	4	62,5	40,6	63,7
LIMO	5	31,2	10,7	74,3
	6	15,6	3,9	78,3
	7	7,8	2,7	81,0
	8	3,9	7,0	88,0
ARGILLA	9	2	1,5	89,5
	10	0,98	3,0	92,4
	<10	<0,98	7,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,7	24,3	12,0

NOTE
 0,23 resti conchigliari sui 2000μm

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



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,50
Mediana	M _d	3,62
Classazione	σ	2,44
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,74

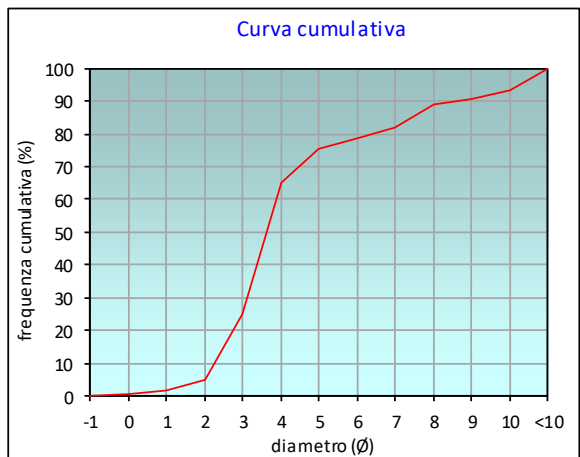
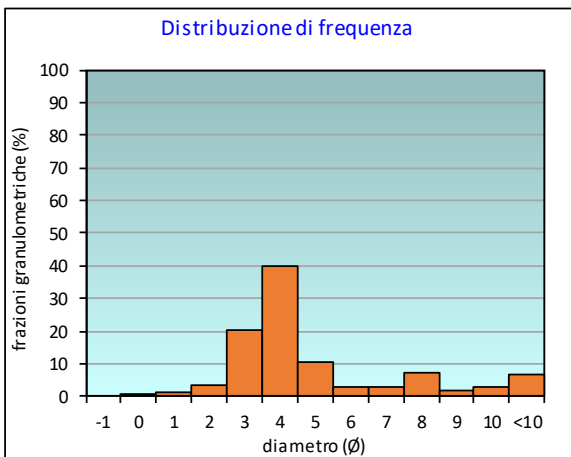
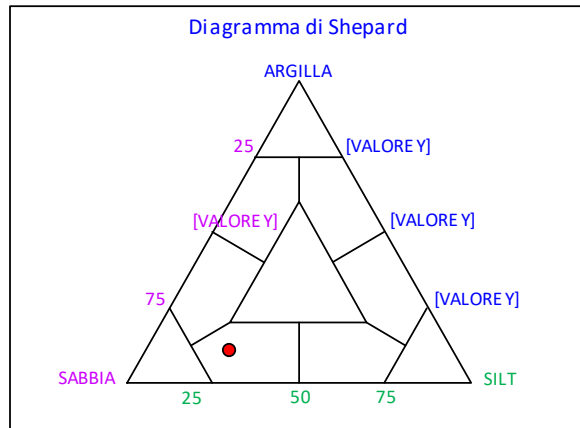
PERCENTILE	Ø
5	2,02
16	2,55
25	2,99
50	3,62
75	4,94
84	7,33
95	10,28

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,0	1,5
	2	250	3,2	4,7
	3	125	20,4	25,1
	4	62,5	39,9	65,0
LIMO	5	31,2	10,6	75,6
	6	15,6	2,9	78,6
	7	7,8	3,1	81,7
	8	3,9	7,2	88,8
ARGILLA	9	2	1,6	90,4
	10	0,98	2,7	93,1
	<10	<0,98	6,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,0	23,8	11,2

NOTE
0,14 resti conchigliari sui 2000µm

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



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,53
Mediana	M _d	3,57
Classazione	σ	2,60
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntimento	K _G	1,64

PERCENTILE	Ø
5	1,54
16	2,46
25	2,90
50	3,57
75	5,09
84	7,55
95	10,32

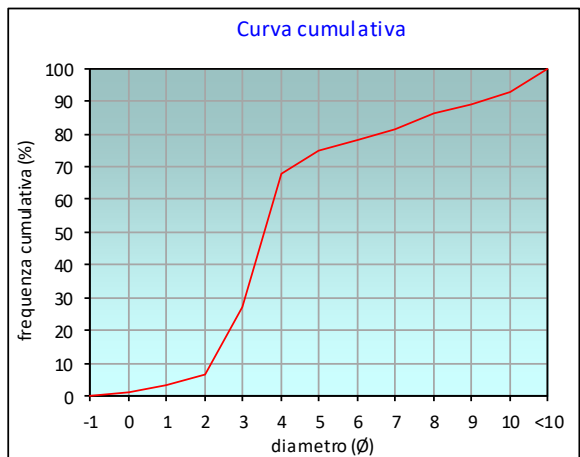
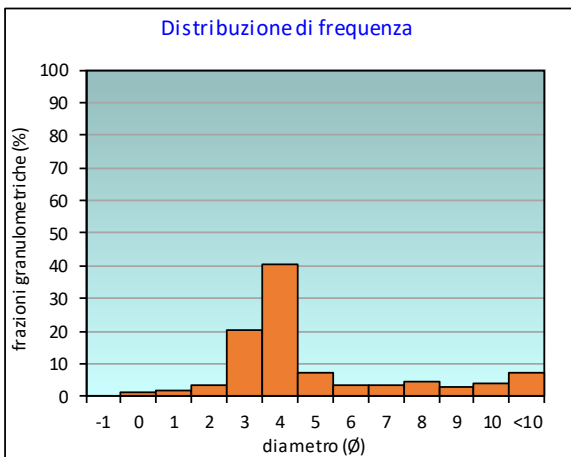
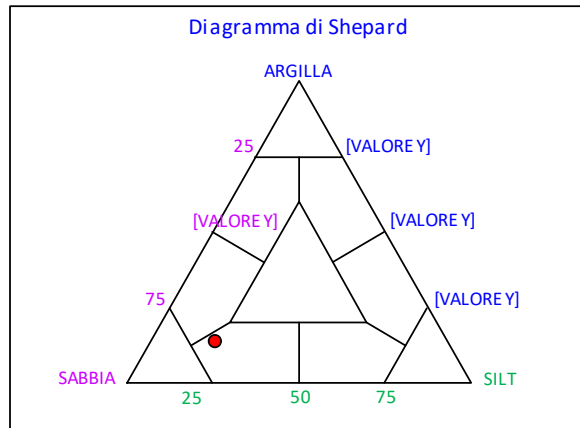
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	2,0	3,2
	2	250	3,3	6,5
	3	125	20,5	27,0
	4	62,5	40,6	67,6
LIMO	5	31,2	7,0	74,7
	6	15,6	3,5	78,2
	7	7,8	3,3	81,5
	8	3,9	4,6	86,1
ARGILLA	9	2	2,9	89,0
	10	0,98	3,7	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	67,6	18,4	13,9

NOTE

0,84 gr di resti conchigliari su 2000µm

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 (%)	34,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,87
Mediana	Md	3,88
Classazione	σ	2,78
Asimmetria	S _{ki}	0,48
Appuntimento	K _G	1,04

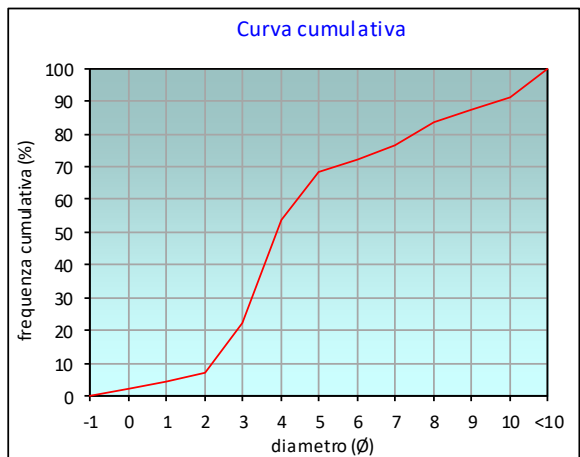
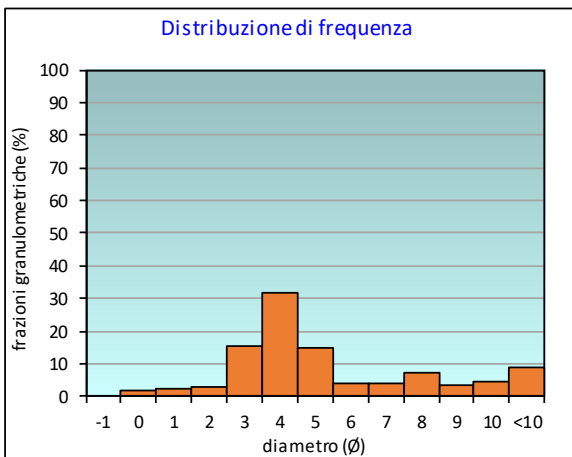
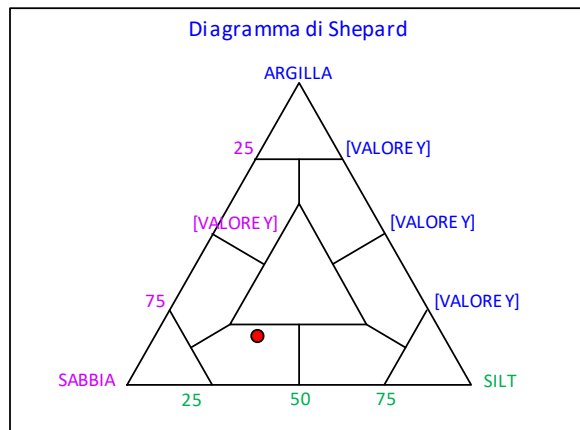
PERCENTILE	Ø
5	1,26
16	2,58
25	3,08
50	3,88
75	6,69
84	8,15
95	10,42

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,0	2,0
SABBIA	1	500	2,2	4,2
	2	250	3,1	7,3
	3	125	15,2	22,4
	4	62,5	31,5	53,9
LIMO	5	31,2	14,6	68,5
	6	15,6	3,9	72,3
	7	7,8	3,9	76,2
	8	3,9	7,2	83,4
ARGILLA	9	2	3,6	87,1
	10	0,98	4,3	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	53,9	29,6	16,6

NOTE
4,08 gr di resti conchigliari su 2000µm

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



Stazione BO SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	30,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,65
Mediana	M _d	3,62
Classazione	σ	2,61
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,24

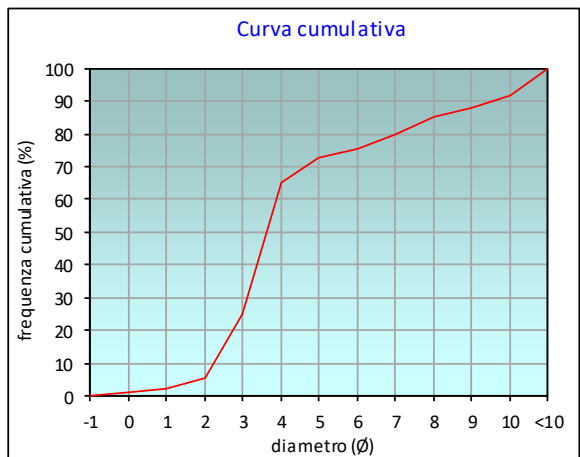
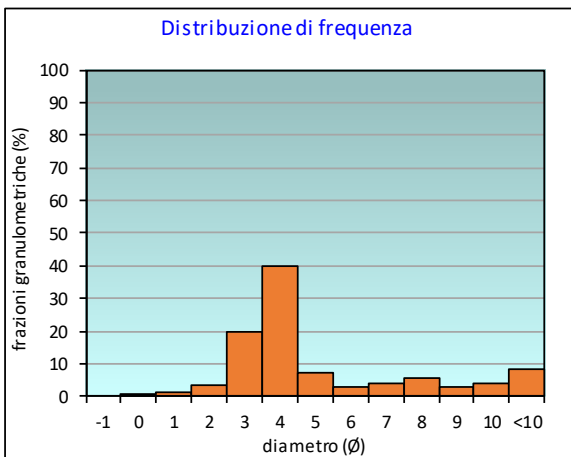
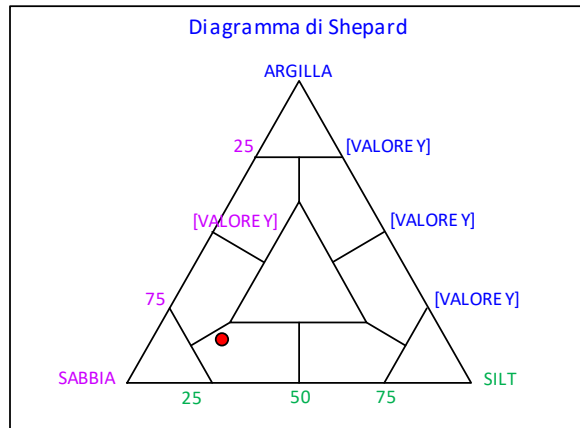
PERCENTILE	Ø
5	1,83
16	2,53
25	2,99
50	3,62
75	5,83
84	7,79
95	10,41

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,4	2,3
	2	250	3,2	5,6
	3	125	19,5	25,1
	4	62,5	40,1	65,2
LIMO	5	31,2	7,2	72,5
	6	15,6	3,1	75,5
	7	7,8	4,1	79,6
	8	3,9	5,6	85,2
ARGILLA	9	2	2,6	87,8
	10	0,98	3,8	91,6
	<10	<0,98	8,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,2	20,0	14,8

NOTE
n.d.

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 (%)	34,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,62
Mediana	M _d	3,76
Classazione	σ	2,46
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,12

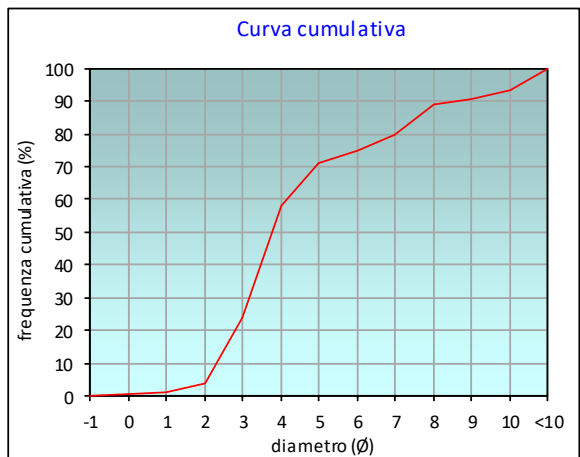
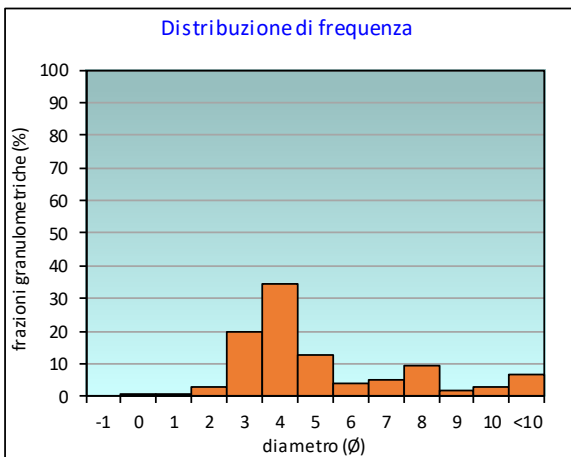
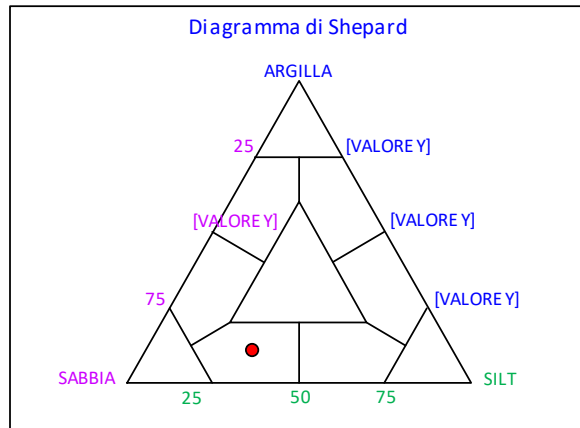
PERCENTILE	φ
5	2,05
16	2,61
25	3,04
50	3,76
75	6,04
84	7,48
95	10,27

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,9	1,1
	2	250	2,8	4,0
	3	125	19,7	23,6
	4	62,5	34,6	58,2
LIMO	5	31,2	12,6	70,8
	6	15,6	4,0	74,8
	7	7,8	4,8	79,6
	8	3,9	9,1	88,7
ARGILLA	9	2	1,7	90,4
	10	0,98	2,7	93,1
	<10	<0,98	6,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,2	30,5	11,3

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 (%)	32,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,70
Mediana	M _d	3,79
Classazione	σ	2,51
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,03

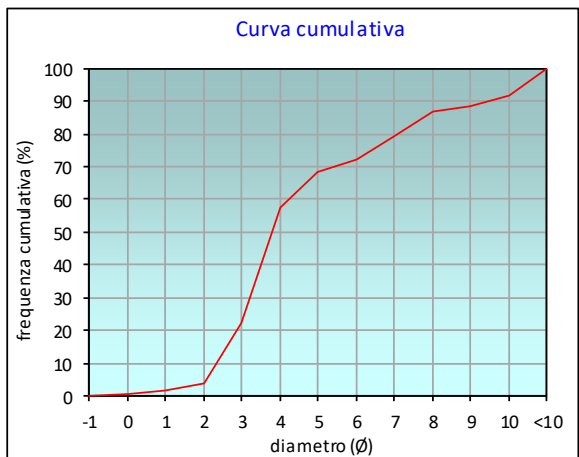
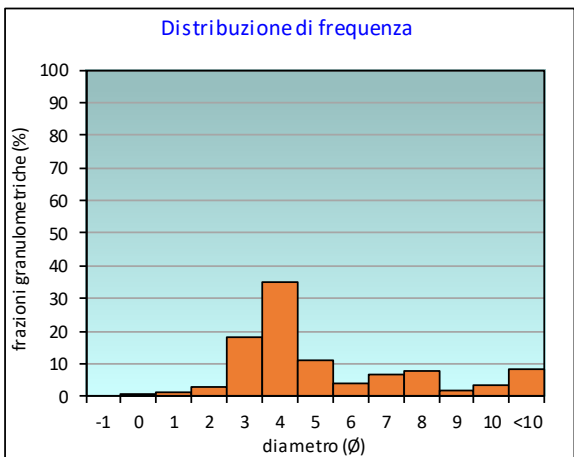
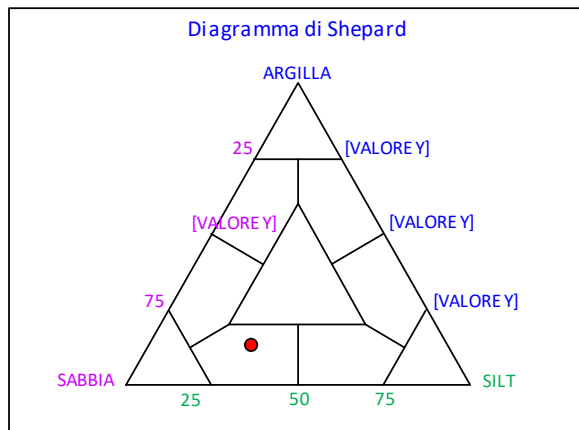
PERCENTILE	φ
5	2,05
16	2,66
25	3,08
50	3,79
75	6,41
84	7,65
95	10,41

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	1,0	1,4
	2	250	2,6	4,0
	3	125	18,2	22,2
	4	62,5	35,0	57,2
LIMO	5	31,2	11,1	68,3
	6	15,6	4,0	72,3
	7	7,8	6,7	79,0
	8	3,9	7,7	86,7
ARGILLA	9	2	1,6	88,2
	10	0,98	3,3	91,5
	<10	<0,98	8,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	57,2	29,4	13,3

NOTE
n.d.

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



Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,68
Mediana	M _d	3,78
Classazione	σ	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntimento	K _G	1,00

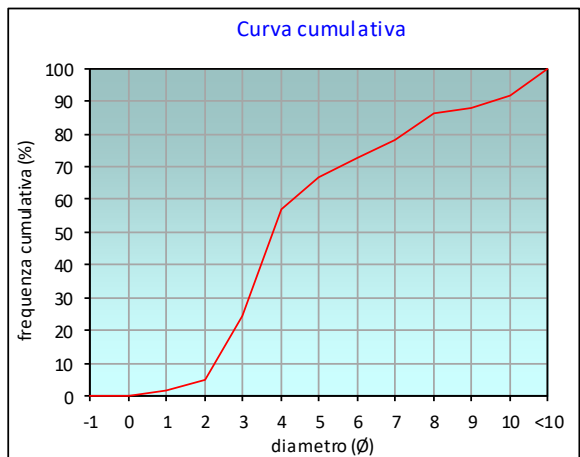
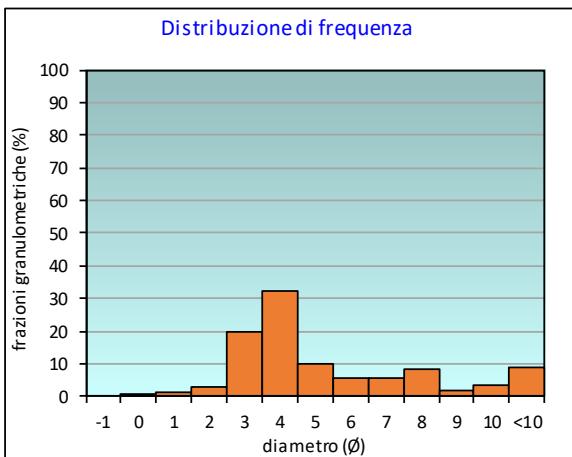
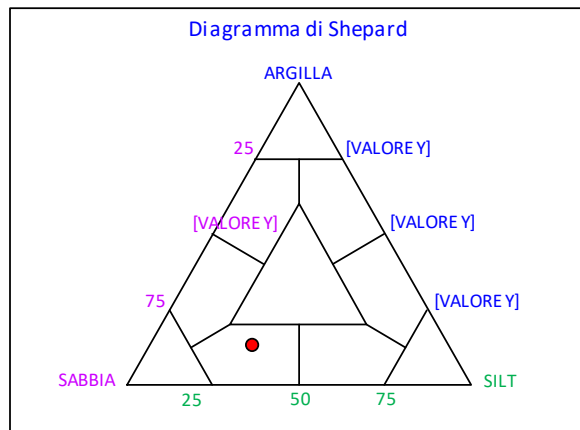
PERCENTILE	φ
5	2,01
16	2,57
25	3,01
50	3,78
75	6,46
84	7,70
95	10,42

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	1,4	1,7
	2	250	3,1	4,8
	3	125	19,9	24,6
	4	62,5	32,3	57,0
LIMO	5	31,2	9,9	66,9
	6	15,6	5,6	72,4
	7	7,8	5,6	78,1
	8	3,9	8,5	86,5
ARGILLA	9	2	1,6	88,1
	10	0,98	3,3	91,4
	<10	<0,98	8,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	57,0	29,6	13,5

NOTE
n.d.

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



Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	39,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,41
Mediana	M _d	4,23
Classazione	σ	2,96
Asimmetria	S _{ki}	0,51
Appuntimento	K _G	0,83

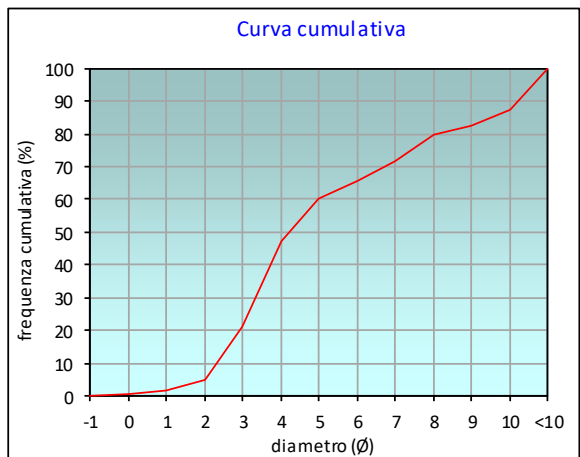
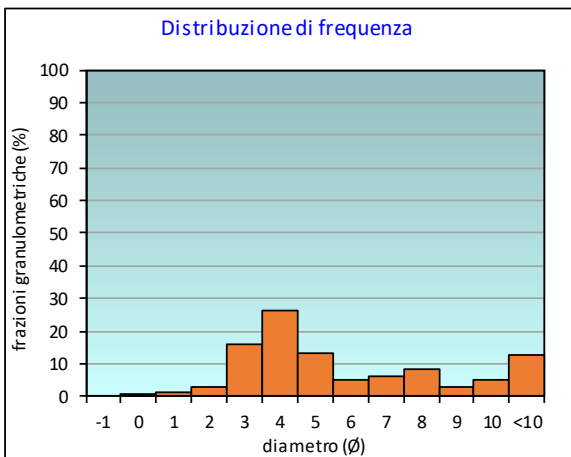
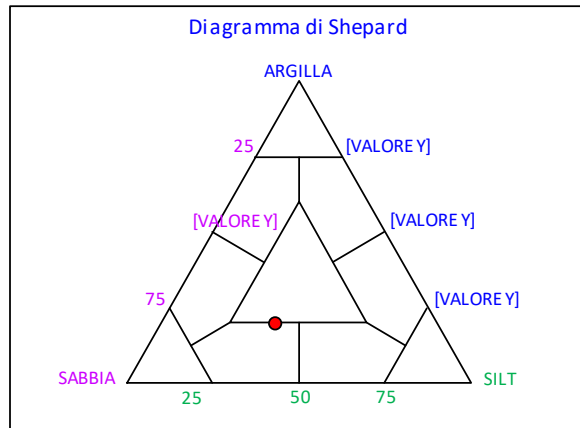
PERCENTILE	Ø
5	2,01
16	2,69
25	3,15
50	4,23
75	7,42
84	9,31
95	10,60

	Ø	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	3,1	4,9
	3	125	16,1	21,0
	4	62,5	26,0	47,0
LIMO	5	31,2	13,2	60,2
	6	15,6	5,2	65,4
	7	7,8	6,1	71,5
	8	3,9	8,3	79,8
ARGILLA	9	2	2,7	82,5
	10	0,98	4,9	87,4
	<10	<0,98	12,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	47,0	32,8	20,2

NOTE
n.d.

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



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,37
Mediana	M _d	3,62
Classazione	σ	2,35
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,52

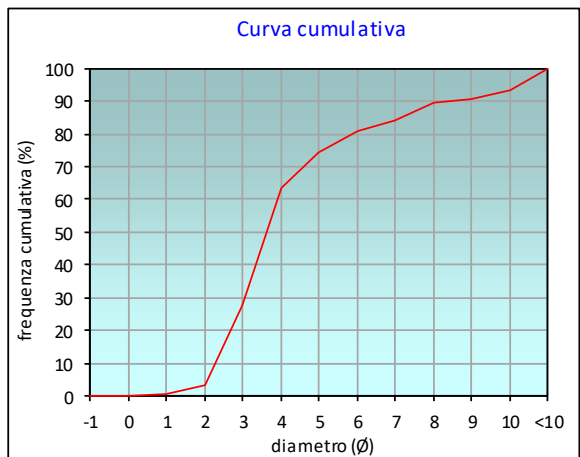
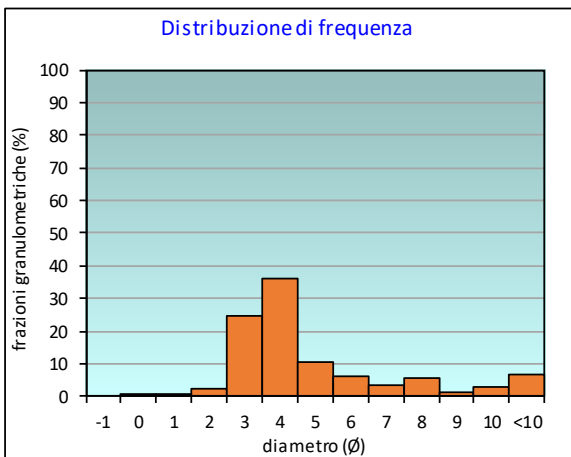
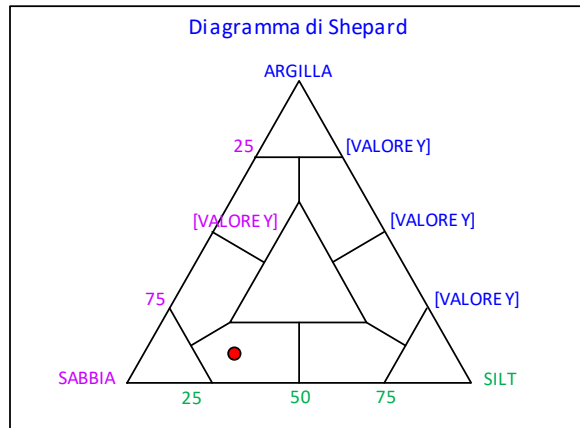
PERCENTILE	φ
5	2,08
16	2,53
25	2,89
50	3,62
75	5,10
84	6,97
95	10,24

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,5	0,5
	2	250	2,5	3,1
	3	125	24,5	27,6
	4	62,5	36,1	63,7
LIMO	5	31,2	10,7	74,4
	6	15,6	6,2	80,6
	7	7,8	3,5	84,1
	8	3,9	5,7	89,8
ARGILLA	9	2	1,0	90,8
	10	0,98	2,6	93,4
	<10	<0,98	6,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,7	26,1	10,2

NOTE
n.d.

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



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	34,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,83
Mediana	M _d	3,95
Classazione	σ	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,53
Appuntimento	K _G	0,97

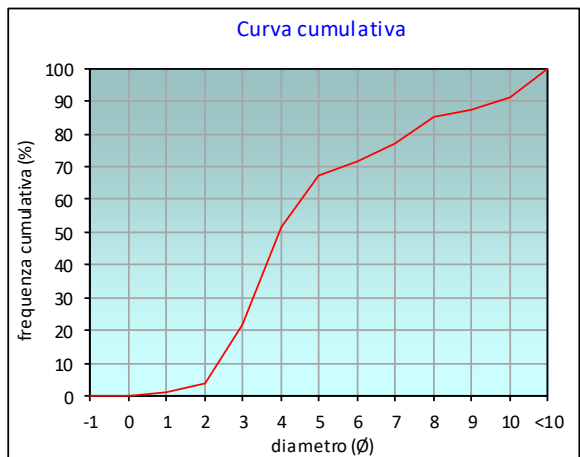
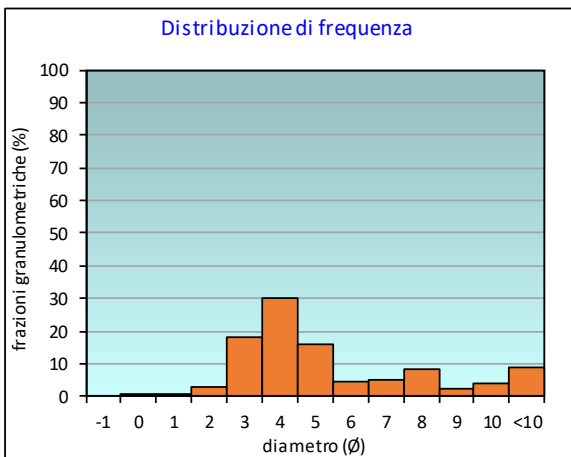
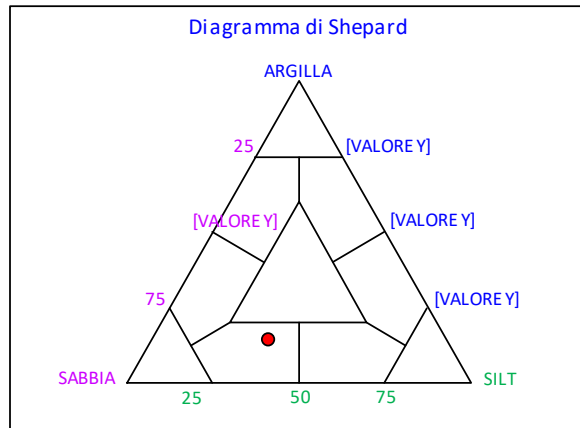
PERCENTILE	φ
5	2,07
16	2,68
25	3,11
50	3,95
75	6,63
84	7,87
95	10,44

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,7	1,0
	2	250	2,7	3,7
	3	125	18,1	21,7
	4	62,5	29,8	51,5
LIMO	5	31,2	15,8	67,3
	6	15,6	4,3	71,7
	7	7,8	5,3	77,0
	8	3,9	8,1	85,0
ARGILLA	9	2	2,3	87,3
	10	0,98	3,7	91,1
	<10	<0,98	8,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	51,5	33,5	15,0

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 (%)	31,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,50
Mediana	M _d	3,70
Classazione	σ	2,39
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,71

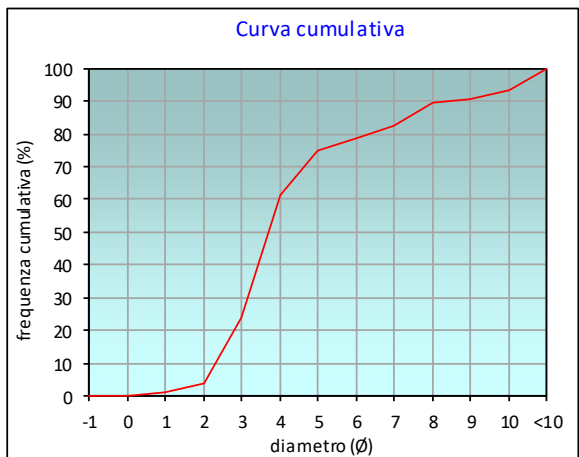
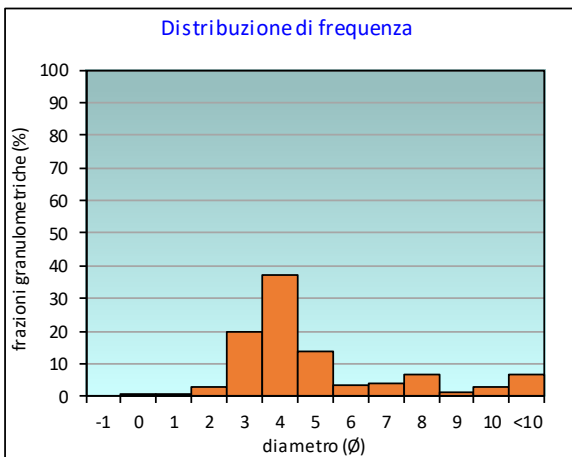
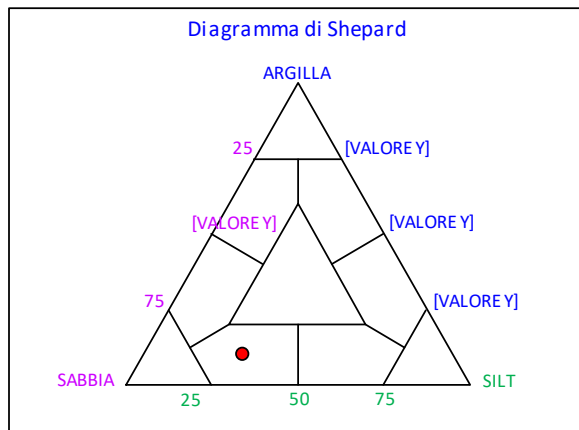
PERCENTILE	φ
5	2,05
16	2,61
25	3,03
50	3,70
75	5,00
84	7,19
95	10,24

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,9	1,1
	2	250	2,9	4,0
	3	125	19,8	23,8
	4	62,5	37,3	61,2
LIMO	5	31,2	13,9	75,0
	6	15,6	3,7	78,7
	7	7,8	4,0	82,7
	8	3,9	6,8	89,4
ARGILLA	9	2	1,4	90,9
	10	0,98	2,6	93,4
	<10	<0,98	6,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,2	28,3	10,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B4 (30 m NE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,55
Mediana	M _d	3,68
Classazione	σ	2,58
Asimmetria	S _{ki}	0,52
Appuntimento	K _G	1,33

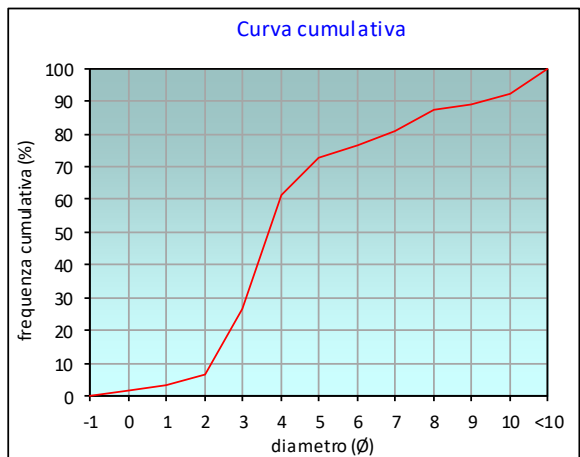
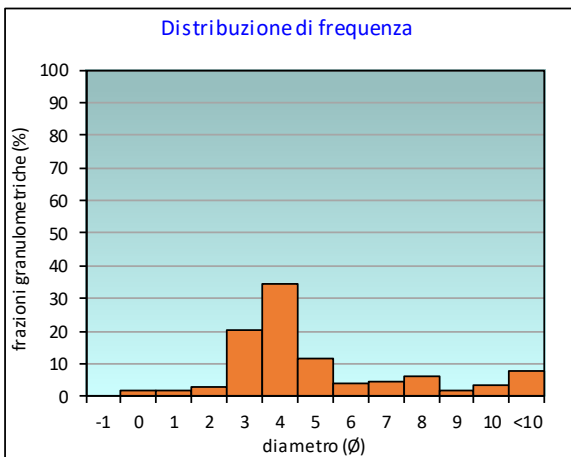
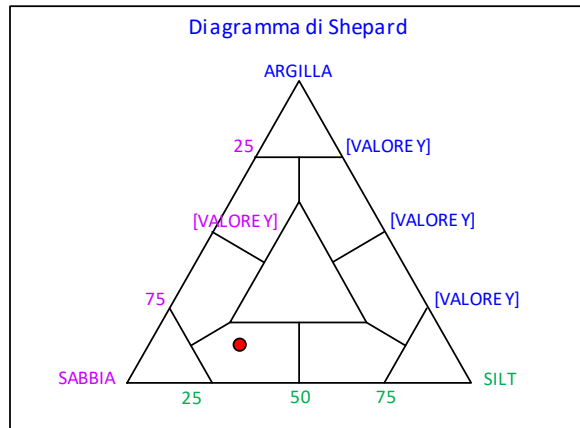
PERCENTILE	φ
5	1,57
16	2,48
25	2,92
50	3,68
75	5,62
84	7,48
95	10,35

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,6	1,6
SABBIA	1	500	1,7	3,3
	2	250	2,9	6,3
	3	125	20,4	26,7
	4	62,5	34,4	61,1
LIMO	5	31,2	11,3	72,5
	6	15,6	4,1	76,5
	7	7,8	4,5	81,0
	8	3,9	6,2	87,2
ARGILLA	9	2	1,9	89,1
	10	0,98	3,3	92,3
	<10	<0,98	7,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,1	26,0	12,8

NOTE
1,18 resti conchigliari sui 2000μm

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



Stazione BO NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	33,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,87
Mediana	M _d	3,69
Classazione	σ	2,73
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	1,21

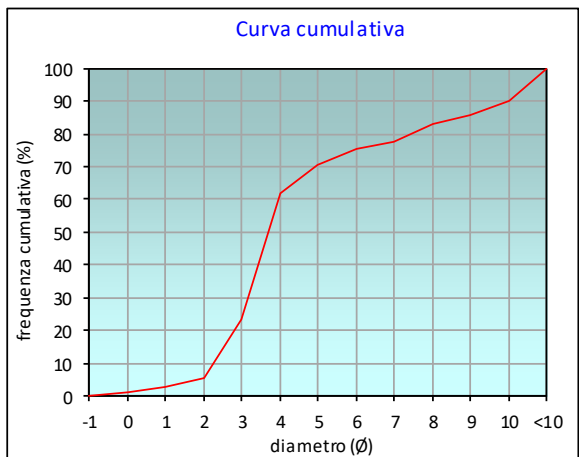
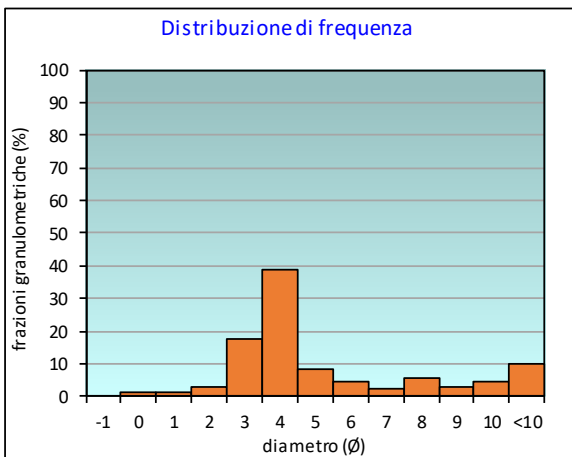
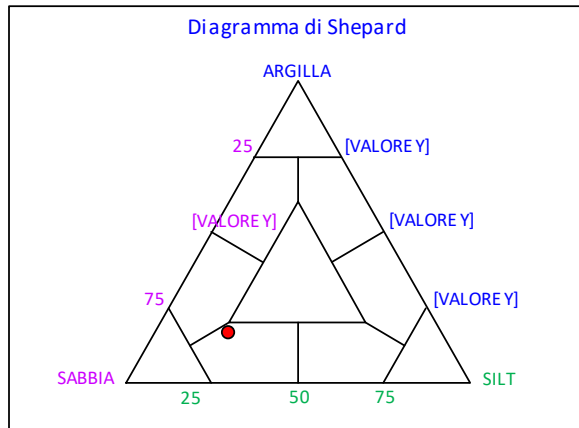
PERCENTILE	Ø
5	1,89
16	2,60
25	3,05
50	3,69
75	5,97
84	8,31
95	10,49

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,1	1,1
SABBIA	1	500	1,5	2,6
	2	250	2,8	5,3
	3	125	17,8	23,1
	4	62,5	38,9	62,0
LIMO	5	31,2	8,5	70,5
	6	15,6	4,6	75,1
	7	7,8	2,4	77,6
	8	3,9	5,6	83,2
ARGILLA	9	2	2,7	85,8
	10	0,98	4,3	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,0	21,1	16,8

NOTE
2,14 gr di resti conchigliari su 2000µm

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



Stazione BO SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,83
Mediana	M _d	3,65
Classazione	σ	2,77
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,15

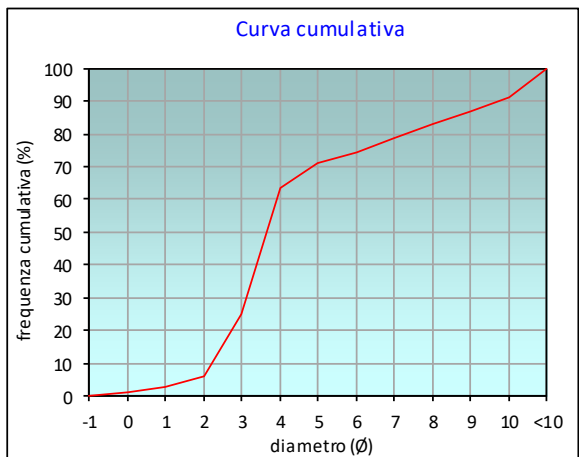
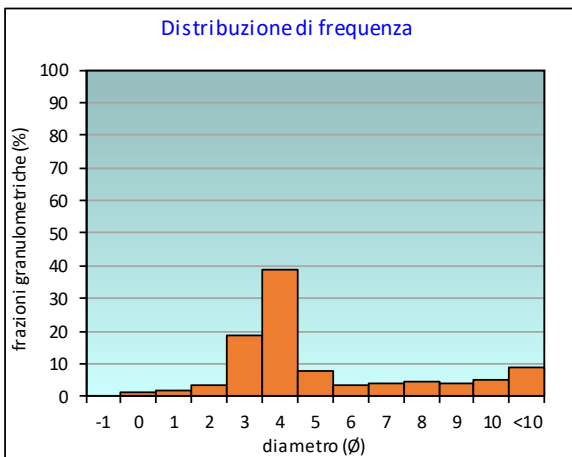
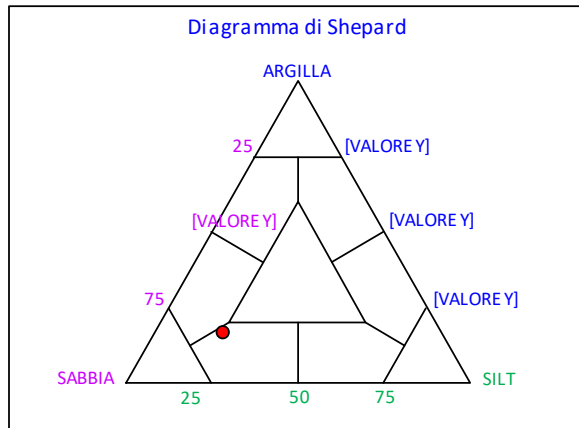
PERCENTILE	φ
5	1,67
16	2,53
25	3,01
50	3,65
75	6,12
84	8,30
95	10,42

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,0	1,0
	1	500	1,7	2,7
	2	250	3,4	6,1
	3	125	18,6	24,8
	4	62,5	38,6	63,4
LIMO	5	31,2	7,8	71,2
	6	15,6	3,4	74,5
	7	7,8	4,0	78,5
	8	3,9	4,4	82,9
ARGILLA	9	2	3,7	86,6
	10	0,98	4,8	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,4	19,6	17,1

NOTE	
n.d.	

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 (%)	32,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,82
Mediana	M _d	3,58
Classazione	σ	2,08
Asimmetria	S _{ki}	0,38
Appuntimento	K _G	2,12

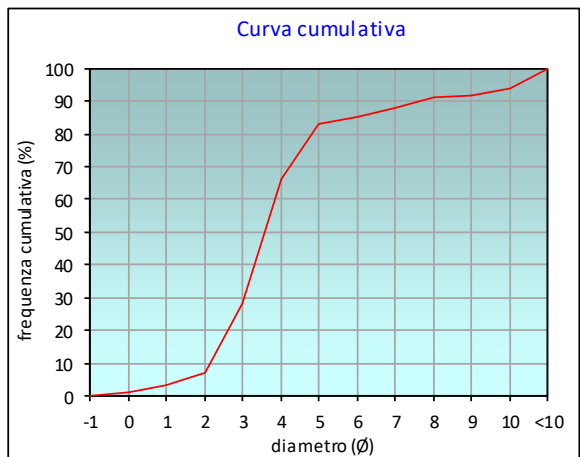
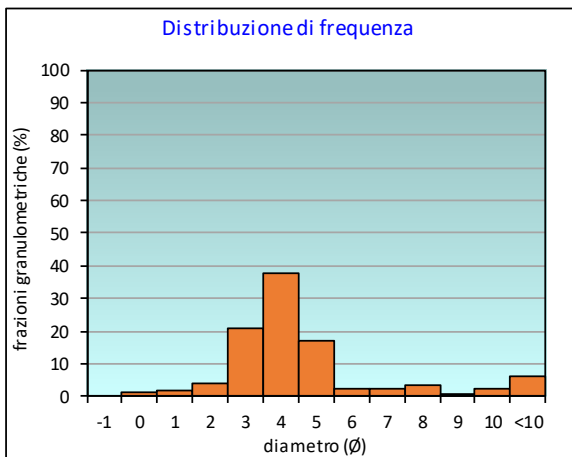
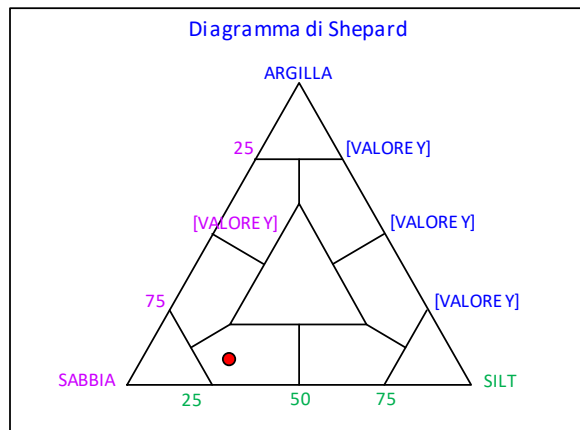
PERCENTILE	φ
5	1,46
16	2,42
25	2,85
50	3,58
75	4,53
84	5,45
95	10,16

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,3	1,3
SABBIA	1	500	1,9	3,2
	2	250	3,9	7,1
	3	125	21,1	28,2
	4	62,5	37,8	66,1
LIMO	5	31,2	17,0	83,0
	6	15,6	2,2	85,2
	7	7,8	2,5	87,7
	8	3,9	3,5	91,1
ARGILLA	9	2	0,6	91,7
	10	0,98	2,4	94,1
	<10	<0,98	5,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,1	25,1	8,9

NOTE
3,43 resti conchigliari sui 2000μm

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



Stazione B6 (60 m SW)

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	4,74
Mediana	M _d	3,76
Classazione	σ	2,55
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,03

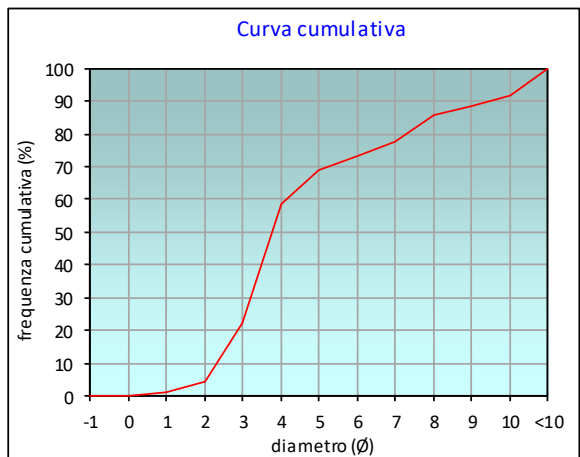
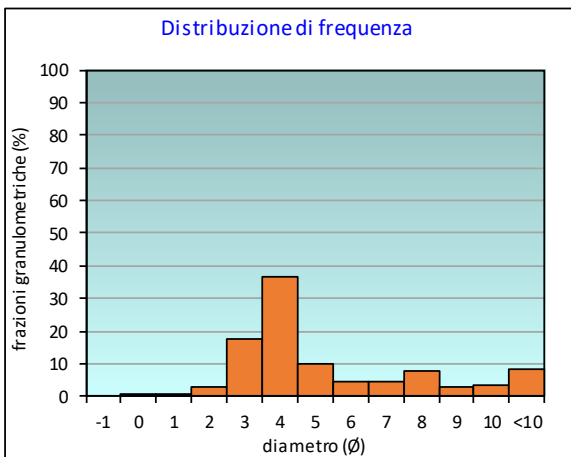
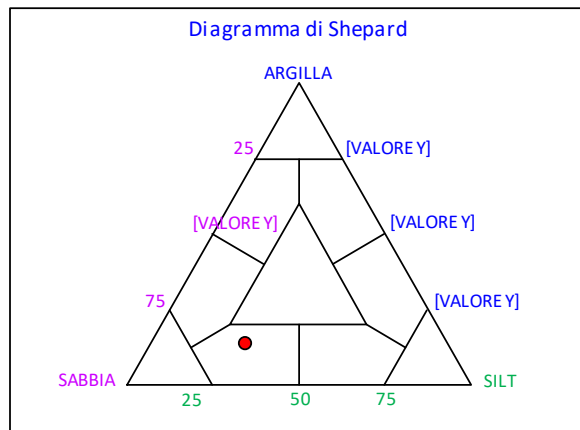
PERCENTILE	Ø
5	2,04
16	2,66
25	3,08
50	3,76
75	6,41
84	7,79
95	10,40

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,9	1,1
	2	250	3,1	4,2
	3	125	17,8	22,0
	4	62,5	36,7	58,7
LIMO	5	31,2	10,0	68,7
	6	15,6	4,3	73,0
	7	7,8	4,7	77,8
	8	3,9	7,8	85,6
ARGILLA	9	2	2,6	88,2
	10	0,98	3,5	91,7
	<10	<0,98	8,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,7	26,9	14,4

NOTE
n.d.

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



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,81
Mediana	M _d	3,91
Classazione	σ	2,53
Asimmetria	S _{ki}	0,54
Appuntimento	K _G	0,99

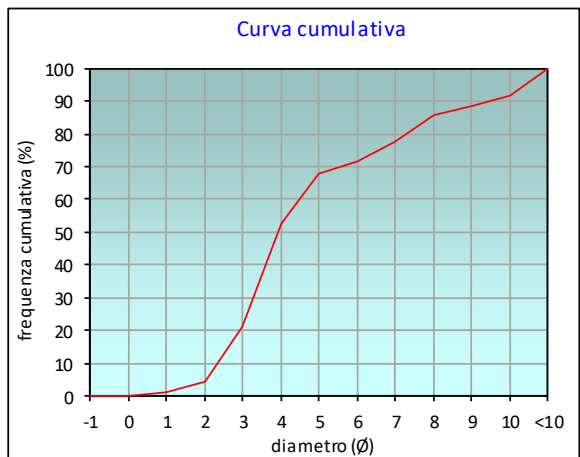
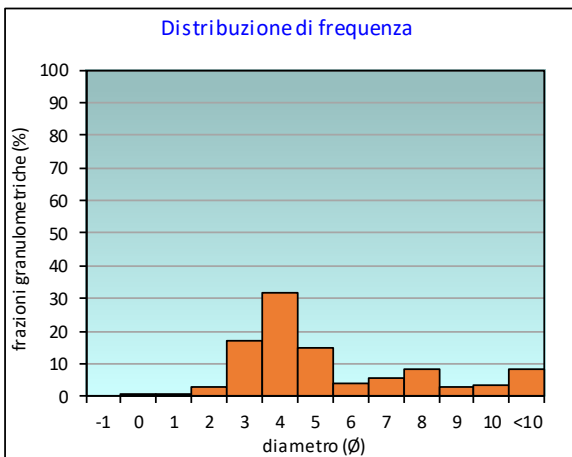
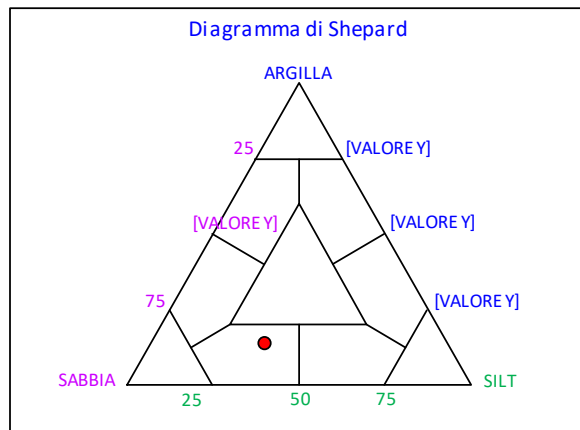
PERCENTILE	Ø
5	2,05
16	2,71
25	3,13
50	3,91
75	6,59
84	7,80
95	10,38

	Ø	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	3,1	4,1
	3	125	16,8	20,9
	4	62,5	32,0	52,9
LIMO	5	31,2	14,8	67,7
	6	15,6	4,1	71,7
	7	7,8	5,6	77,3
	8	3,9	8,4	85,7
ARGILLA	9	2	2,7	88,4
	10	0,98	3,5	91,9
	<10	<0,98	8,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	52,9	32,8	14,3

NOTE
 0,13 resti conchigliari sui 2000µm

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



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	34,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,83
Mediana	M _d	3,69
Classazione	σ	2,73
Asimmetria	S _{ki}	0,59
Appuntimento	K _G	0,95

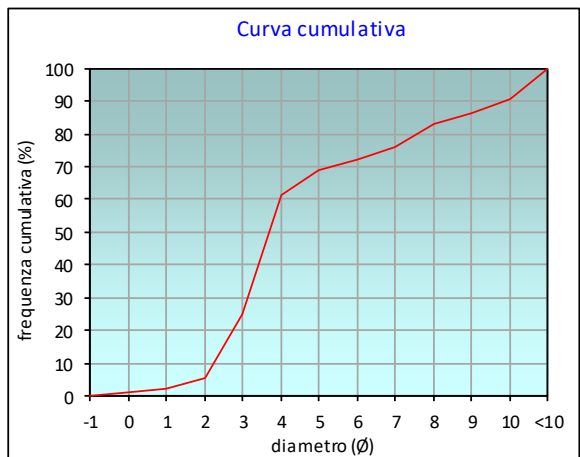
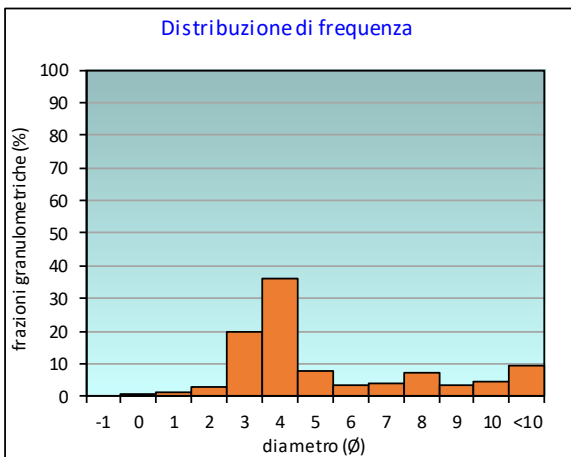
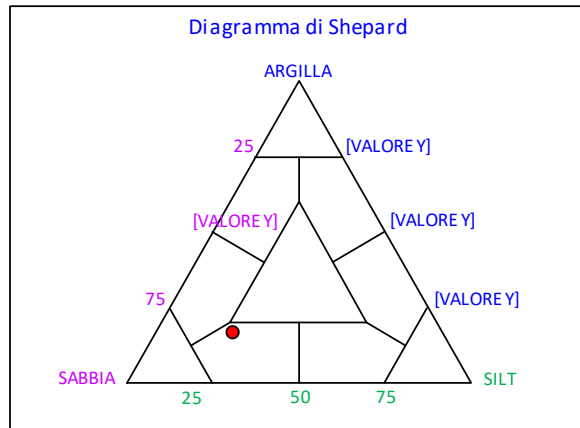
PERCENTILE	φ
5	1,89
16	2,54
25	3,00
50	3,69
75	6,72
84	8,25
95	10,47

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,4	2,3
	2	250	3,0	5,3
	3	125	19,6	24,9
	4	62,5	36,3	61,2
LIMO	5	31,2	7,8	69,1
	6	15,6	3,2	72,3
	7	7,8	3,8	76,1
	8	3,9	7,1	83,2
ARGILLA	9	2	3,2	86,4
	10	0,98	4,3	90,6
	<10	<0,98	9,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,2	22,0	16,8

NOTE
0,93 resti conchigliari sui 2000μm

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 (%)	31,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,52
Mediana	M _d	3,60
Classazione	σ	2,47
Asimmetria	S _{ki}	0,59
Appuntimento	K _G	1,66

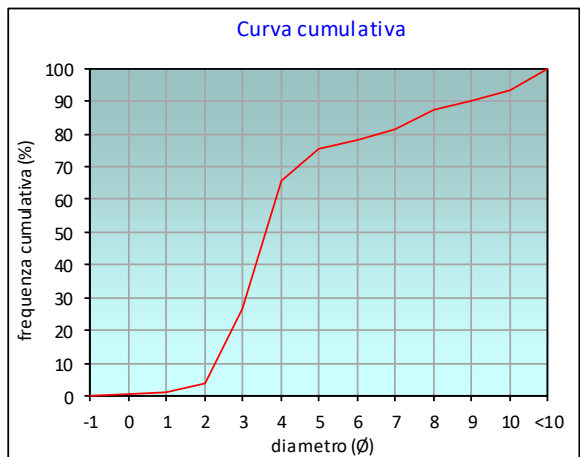
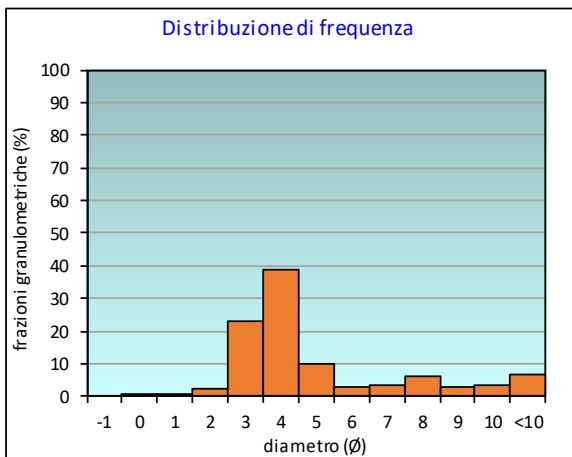
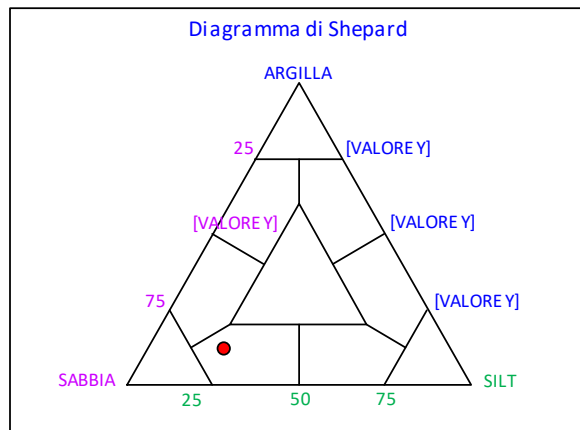
PERCENTILE	Ø
5	2,05
16	2,54
25	2,93
50	3,60
75	4,95
84	7,43
95	10,25

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,9	1,4
	2	250	2,4	3,8
	3	125	22,9	26,6
	4	62,5	38,8	65,5
LIMO	5	31,2	10,0	75,5
	6	15,6	2,6	78,1
	7	7,8	3,3	81,4
	8	3,9	6,0	87,4
ARGILLA	9	2	2,7	90,1
	10	0,98	3,3	93,4
	<10	<0,98	6,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,5	21,9	12,6

NOTE
0,10 resti conchigliari sui 2000µm

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



Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	35,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,02
Mediana	M _d	3,87
Classazione	σ	2,78
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntimento	K _G	0,80

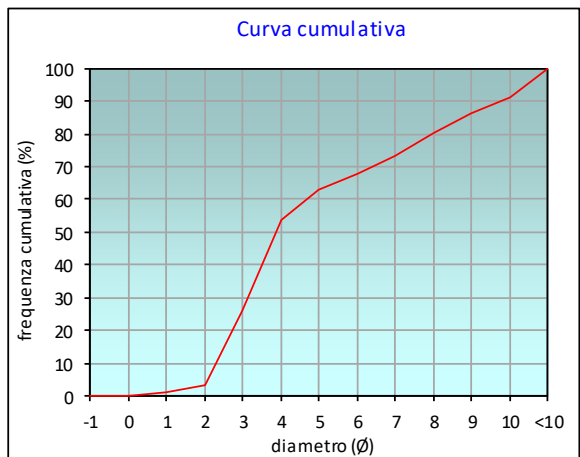
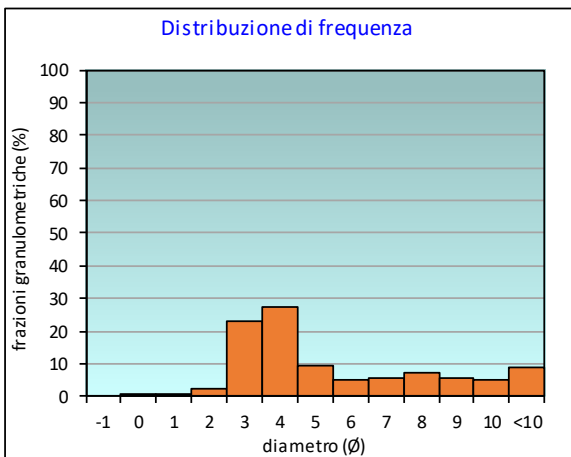
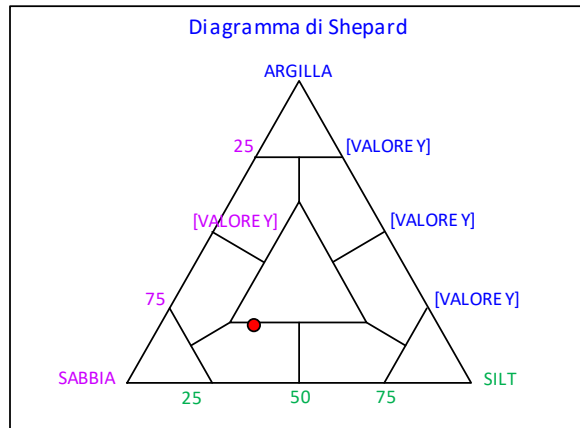
PERCENTILE	Ø
5	2,08
16	2,56
25	2,95
50	3,87
75	7,24
84	8,63
95	10,43

	Ø	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	2,3	3,2
	3	125	23,0	26,2
	4	62,5	27,4	53,6
LIMO	5	31,2	9,2	62,8
	6	15,6	5,0	67,8
	7	7,8	5,5	73,2
	8	3,9	7,3	80,5
ARGILLA	9	2	5,5	86,0
	10	0,98	5,2	91,2
	<10	<0,98	8,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	53,6	26,9	19,5

NOTE
n.d.

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



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	35,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,87
Mediana	M _d	3,74
Classazione	σ	2,74
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	0,79

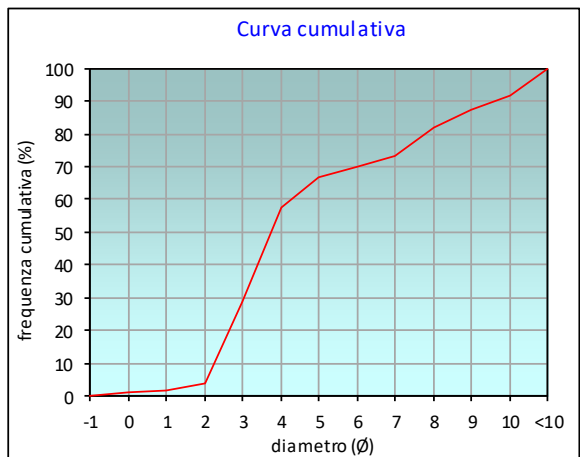
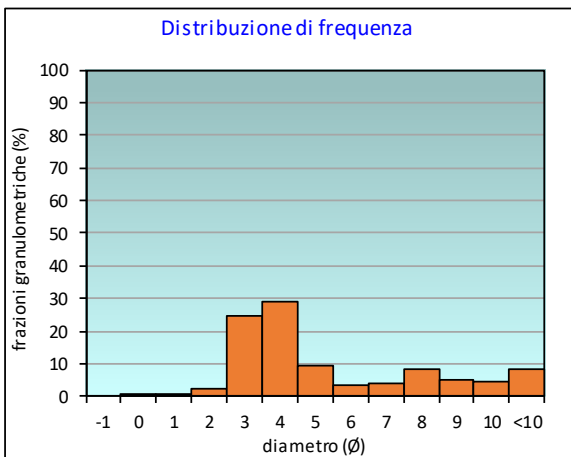
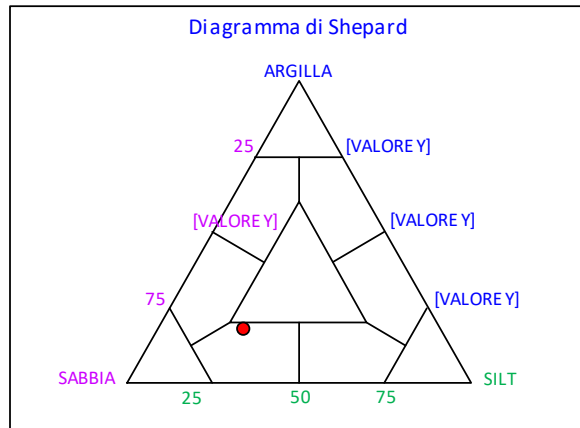
PERCENTILE	Ø
5	2,04
16	2,49
25	2,85
50	3,74
75	7,18
84	8,39
95	10,40

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	0,9	1,7
	2	250	2,3	4,0
	3	125	24,6	28,6
	4	62,5	28,7	57,3
LIMO	5	31,2	9,3	66,7
	6	15,6	3,1	69,8
	7	7,8	3,7	73,5
	8	3,9	8,6	82,0
ARGILLA	9	2	5,1	87,1
	10	0,98	4,6	91,7
	<10	<0,98	8,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	57,3	24,7	18,0

NOTE
0,81 resti conchigliari sui 2000µm

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



Stazione K4

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,47
Mediana	M _d	4,41
Classazione	σ	2,82
Asimmetria	S _{ki}	0,48
Appuntimento	K _G	0,82

PERCENTILE	Ø
5	2,04
16	2,93
25	3,30
50	4,41
75	7,53
84	9,07
95	10,53

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	1,5	1,8
	2	250	2,7	4,5
	3	125	12,4	16,9
LIMO	4	62,5	27,0	43,8
	5	31,2	15,2	59,0
	6	15,6	5,6	64,6
	7	7,8	6,3	71,0
ARGILLA	8	3,9	7,5	78,5
	9	2	5,1	83,6
	10	0,98	5,8	89,4
	<10	<0,98	10,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	43,8	34,7	21,5

NOTE
n.d.

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

