

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO CLARA NW

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

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO SEMESTRALE 2021

RAPPORTO n. 18

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

ALESSIO GOMIERO

LUDMILA KOZINKOVA

FRANCESCO REGOLI

MARIA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

LIDIA URBINI

ANCONA, 2022

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

A.M. De Biasi	CIBM	Responsabile Scientifico comparto sedimenti
G. Bontà Pittaluga	CIBM	Responsabile settore chimico
L. Kozinkova	CIBM	Responsabile analisi ecotossicologiche
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
S. Dell'Ira	CIBM	Analisi chimiche
C. Manzini	CIBM	Analisi chimiche
O. Spinelli	CIBM	Analisi chimiche
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 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.....	5
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	5
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	5
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	7
2.1.3.	INDAGINI FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI ...	8
2.1.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	11
2.1.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	11
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	12
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	12
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	21
2.2.3.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI	26
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	26
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®)	28
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i>	29
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i>	31
2.2.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	32
2.2.4.1	Ricerca di metalli pesanti	32
2.2.4.2	Biomarker.....	33
2.2.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	37
2.2.5.1	Inquinanti organici e inorganici	37
2.2.5.2	Biomarker.....	40
2.2.6.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE).....	45
3.	RISULTATI.....	55
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	55
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	55
3.1.2.	NUTRIENTI.....	63
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	71
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	78
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	82
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	83
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	89
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	92
3.3.1.	GRANULOMETRIA.....	92
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	97
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	105
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	108
3.3.4.1	Estrazione sequenziale del bario	128
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA	128
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)	131
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	134

3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	134
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	135
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	136
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	138
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	141
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	142
3.5.2.	BIOMARKER.....	147
3.5.2.1	Micronuclei	147
3.5.2.2	Determinazione dell'attività di catalasi	150
3.5.2.3	Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	150
3.5.2.4	Stabilità delle membrane lisosomiali	152
3.5.2.5	Determinazione dell'attività mitocondriale.....	153
3.5.2.6	Livelli di metallotioneine	154
3.5.2.7	Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente	155
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	157
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI	157
3.6.1.1	Materia organica estratta (MOE).....	157
3.6.1.2	Idrocarburi Alifatici (IA).....	158
3.6.1.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	160
3.6.1.4	Metalli pesanti	162
3.6.2.	BIOMARKER.....	165
3.6.2.1	Stress on stress	165
3.6.2.2	Micronuclei	167
3.6.2.3	Valutazione del contenuto di lipofuscine	167
3.6.2.4	Valutazione del contenuto di lipidi neutri	168
3.6.2.5	Stabilità delle membrane lisosomiali	168
3.6.2.6	Attività della Catalasi	169
3.6.2.7	Livelli di Malondialdeide	170
3.6.2.8	Livelli di Metallotioneine.....	170
3.6.2.9	Livelli di mRNA delle metallotioneine MT10 e MT20	171
3.7.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	172
3.7.1.	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE1)	172
3.7.2.	CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE2)...	174
3.7.3.	RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOMARKER (LOE3)	175
3.7.4.	CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE4)	175
3.7.5.	ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	177
4.	CONCLUSIONI	181
5.	BIBLIOGRAFIA	191
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	ix
	- ALL. A3 Indagini in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	xv
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti lungo i transetti A e B e dei Controlli K1 – K4. 11° survey post lavori (inverno 2021).....	xxiii

1. INTRODUZIONE

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

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

L’area in cui sono poste le strutture è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell’Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell’anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con proprietà chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l’ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d’acqua (10-20 m). Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso strutture analoghe situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 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 fisiche e chimiche della colonna d’acqua (correnti, temperatura, salinità,

ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, inquinanti, 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 biomarker 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: le indagini ai punti 1) e 2) dell'elenco sopra riportato sono state condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 sono state effettuate nel corso di un survey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO.
- c. Fase di produzione: le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase. Le indagini indicate nei punti 3-9 sono state condotte per 5 anni dalla fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarker in organismi marini sono stati effettuati survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica erano mensili, mentre l'osservazione di mammiferi e rettili marini è stata effettuata mediante 3 campionamenti/mese.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;
 2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5

e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;

3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

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

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

In base a quanto riportato nel Decreto n. 0000227 del Ministero Ambiente nel 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno post lavori di installazione della piattaforma, sarebbero proseguiti esclusivamente i campionamenti della colonna d'acqua. Tuttavia, poiché nel 1° semestre 2020 le indagini relative agli aspetti fisici, chimici ed ecotossicologici dei sedimenti e quelle di bioaccumulo e biomarker in organismi marini (*H. diversicolor* e *M. galloprovincialis*) non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 (Spagnolo *et al.*, 2021d), esse sono state ripetute nel 2021.

Nel presente rapporto sono pertanto descritti i risultati conseguiti per la piattaforma Clara 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 presso la piattaforma Clara NW. 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 lock-down da COVID-19 che ha sospeso tutte le attività, sono state ripetute nel 1° semestre 2021.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Clara NW
Ante operam	Colonna acqua	1-3 survey
	Comunità planctoniche	1-3 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
Cantiere	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Comunità planctoniche	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	*
Esercizio	Correntometria	Per tutta la durata della fase
	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	5 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni
	Comunità bentonica	5 anni
	Comunità ittica	5 anni
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni
	Rilevamento cetacei	5 anni
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
Smantellamento	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
Post smantellamento	Colonna acqua	1 anno
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	Comunità ittica	3 anni
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione

* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a) (risultati in Leonori *et al.*, 2016)

** Incluso nella fase di Esercizio

I risultati di tutte le indagini conseguiti dal pre-survey al 5° anno post lavori di installazione della piattaforma Clara NW sono disponibili in:

Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b

Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c, 2022b

2. MATERIALI E METODI

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

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

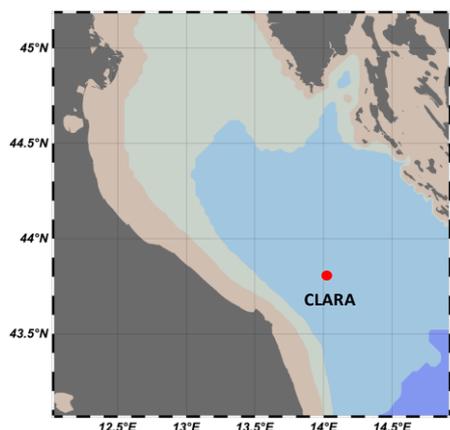


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

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

2.1. 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

senso 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).

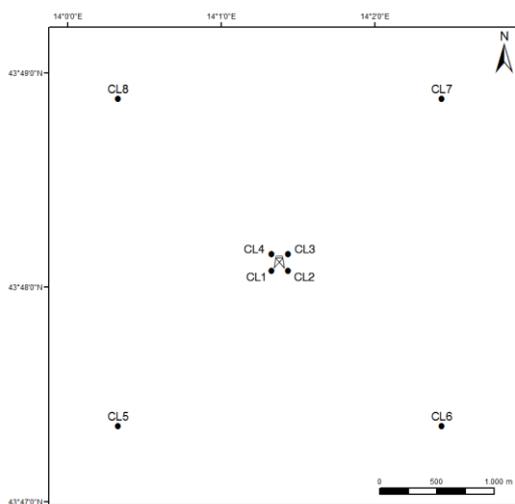


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato per le indagini idrologiche nella fase di produzione di Clara NW.

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 1° semestre 2021 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di

Clara NW (coordinate dell'ormeggio: 43°48,150'N, 14°01,436'E) a circa 75 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II) del peso in acqua di circa 13 kg, 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. Lo 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 21 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. A causa di un guasto tecnico i dati disponibili per il 1° semestre 2021 sono relativi al periodo 22 febbraio - 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 lock-down nazionale per COVID-19 che li aveva resi inutilizzabili. Il survey è stato pertanto ripetuto nel 1° semestre 2021. 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 loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa (fig. 2.3).

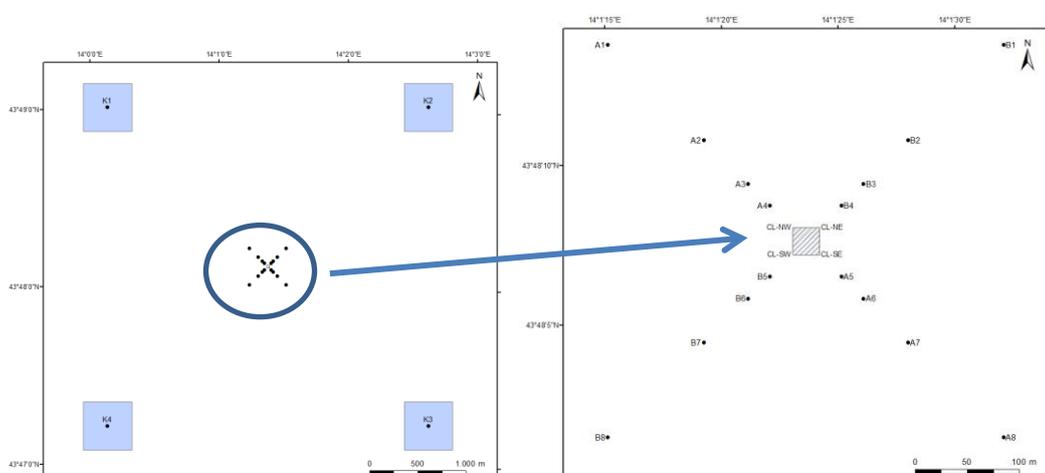


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche nella fase di produzione di Clara NW, con il particolare dei 20 siti attorno alla piattaforma.

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

In Tab. 2-III sono riportate la distanza dal punto "Clara NW", la posizione geografica e la profondità di ciascuna stazione campionata nell'inverno 2021.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nell'inverno 2021 per le indagini sedimentologiche. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Clara NW.

	Distanza dal sito Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°48'236N 14°01'252E	74,9
A2	120	NW	43°48'231N 14°01'315E	75,0
A3	60	NW	43°48'194N 14°01'346E	75,1
A4	30	NW	43°48'208N 14°01'362E	75,2
CL NW	0	NW	43°48'173N 14°01'372E	75,5
CL SE	0	SE	43°48'154N 14°01'410E	75,4
A5	30	SE	43°48'150N 14°01'436E	75,3
A6	60	SE	43°48'127N 14°01'470E	75,1
A7	120	SE	43°48'112N 14°01'442E	75,0
A8	250	SE	43°48'038N 14°01'573E	75,0
B1	250	NE	43°48'309N 14°01'555E	75,0
B2	120	NE	43°48'231N 14°01'461E	74,9
B3	60	NE	43°48'199N 14°01'442E	75,1
B4	30	NE	43°48'202N 14°01'409E	75,1
CL NE	0	NE	43°48'187N 14°01'393E	75,4
CL SW	0	SW	43°48'167N 14°01'372E	75,5
B5	30	SW	43°48'155N 14°01'358E	75,0
B6	60	SW	43°48'121N 14°01'351E	75,0
B7	120	SW	43°48'124N 14°01'278E	75,0
B8	250	SW	43°48'059N 14°01'206E	75,0
K1	2000	NW	43°48'898N 14°00'413E	74,8
K2	2000	NE	43°48'947N 14°02'247E	75,3
K3	2000	SE	43°47'411N 14°02'612E	75,6
K4	2000	SW	43°47'342N 14°00'513E	75,6

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 $+4^{\circ}\text{C}$.

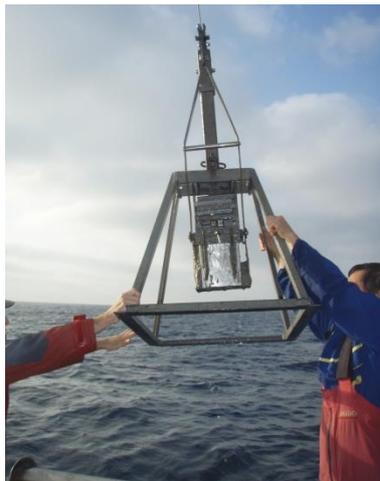


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini ecotossicologiche - Sino all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) questa tipologia di indagine è stata condotta presso le stazioni di campionamento CL 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 investigare inserendo anche gli altri 3 siti CL (CL NW, CL SW e CL 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 per lo svolgimento dei seguenti saggi ecotossicologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);

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

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



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 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 condotte 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 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 Clara NW.

Nell'inverno 2021 sono stati raccolti campioni sia nelle parti sommerse della piattaforma,

vicino e lontano dagli anodi sacrificali (siti VA e LA rispettivamente), sia in un'area di controllo rappresentata da un impianto di mitilicoltura al largo di Senigallia (AN). Nel 1° semestre 2021 le taglie medie degli esemplari prelevati dai due punti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo: $62,0 \pm 7,0$ mm
2. Vicino anodo: $72,0 \pm 3,0$ mm
3. Lontano anodo: $68,0 \pm 5,0$ mm.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

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

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

Ossigeno disciolto - La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0,3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 h. Al momento della titolazione, 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare I_3^- . Lo ione complesso I_3^- è stato titolato

con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in ml l⁻¹. I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

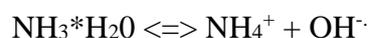
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 µm), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene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

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

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

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

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



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

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

Il fosforo reattivo (PO_4) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) 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:

- NO_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM
- NH_4 : 0,02 μM
- PO_4 : 0,01 μM
- $\text{Si}(\text{OH})_4$: 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 $\hat{\text{A}}$ 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 ($\varnothing = 47$ 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 combusti è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L^{-1} . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A1-VI).

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

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

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

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

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 rivelatore 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 rivelatore 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. 2.6) è stata determinata con sistema GC-MS/MS.

La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rivelatore 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).

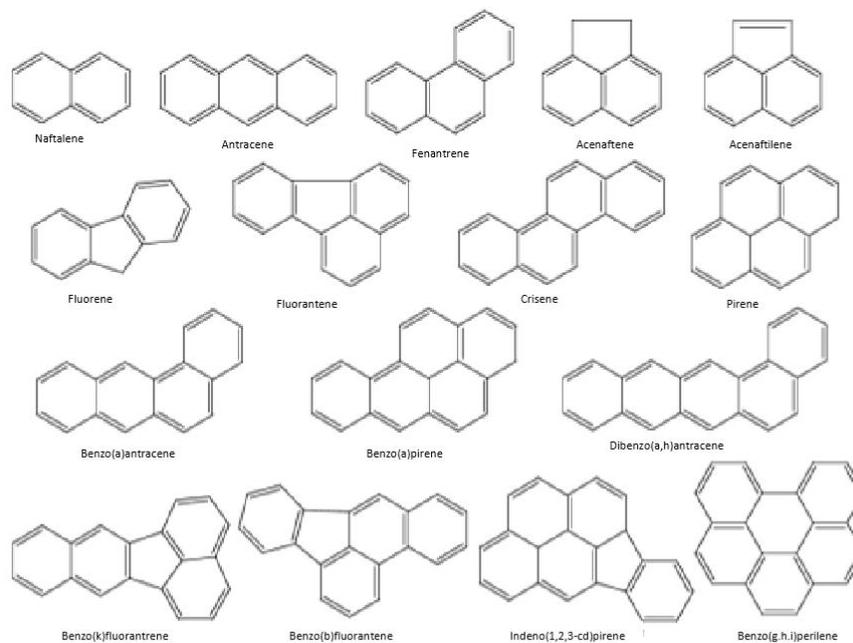


Fig. 2.6 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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

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

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

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

2.2.2. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Granulometria - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo “Europe” (All. A2-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-III) a 105°C per almeno 24-36-48 h in funzione della tipologia del materiale. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 μ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 105°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 μ , 2000 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta “curva granulometrica”.

Le peliti (materiale inferiore a 63 μ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 105°C sino a completa evaporazione. È 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, Ace-naftalene, 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) ed EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. 2-VI).

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

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio e zinco, dei quali in Tab. 2-V si riportano i dettagli relativi al controllo di qualità del dato analitico.

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.

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

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

L'analisi per la determinazione dell'**indio** è stata effettuata tecnica ICP-MS 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).

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

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

2.2.3. 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 EC₅₀, 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 della matrice - 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 termostatici 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. È 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: $16 \pm 2^\circ\text{C}$
- salinità: $36 \pm 2\text{‰}$
- illuminazione: continua
- O_2 disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: $>60\%$.

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l e sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, posti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$ e areati in continuo.

Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l CdCl_2 . All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è $\leq 15\%$ e quando quella nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è $\leq 20\%$. Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le % medie (\pm dev.st.) degli anfipodi morti. La % 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 % di mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare, corretta con la formula di

Abbott (M). In Tab. 2-VII la scala adottata per la quantificazione della tossicità.

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 % di larve normalmente sviluppate nel controllo con la sola acqua di diluizione deve inoltre essere superiore al 70%.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC₅₀, qualora la

distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione $TU = 100 / EC_{50}$. Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-VIII.

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

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

Dove:

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

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

2.2.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

2.2.4.1 Ricerca di metalli pesanti

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

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

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti $\sim 300 \text{ cm}^3$ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36 \pm 2\%$). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come

sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

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

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

dove:

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

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

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

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

2.2.4.2 Biomarker

Sono stati ricercati i seguenti biomarker:

- Micronuclei;
- Catalasi;
- Glutazione transferasi;
- Stabilità lisosomiale;
- Attività mitocondriale;
- Metallotioneine;

– Immunolocalizzazione di IPA.

Estrusione delle 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'. Sono stati quindi successivamente prelevati e la soluzione con le cellule estratte centrifugata a 100 g x 2' a 4°C per eliminare eventuali particelle solide; il surnatante una volta trasferito è stato 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 stato distribuito in due spot da 50 µl in vetrini puliti pre-polilisinati e collocati in camere umide per le successive analisi.

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

Il preparato è stato centrifugato a 500 g per 5'. Il surnatante è stato eliminato e il pellet risospeso in 500 µl di soluzione metanolo: acido acetico (3:1). I preparati sono stati spottati su vetrino in volume di 20 µl a spot. Una volta evaporato il solvente, i preparati sono stati colorati per 10' con colorante di Giemsa (5%). Successivamente, i vetrini sono stati sciacquati due volte 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: Frequenza di micronuclei (‰) = n

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo di 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 µl) è stata spottata su vetrino (2 spots da 50 µl) pulito e pre-polilisinato. Le cellule sono state lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati sono stati dapprima lavati con soluzione di Hanks e successivamente incubati con 100 µl di soluzione di lavoro Neutral Red (0,2 mg/ml) per 20'. I preparati sono stati successivamente sciacquati due volte con soluzione di Hanks e, dopo il posizionamento del coprivetrino, posti sotto la luce del microscopio invertito a un fattore di magnificazione 400X. Le cellule sono state osservate ad intervalli di 15' per 90'. L'endpoint viene raggiunto quando in almeno il 50% delle cellule osservate si nota il pencolamento del colorante lisosoma affine Neutral Red nel citoplasma cellulare.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati 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 µl) è stata spottata su vetrino (2 spots da 50 µl) pulito e pre-polilisinato. Le cellule sono state lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati sono stati 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 sono poi stati incubati con albumina, sciacquati due volte con soluzione di Hanks e successivamente posizionati sul coprivetrino e posti sotto la luce fluorescente (filtro rodamina) del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. L'emissione fluorescente viene catturata dalla telecamera e vengono registrate 20 immagini/individuo.

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' per ottenere un surnatante contenente le metallotioneine. In seguito ad alcune procedure di purificazione e separazione il DTNB (acido 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic) è stato aggiunto ai campioni a temperatura ambiente. L'assorbanza è stata misurata a 412 nm.

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

Immunolocalizzazione di IPA - Cinque individui sono stati processati per ogni trattamento. Dopo congelamento rapido in azoto liquido, essi sono stati tagliati in 4 parti e le sezioni centrali collocate su supporto in alluminio per realizzare criosezioni trasversali dell'individuo di 10 µm con un'angolatura di taglio di 15°. Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La presenza di composti aromatici nelle cellule delle ghiandole digestive dei policheti analizzati è stata testata su sezioni di tessuto sciacquate tre volte con 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

È stata prevista la determinazione di:

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

MOE – È 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. A3-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. A3-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. A3-I).

I composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti, volatile ed estraibile.

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

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

Gli indici di distribuzione considerati sono:

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

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

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

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A3-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. A3-III).

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

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A3-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.

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

Sopravvivenza in aria - L'analisi è stata effettuata su un campione di 30-50 organismi per ciascun sito (controllo, VA, LA) i quali, subito dopo l'arrivo in laboratorio, sono stati lavati, asciugati e mantenuti a temperatura costante ($4\pm 1^\circ\text{C}$) in un frigorifero a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione (All. A3-V). Quotidianamente sono stati registrati

e asportati gli individui morti fino ad esaurimento degli organismi, registrando LT₅₀ e LT₉₀. Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano a alcuna sollecitazione.

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

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

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. A3-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. A3-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. A3-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. A3-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. A3-VI) ad intervalli di 15', per determinare il tempo in cui il 50% delle cellule presentano il colorante Rosso Neutro, inizialmente trattenuto nei lisosomi, rilasciato nel citosol (ICES, 2015).

Analisi dell'attività enzimatica della catalasi - L'analisi dell'attività dell'enzima antiossidante catalasi è stata effettuata su campioni di ghiandola digestiva omogenati (1:5 p/v) in un tampone K-fosfato 100 mM a pH 7,5, con NaCl 2,5%, PMSF (fenilmetilsolfonilfluoruro) 0,1 mM e inibitori di proteasi: aprotinina 0,008 TIU/mL, leupeptina 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, pepstatina 0,5 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Dopo centrifugazione a 100.000 xg per 1 h a

4°C (All. A3-IX), la frazione citosolica è stata aliquotata e conservata a -80°C. L'attività enzimatica della catalasi è stata analizzata attraverso un saggio spettrofotometrico a 18°C. Il valore ottenuto è stato normalizzato con il contenuto delle proteine secondo il metodo di Lowry (Lowry *et al.*, 1951). L'attività della catalasi (CAT), sistema antiossidante che detossifica il perossido d'idrogeno catalizzando la sua trasformazione in acqua e ossigeno, è stata valutata seguendo la diminuzione di assorbanza a $\lambda=240$ nm, $\epsilon=0,04$ mM⁻¹ cm⁻¹ (All. A3-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. A3-XI). La reazione di coniugazione è stata condotta a 45°C per 40' in una mistura 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. A3-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 -mercaptoetanolo 0,01% come agente riducente. Dopo centrifugazione a 30000 xg per 45' a 4°C (All. A3-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 e 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. A3-X). La quantificazione è stata effettuata attraverso una retta standard di calibrazione, con concentrazioni note di GSH (50-500 μ M) (Viarengo *et al.*, 1997).

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

L'RNA totale è stato purificato da 50-100 mg di ghiandola digestiva tramite kit Hybrid-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 μ g 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 μ l di reazione di amplificazione del DNA conteneva 7,5 μ l di SYBR Select Master Mix (Life Technologies, Carlsbad, CA, USA), 5 μ l di cDNA totale (sintetizzato come descritto sopra e diluito 1: 5) e 200 nM di ciascun primer *forward* e *reverse*. Il programma di amplificazione PCR in tempo reale a tre step della Real Time -PCR prevede una fase di attivazione enzimatica a 95 ° C (2 min) e 40 cicli ciascuno composti da 15s a 95 ° C, 15" alla temperatura di annealing (Tab. 2-X) e 1' a 72°C. Per determinare la specificità dell'amplificazione del

cDNA bersaglio sono stati inclusi dei controlli negativi privi del cDNA template. Ogni campione di cDNA è stato analizzato in duplicato. Una volta ottenuto il ciclo soglia (Ct) i valori sono stati convertiti in numero di copie di mRNA utilizzando una curva standard generata interpolando i valori di Ct rispetto al log del numero di copie. Gli standard sono stati creati mediante diluizioni seriali di quantità note di plasmide contenente l'amplicone di interesse, per ogni sequenza bersaglio (Dondero *et al.*, 2005). Il dato finale è stato espresso in "fold-change", calcolando il rapporto tra i valori dei campioni provenienti da piattaforma e i valori dei campioni di controllo.

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

Geni target	Sequenze coppie di primers	Riferimento bibliografico	Dimensione amplificato	Temperatura annealing	Genebank
<i>mt10</i>	Fwd: GGGCGCCGACTGTAAATGTTC Rev: CACGTTGAAGGCCCTGTACACC	Dondero <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 (Dunnett) 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. 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), 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 5 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. 2.7); il valore di RTR viene corretto in funzione del "peso" del contaminante per ottenere un valore di RTRw (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 RTRw dei parametri con $RTR \leq 1$ (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTRw di tutti i contaminanti con $RTR > 1$ (equazione 5), dove N e M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ 1 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 RTRw 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 RTRw 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-XI). 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).

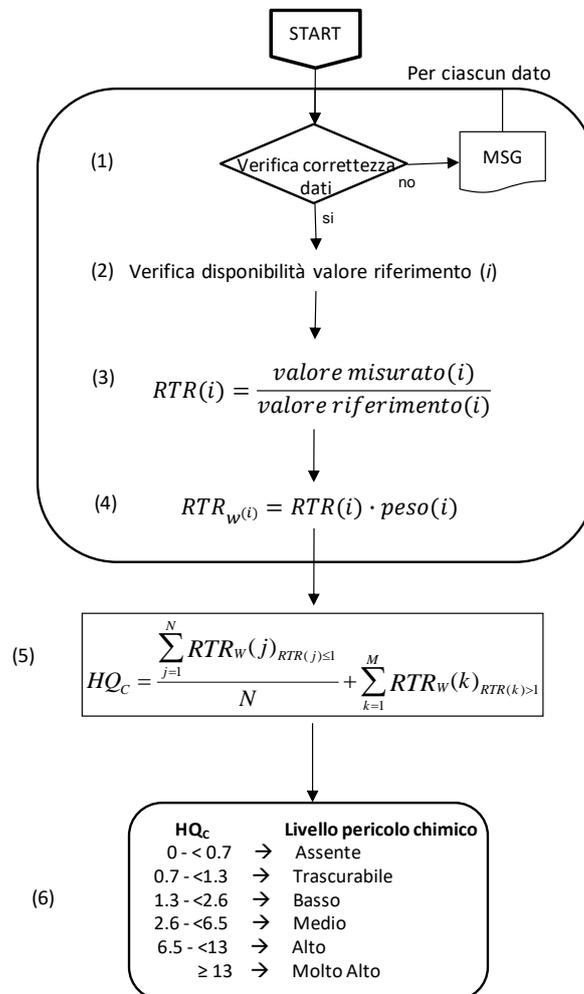


Fig. 2.7 - Procedura per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE 1).

Tab. 2-XI – Livelli di pericolo chimico e relativi indici chimici (HQ_C).

Assente	$HQ_C < 0,7$
Trascurabile	$0,7 \geq HQ_C < 1,3$
Basso	$1,3 \geq HQ_C < 2,6$
Medio	$2,6 \geq HQ_C < 6,5$
Alto	$6,5 \geq HQ_C < 13$
Molto alto	$HQ_C \geq 13$

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 (RTRw).

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. 3.8).

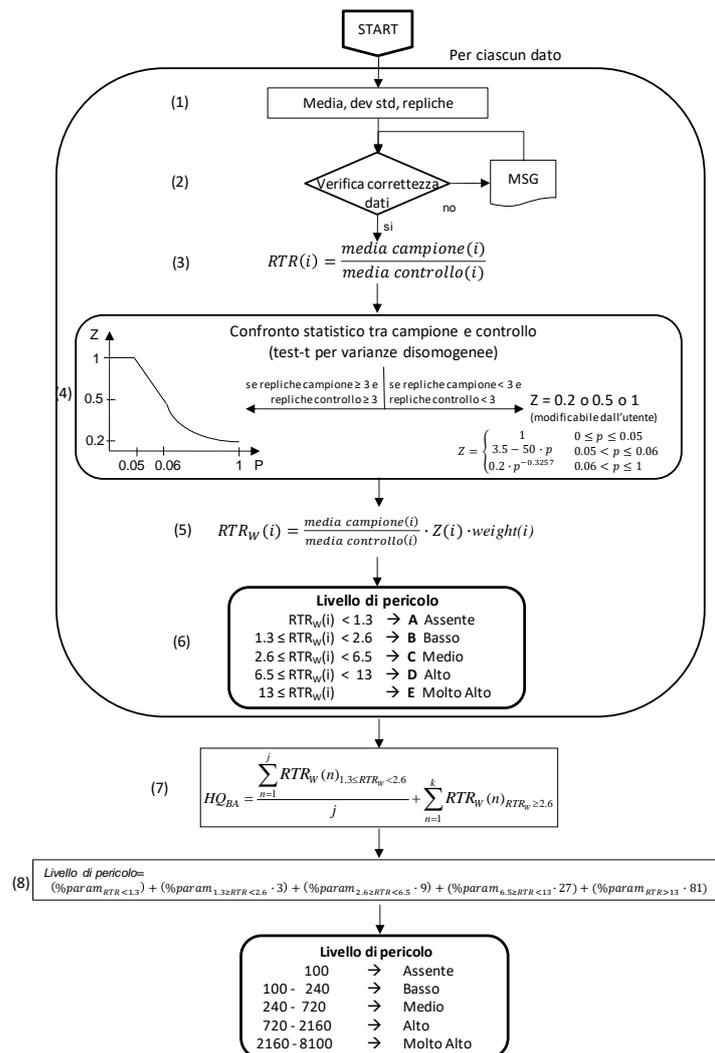


Fig. 3.8 - Procedura per l'elaborazione dei dati di bioaccumulo negli organismi (LOE 2).

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. 2.9), 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.

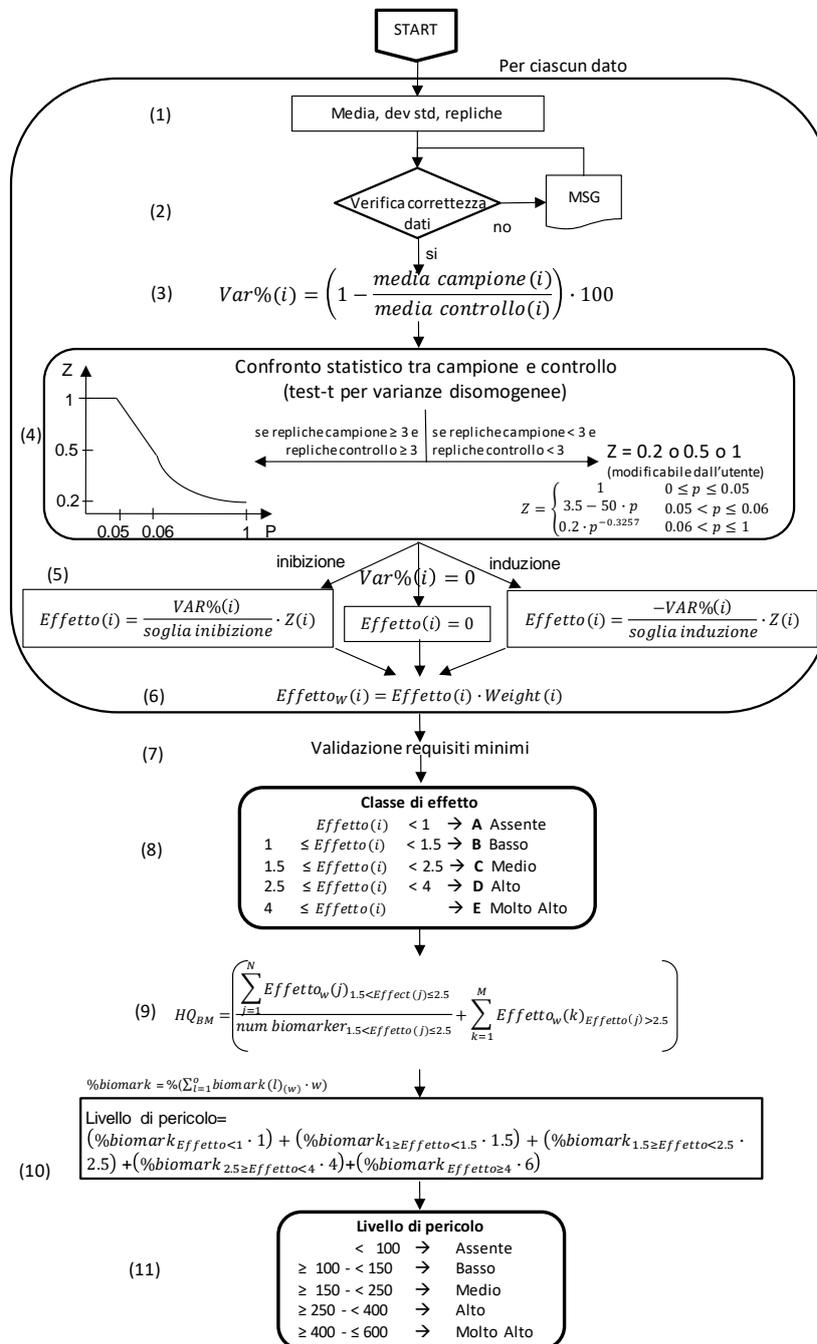


Fig. 2.9 - Procedura per l'elaborazione dei dati dei biomarker (LOE 3).

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. 2.10:

- 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. 2.10);
- 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-XII e punto 6 del flow chart della fig. 2.10).

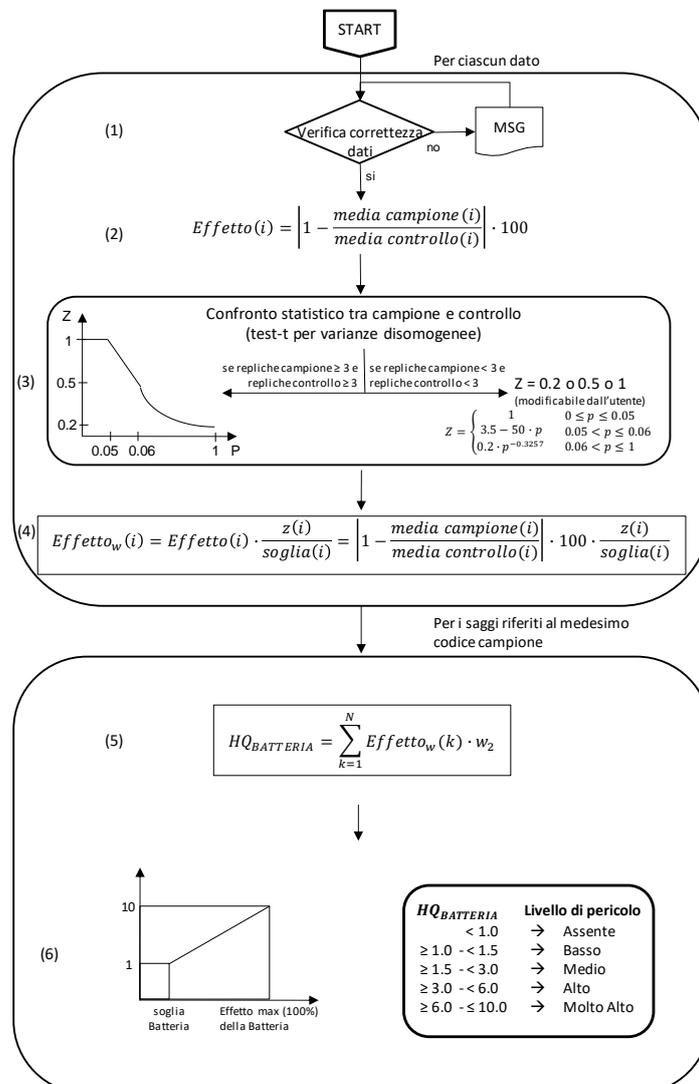


Fig. 2.10 – Procedura per l'elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici (LOE 4).

Tab. 2-XII – 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. 2.11), 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.

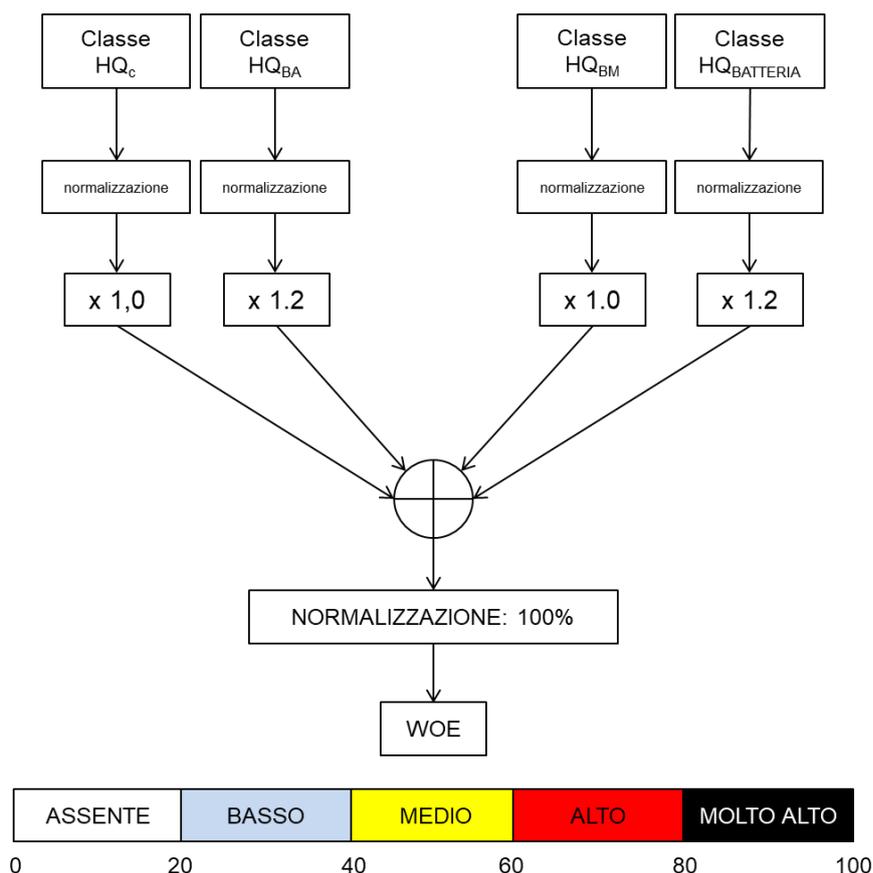


Fig. 2.11 – Procedura per l'elaborazione finale WOE dai risultati delle singole LOE.

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nella campagna di **febbraio** (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura è risultata piuttosto uniforme, con valori in lieve diminuzione dalla superficie (media \pm dev.st.; $13,61 \pm 0,09^\circ\text{C}$) al fondo ($12,71 \pm 0,04^\circ\text{C}$).

Valori piuttosto costanti lungo l'intera colonna d'acqua sono stati rilevati anche per la distribuzione della salinità in tutte le stazioni ($38,89 \pm 0,01$ psu).

L'omogenità di questi due parametri è stata confermata anche dalle mappe areali (fig. 3.2).

La torbidità (fig. 3.1) ha fatto registrare valori molto bassi e uniformi in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 60 m di profondità ($0,2 \pm 0,0$ mg l⁻¹), in rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,3 mg l⁻¹, stazione CL6).

Anche l'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è stato omogeneo e $>100\%$ ovunque fino a circa 30 m di profondità, generalmente decrescente verso valori minimi e uniformi al fondo (media $95,6 \pm 0,4\%$).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie ($\leq 0,6$ $\mu\text{g l}^{-1}$), in aumento fino a un debole picco registrato a circa 50 m di profondità (massimo $0,9$ $\mu\text{g l}^{-1}$, stazione CL2) e nuovamente in diminuzione verso il fondo.

Nel mese di **marzo** (fig. 3.4) la distribuzione verticale della temperatura non si è discostata in modo rilevante dal mese precedente, mostrando in tutte le stazioni profili piuttosto omogenei in tutta la colonna d'acqua, con piccole differenze tra la superficie ($13,01 \pm 0,18^\circ\text{C}$) e il fondo (media $12,66 \pm 0,02^\circ\text{C}$).

I profili di salinità hanno evidenziato una distribuzione generalmente uniforme ovunque su tutta la colonna d'acqua ($38,89 \pm 0,03$ psu), con piccole differenze nei valori medi tra le stazioni ($\Delta_{\text{max}}=0,13$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.5) hanno confermato la distribuzione pressoché omogenea della temperatura e la presenza di valori leggermente più elevati in superficie rispetto al fondo.

Analogamente, la distribuzione della salinità è risultata uniforme ad entrambe le quote

(superficie: $38,88 \pm 0,03$ psu; fondo: $38,93 \pm 0,01$ psu).

Anche la torbidità (fig. 3.4) è risultata omogenea e molto bassa dalla superficie al fondo, con valori attorno a $0,3 \text{ mg l}^{-1}$.

Situazione analoga per i profili verticali di ossigeno disciolto (fig. 3.4), che sono risultati confrontabili in tutte le stazioni fino al fondo ($99,3 \pm 1,1\%$).

La fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa caratterizzata da valori molto bassi in superficie (media $0,3 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$) e in lieve aumento verso il fondo (massimo $0,6 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, CL6).

A **maggio** (fig. 3.7) la distribuzione della temperatura riflette l'inizio del processo stagionale di stratificazione della colonna d'acqua, mostrando ovunque valori più elevati in superficie ($15,27 \pm 0,22^\circ\text{C}$) in progressiva diminuzione verso i minimi al fondo (media $12,88 \pm 0,03^\circ\text{C}$).

La salinità è risultata piuttosto variabile tra le stazioni nei primi 20 m di profondità ($\Delta s_{\text{max}} = 0,45$ psu), per poi diventare fortemente omogenea e in graduale aumento fino ai valori massimi al fondo ($38,89 \pm 0,00$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie e al fondo. Le mappe della salinità hanno evidenziato la presenza di un debole gradiente Est-Ovest in superficie ($\Delta s \sim 0,3$ psu) e valori uniformi e più elevati al fondo.

La torbidità (fig. 3.7) è risultata omogenea e caratterizzata da valori molto bassi ovunque fino a circa 50 m di profondità ($0,2 \pm 0,2 \text{ mg l}^{-1}$), in rapido incremento fino ai massimi al fondo (massimo $1,8 \text{ mg l}^{-1}$, stazione CL8).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è stato ovunque $< 100\%$, con una distribuzione piuttosto uniforme e con valori più elevati in superficie ($90,7 \pm 0,2\%$) e minimi al fondo ($82,1 \pm 0,5\%$).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata molto bassa in superficie ($< 0,2 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$), in aumento fino a un picco intorno a 50 m di profondità (massimo $0,9 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, stazione CL2) e in successiva diminuzione fino al fondo.

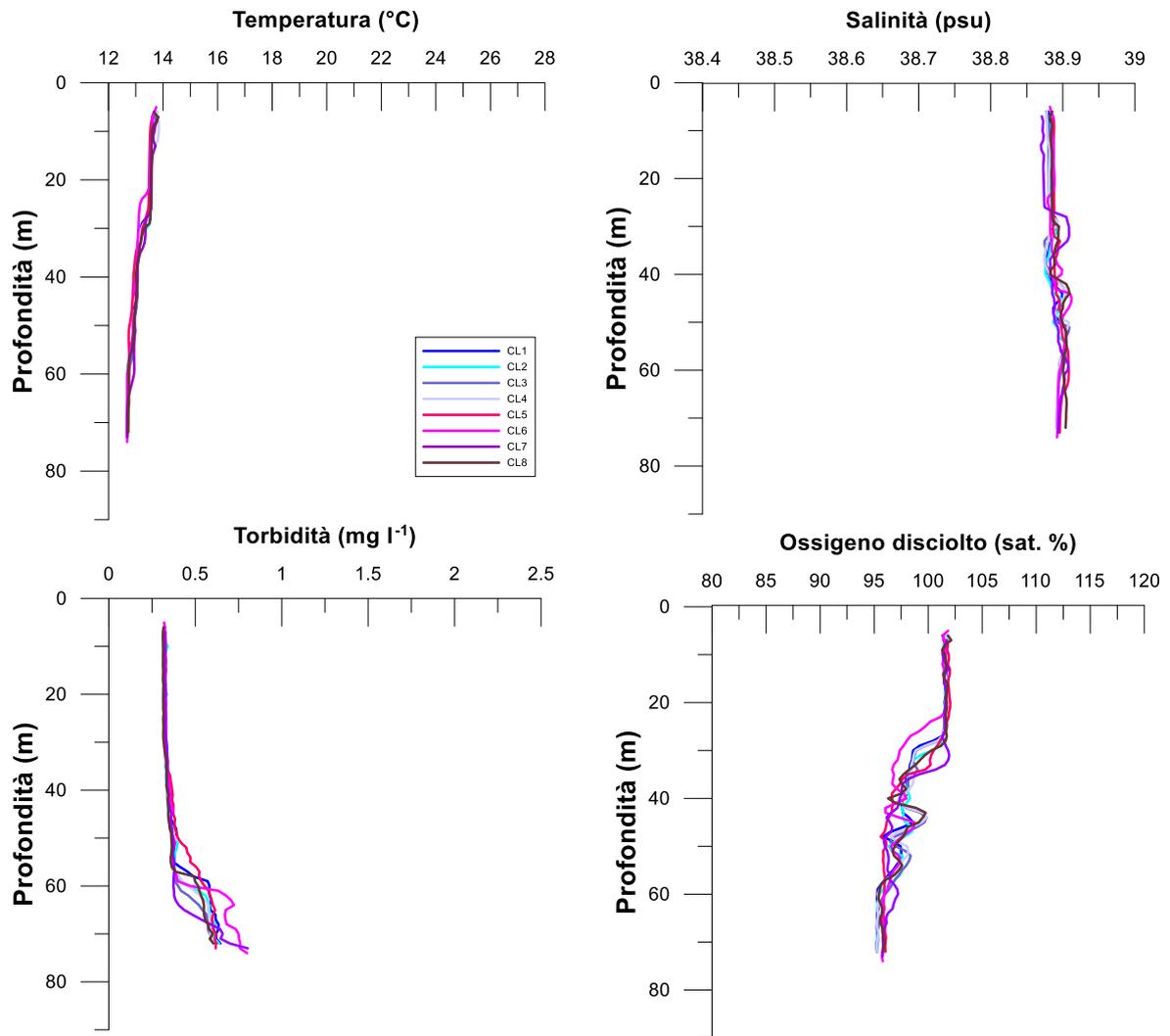


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Febbraio 2021.**

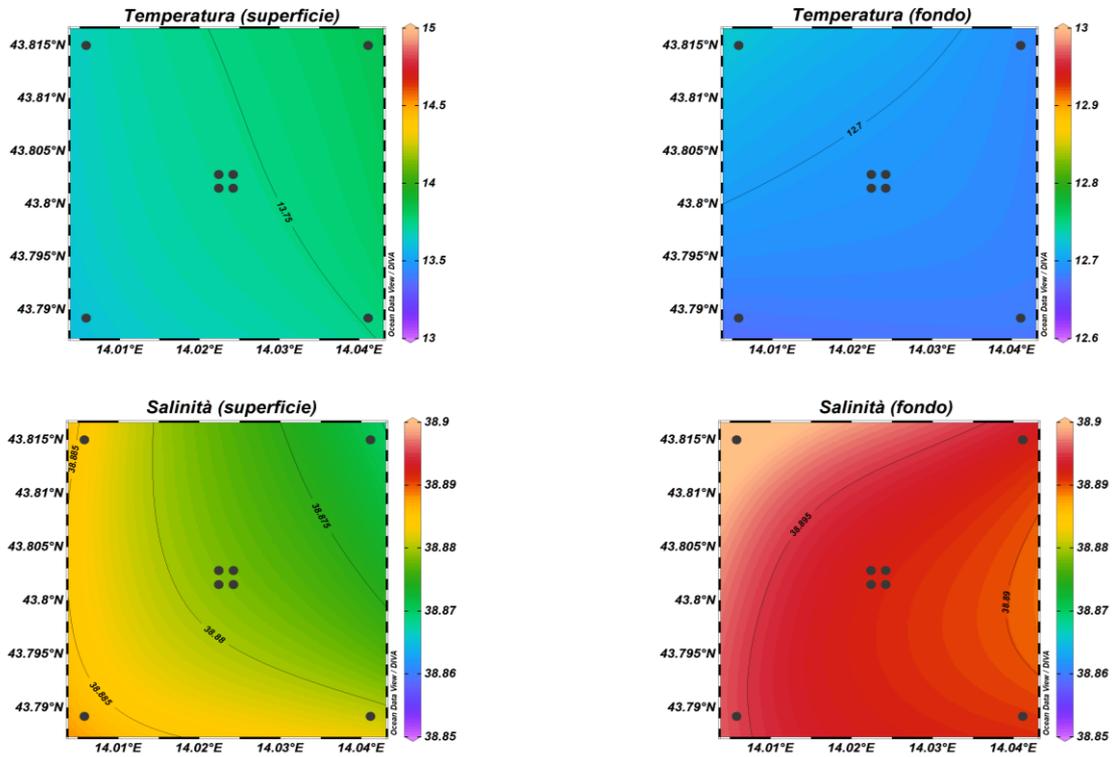


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

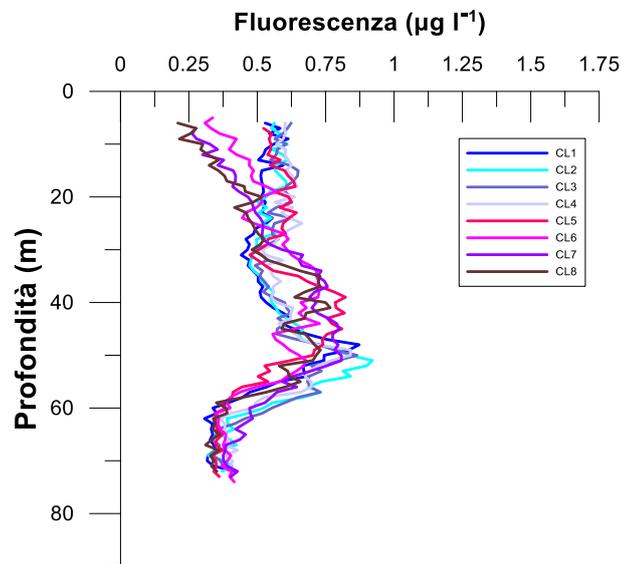


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2021**.

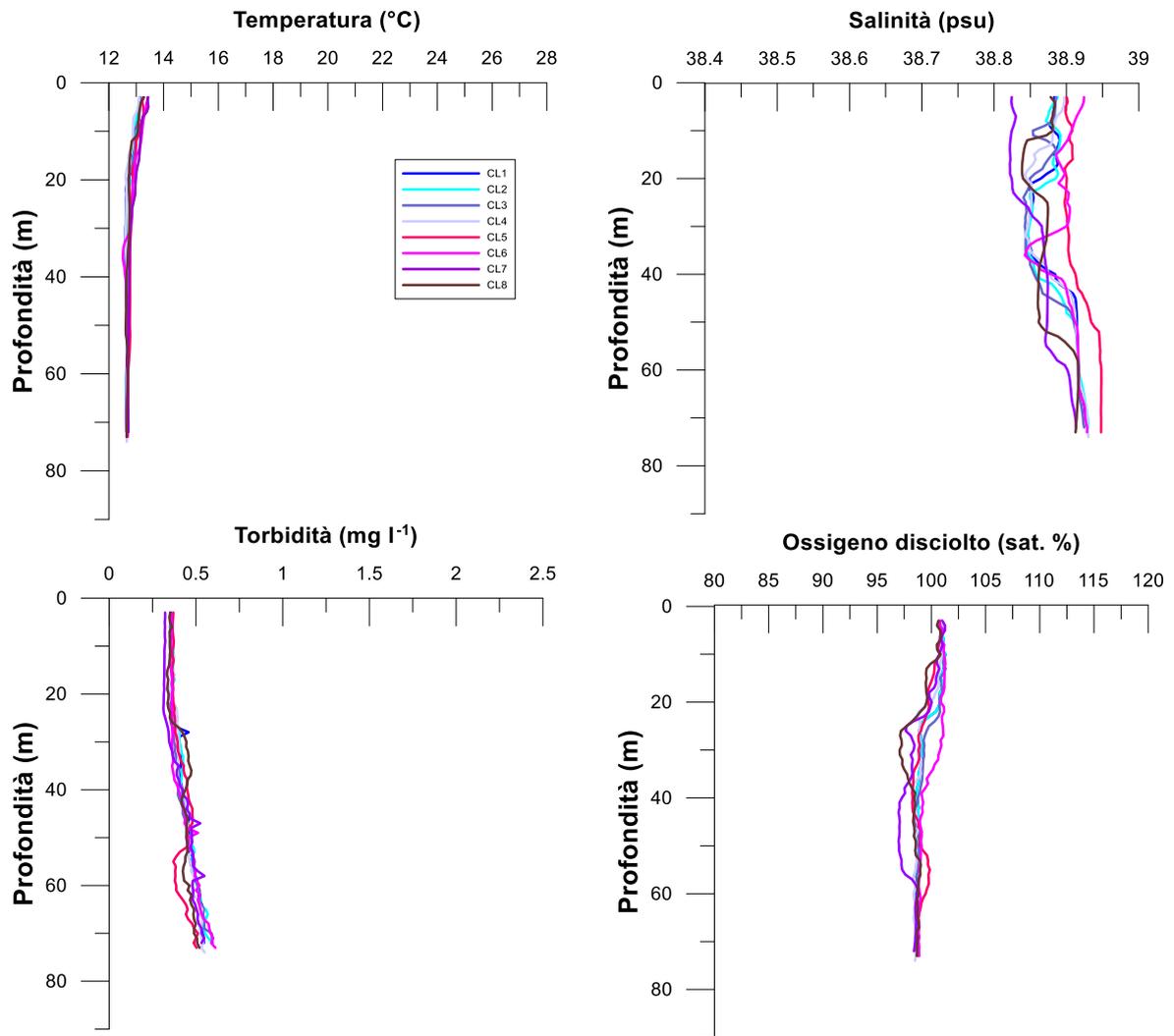


Fig. 3.4 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), torbidità (mg l^{-1}) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**

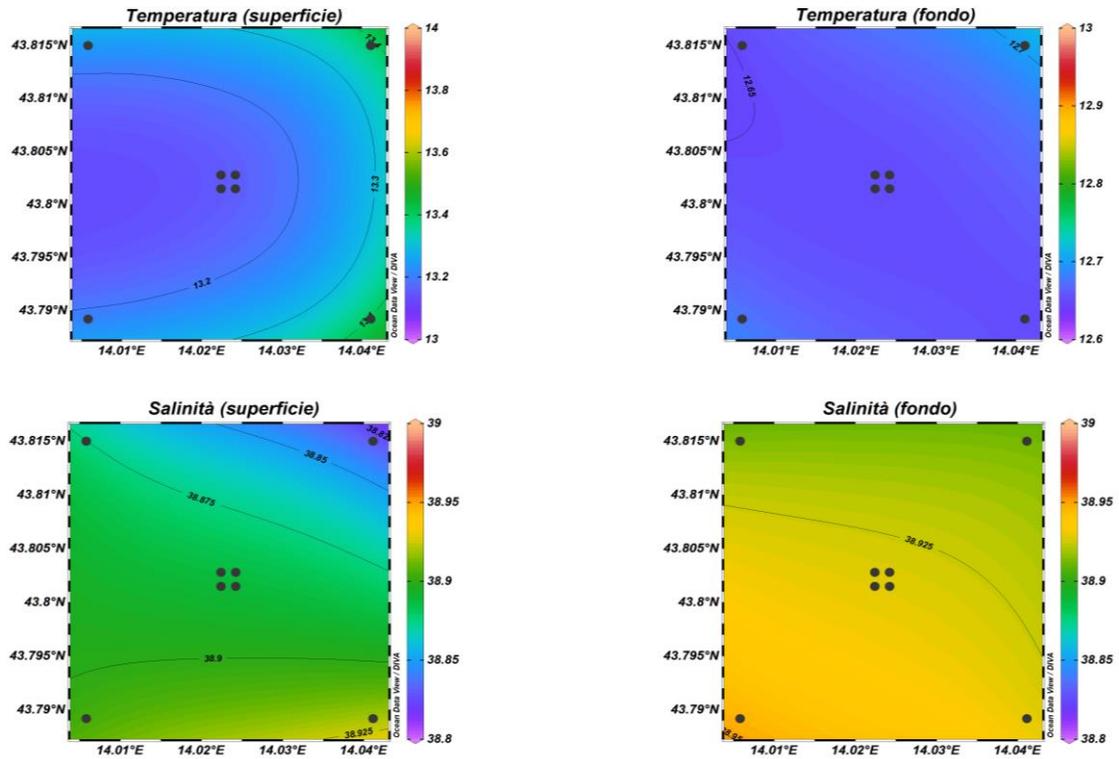


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

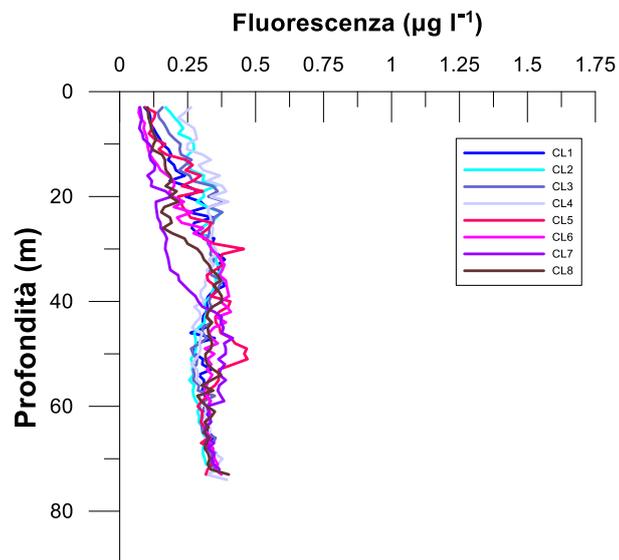


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Marzo 2021**.

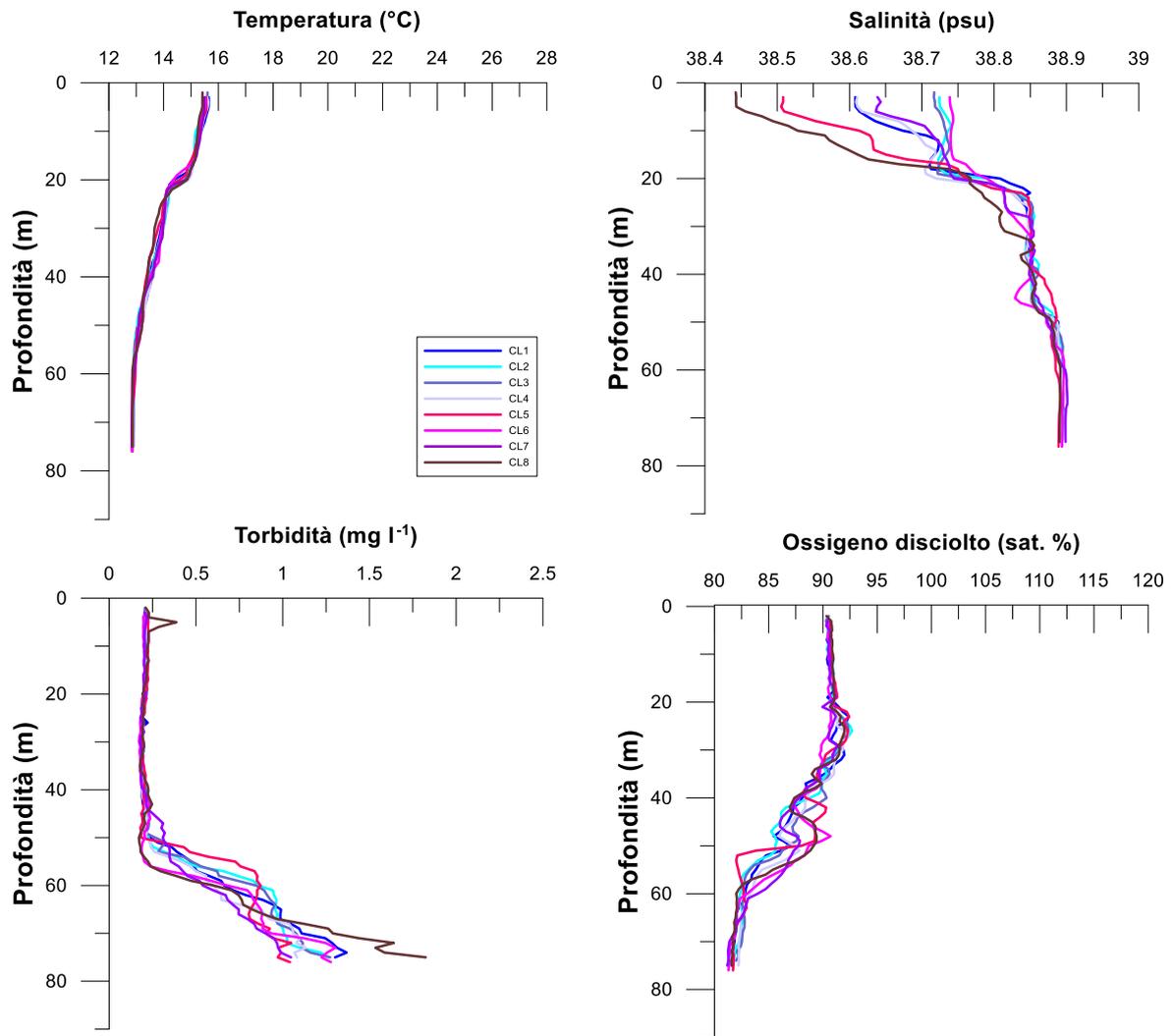


Fig. 3.7- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2021.**

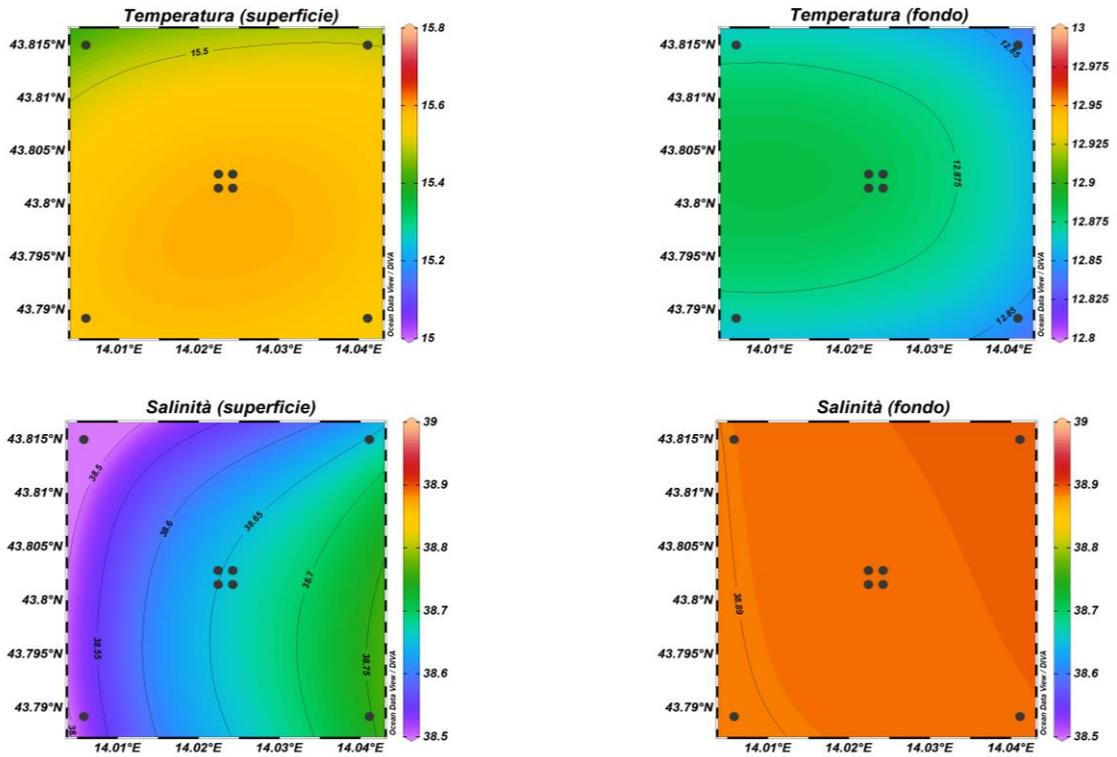


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

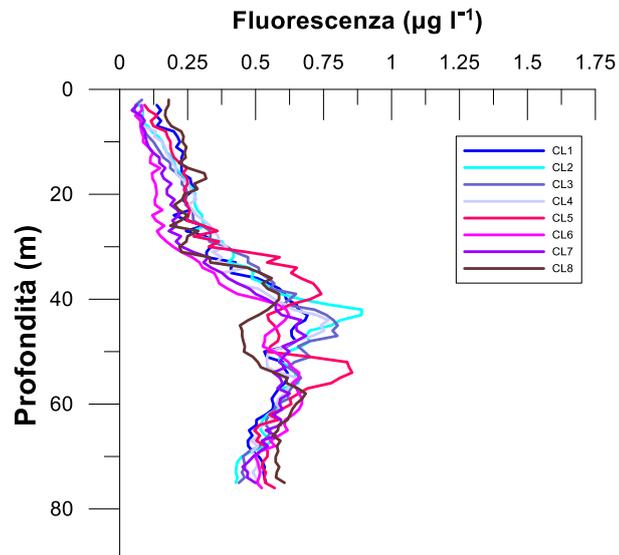


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2021**.

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 $0,34 \pm 0,17 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,21 \pm 0,17 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,02 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). In generale, i valori più elevati di NO_2 sono stati rilevati nelle acque di fondo ($0,50 \pm 0,02 \mu\text{M}$), dove è stato registrato il massimo ($0,52 \mu\text{M}$) in CL1, CL4 e CL8; il minimo ($0,08 \mu\text{M}$) è stato riscontrato in superficie nella stazione CL5.

Gli NO_3 sono stati più abbondanti a 40 m ($0,52 \pm 0,06 \mu\text{M}$); la concentrazione maggiore ($0,59 \mu\text{M}$) è stata osservata a questa quota nelle stazioni CL7 e CL8, la minima ($0,15 \mu\text{M}$) in superficie nella CL5.

Per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare. Il maggior contenuto di questo nutriente ($0,14 \mu\text{M}$) è stato misurato al fondo in corrispondenza di CL4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni ad eccezione di CL8.

Anche i fosfati (PO_4) non hanno presentato un andamento particolare: essi sono risultati generalmente contenuti ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili in tutte le stazioni, e un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ nella CL3 (20 m, 40 m e fondo) e in CL8 (fondo).

La concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di $1,67 \pm 0,21 \mu\text{M}$; valori moderatamente più elevati ($1,98 \pm 0,06 \mu\text{M}$) hanno caratterizzato le quote di fondo di tutta l'area investigata. Il massimo ($2,07 \mu\text{M}$) è stato misurato a questa quota nella stazione CL8, mentre il minimo ($1,45 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie presso CL5, CL6 e CL8.

Nel campionamento di **marzo** (figg. 3.12a, 3.12b e 3.13) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,17 \pm 0,08 \mu\text{M}$ (NO_3), a $0,13 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NH_2) e a $0,07 \pm 0,06 \mu\text{M}$ (NH_4). La concentrazione massima di NO_3 ($0,49 \mu\text{M}$) è stata riscontrata a 40 m di profondità nella stazione CL7, la minima ($0,07 \mu\text{M}$) a 20 m di profondità nella CL6. I NO_2 sono risultati generalmente contenuti e omogenei e sono oscillati tra $0,17 \mu\text{M}$ (CL7, 40 m) e $0,07 \mu\text{M}$ (CL5, superficie). La concentrazione massima di NH_4 ($0,20 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione CL4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m in tutte le stazioni ad eccezione della CL4.

I PO_4 sono risultati generalmente contenuti ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$) e non hanno presentato un

andamento particolare. La concentrazione massima ($0,03 \mu\text{M}$) è stata rilevata in superficie e a 40 m nella stazione CL4, a 20 m nelle CL1, CL2 e CL6 e al fondo della CL3, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato campioni prelevati a quote variabili nelle stazioni CL1, CL3, CL5, CL6, CL7 e CL8.

I Si(OH)_4 sono infine risultati abbastanza omogenei ($1,91 \pm 0,12 \mu\text{M}$), variando tra un massimo di $2,17 \mu\text{M}$ misurato a 40 m in CL7 e un minimo di $1,52 \mu\text{M}$ a 20 m in CL3.

A **maggio** (figg. 3.14a, 3.14b e 3.15) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,25 \pm 0,29 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,11 \pm 0,14 \mu\text{M}$ per NO_2 e a $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per NH_4 .

I maggiori contenuti dei primi due nutrienti sono stati osservati al fondo, mentre l'ammonio non ha presentato un andamento particolare. La concentrazione media di NO_3 al fondo è risultata pari a $0,71 \pm 0,08 \mu\text{M}$, dove è stato registrato il massimo ($0,79 \mu\text{M}$) nelle stazioni CL7 e CL8. Valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato la superficie di CL2, CL3 e CL6 e i 20 m di CL1, CL2, CL4 e CL6. La concentrazione media di NO_2 al fondo è risultata pari a $0,34 \pm 0,03 \mu\text{M}$, con un massimo di $0,39 \mu\text{M}$ in CL7; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato la superficie delle stazioni CL2 e CL3 e i 20 m di CL1, CL2 e CL6. Le concentrazioni di NH_4 sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili, e un massimo di $0,06 \mu\text{M}$ misurato a 20 m nella CL2 e al fondo di CL3 e CL8.

I PO_4 hanno avuto un andamento variabile: la concentrazione media è risultata pari a $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e il massimo ($0,08 \mu\text{M}$) è stato misurato nella stazione CL8 al fondo, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m in CL2, CL3 e CL5.

I Si(OH)_4 sono risultati mediamente presenti con $2,07 \pm 0,38 \mu\text{M}$. Le concentrazioni più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo ($2,66 \pm 0,11 \mu\text{M}$) dove è stato osservato il massimo ($2,80 \mu\text{M}$) in CL8, mentre il minimo ($1,68 \mu\text{M}$) ha caratterizzato la quota superficiale della CL3.

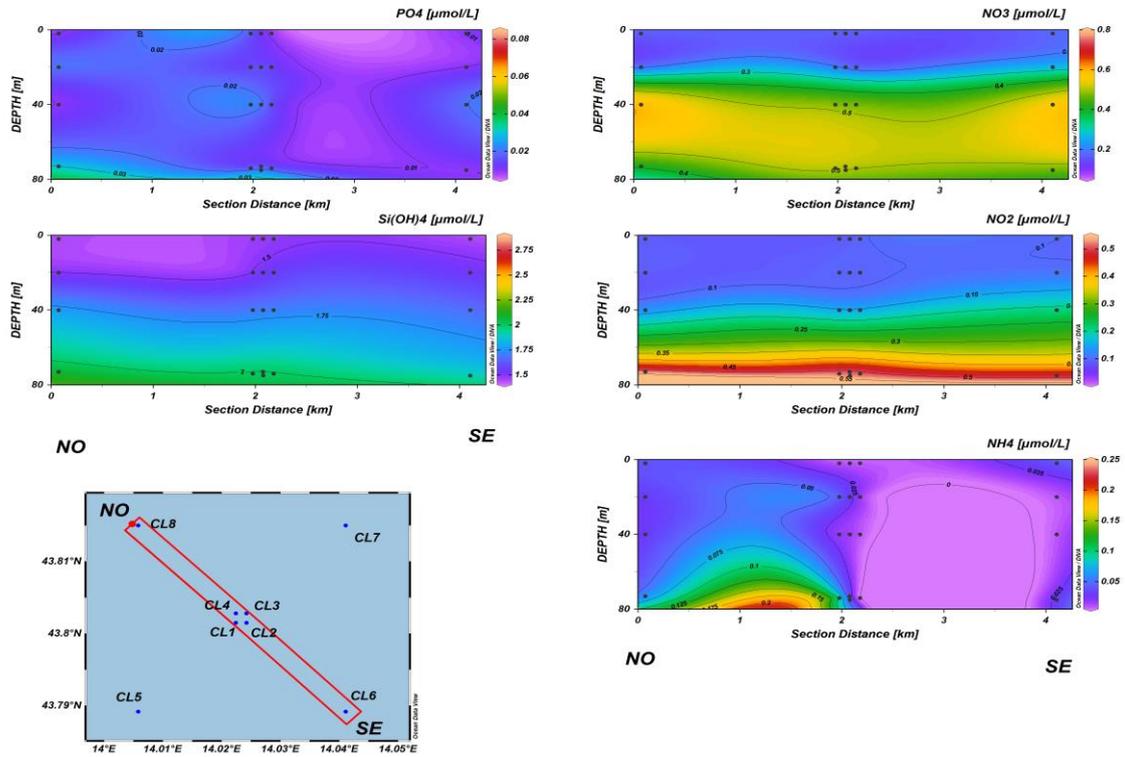


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

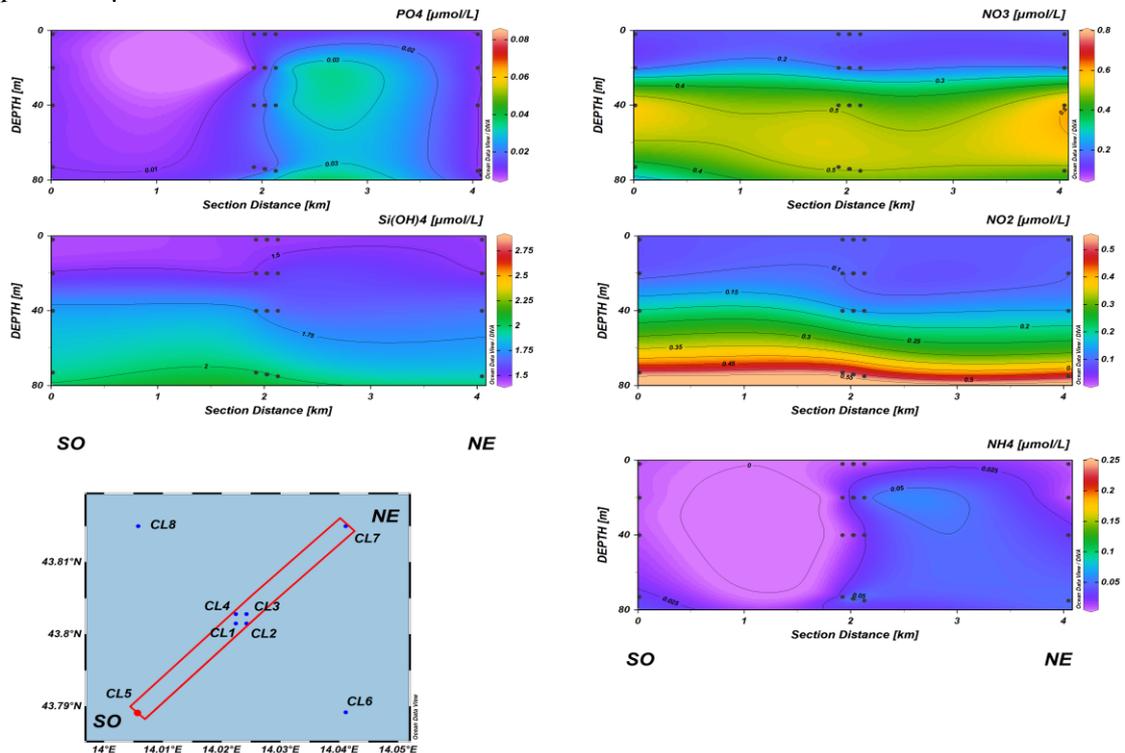


Fig. 3.10b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

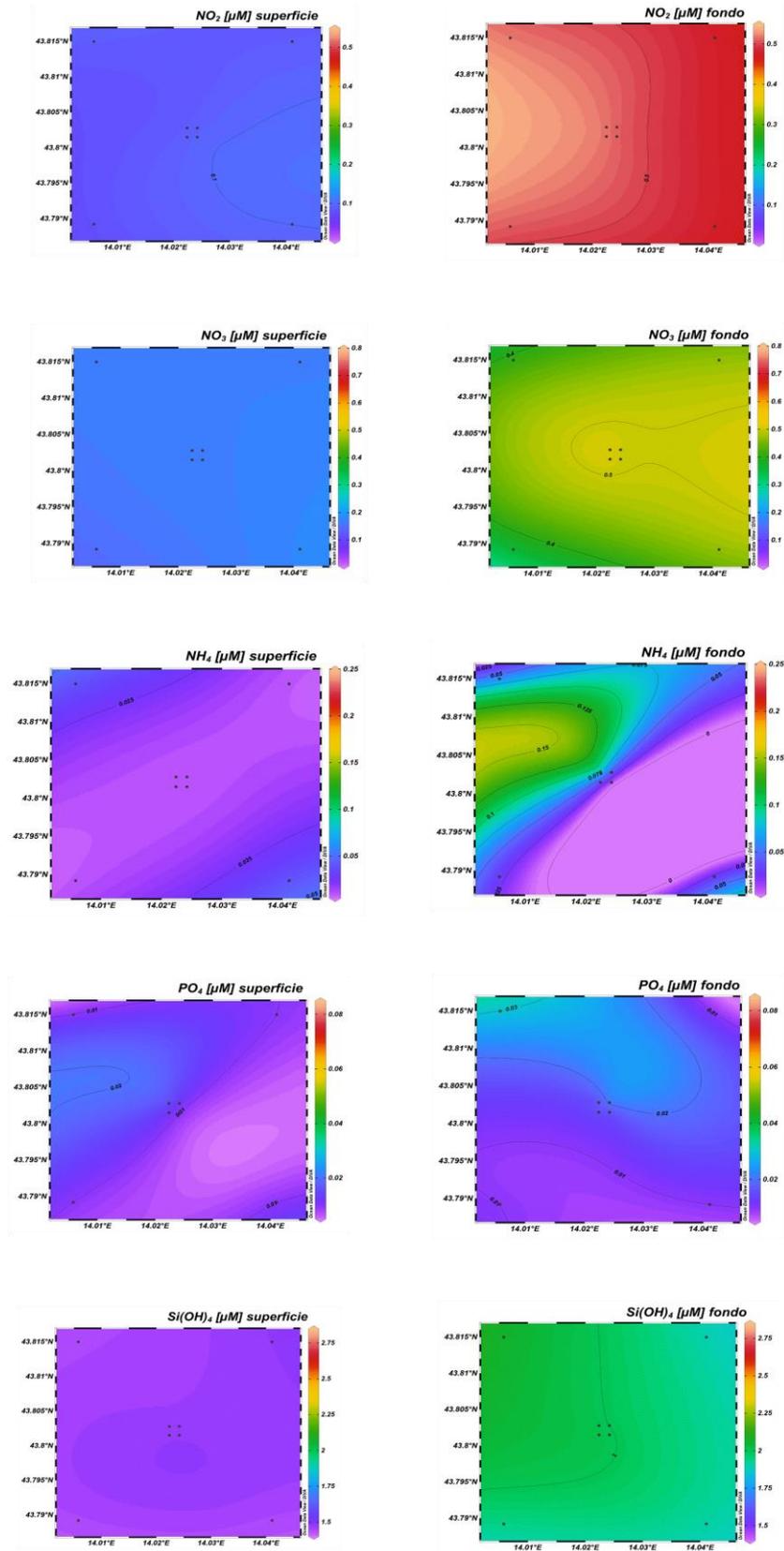


Fig. 3.11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

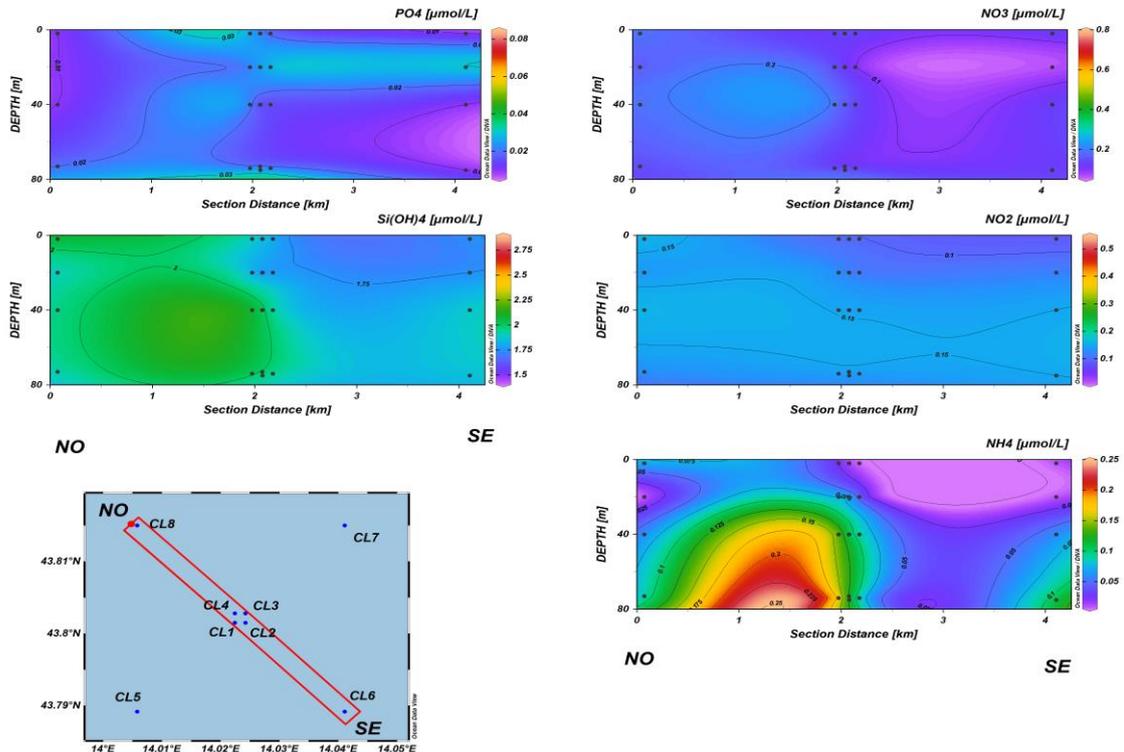


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

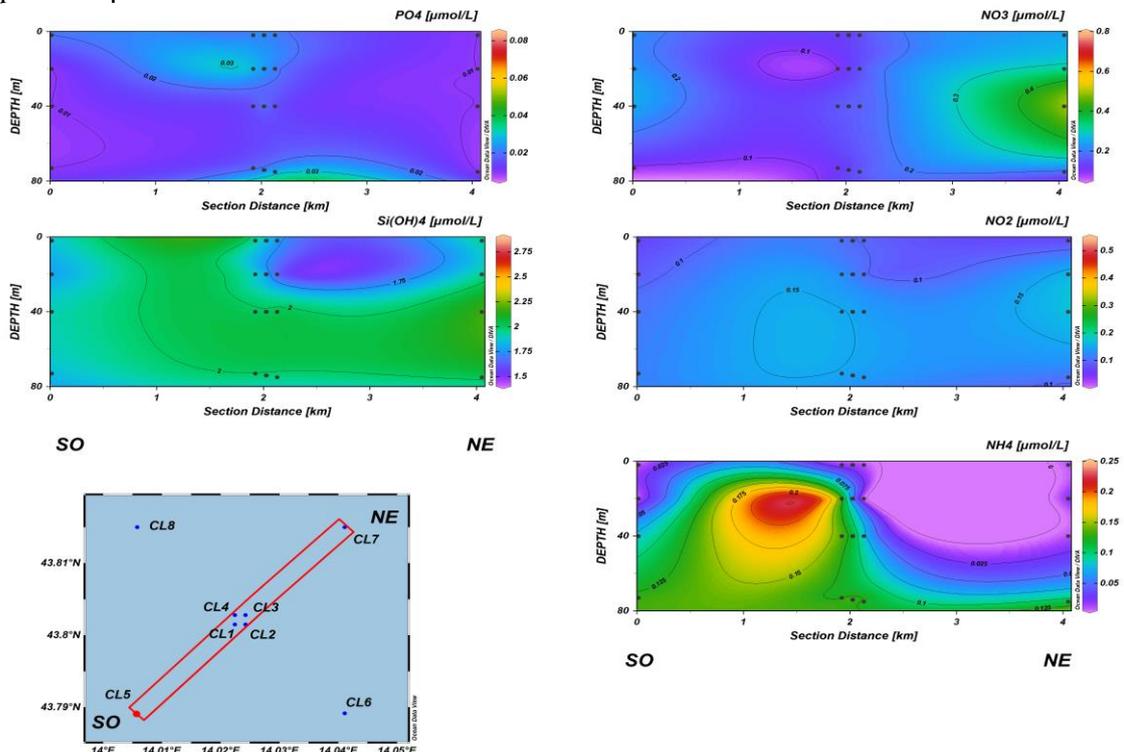


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

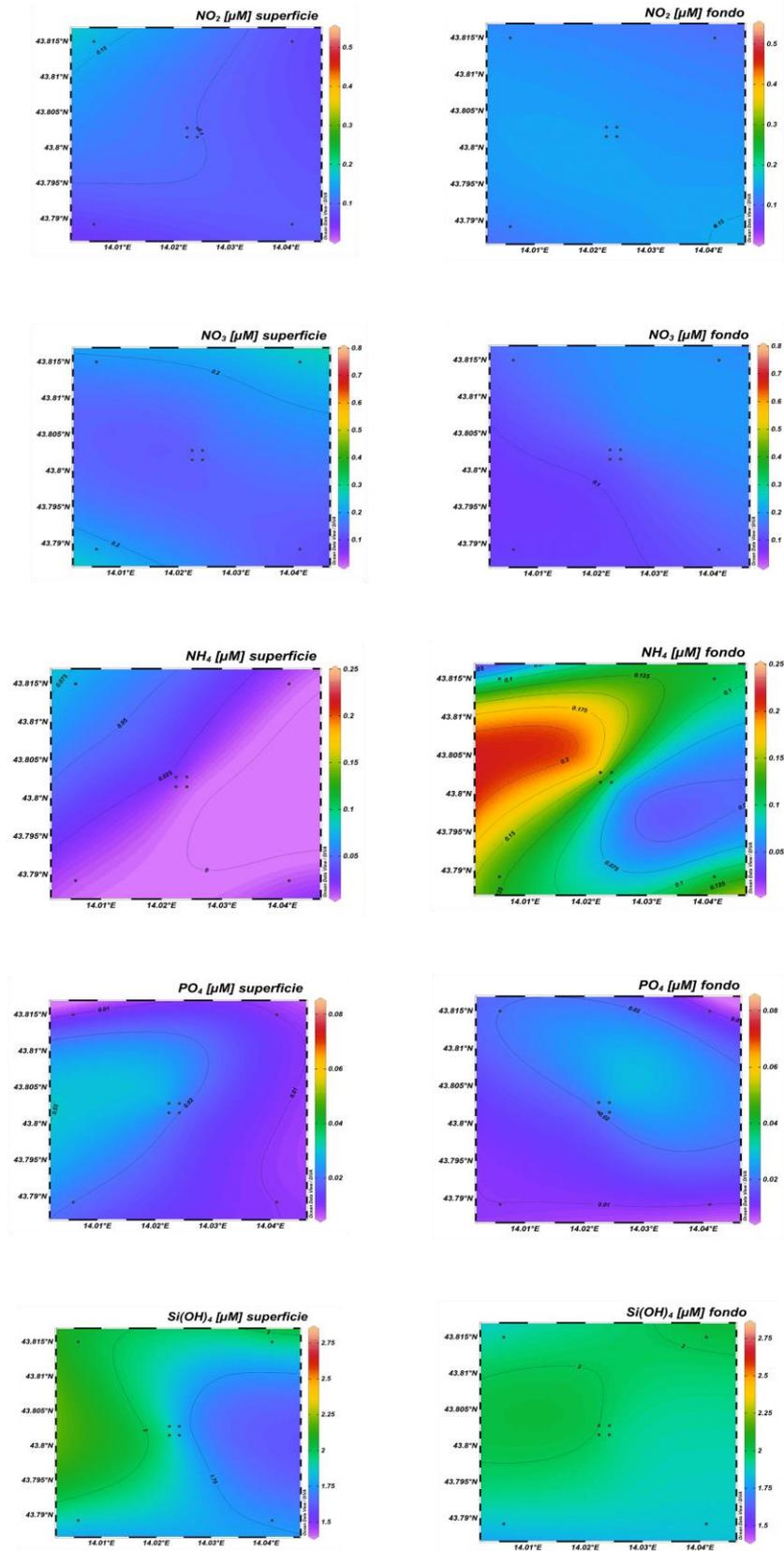


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

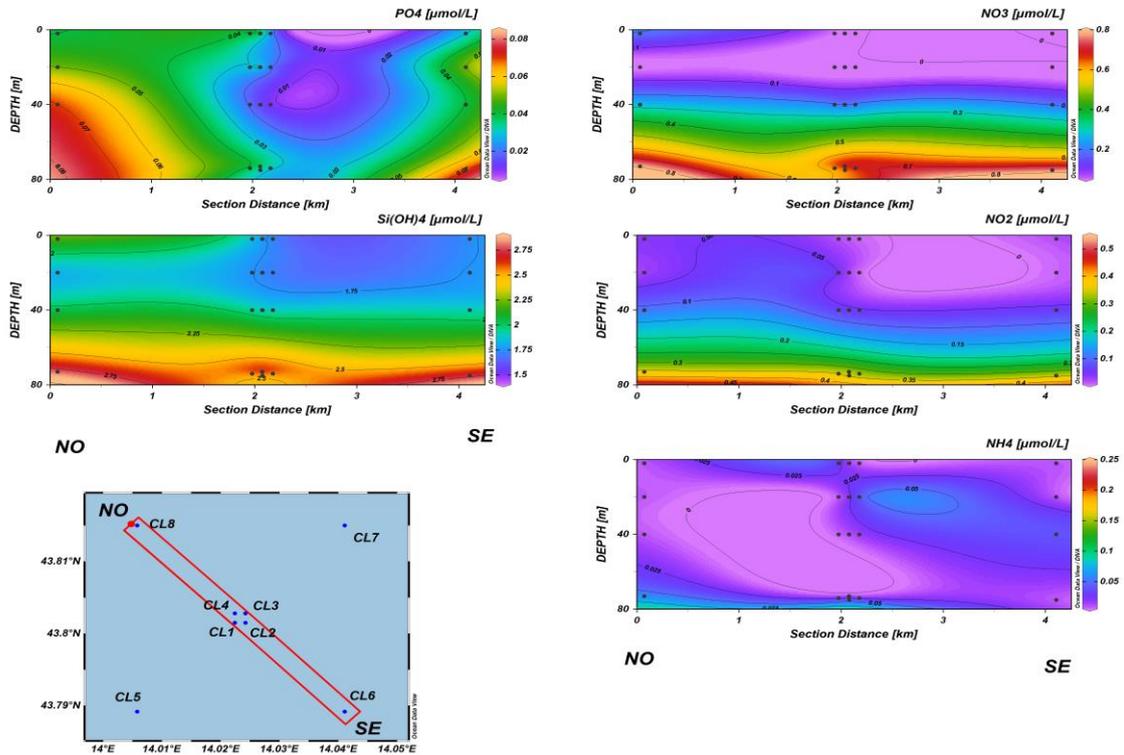


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

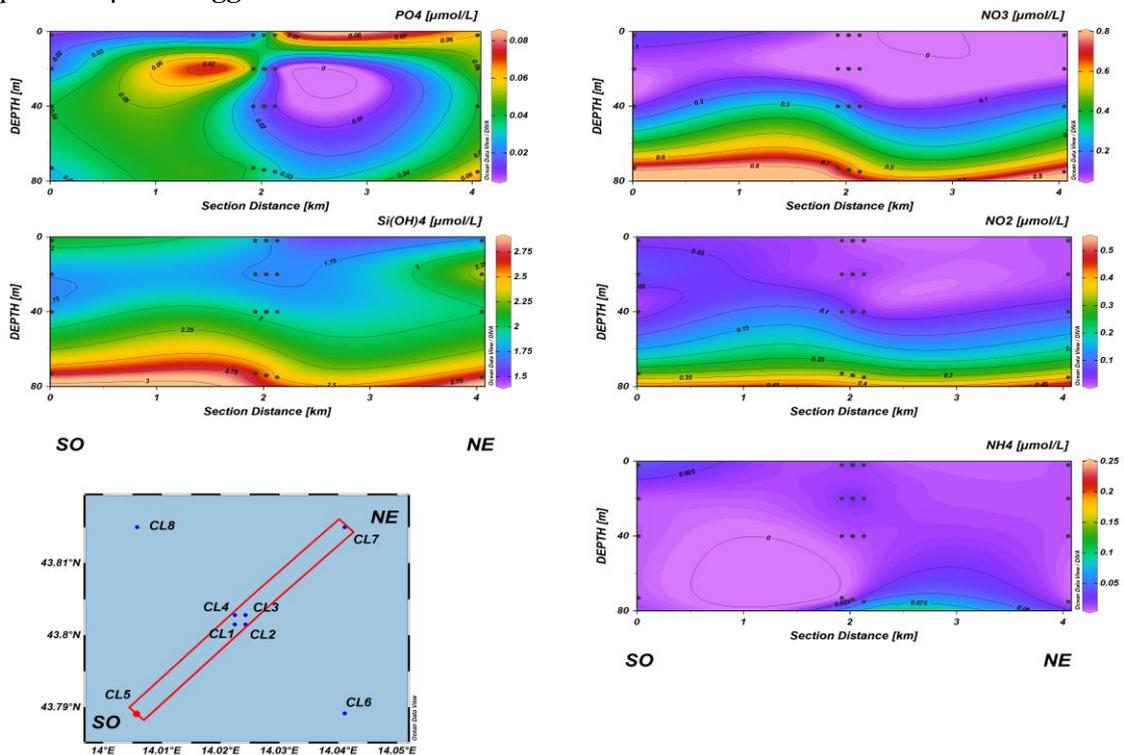


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

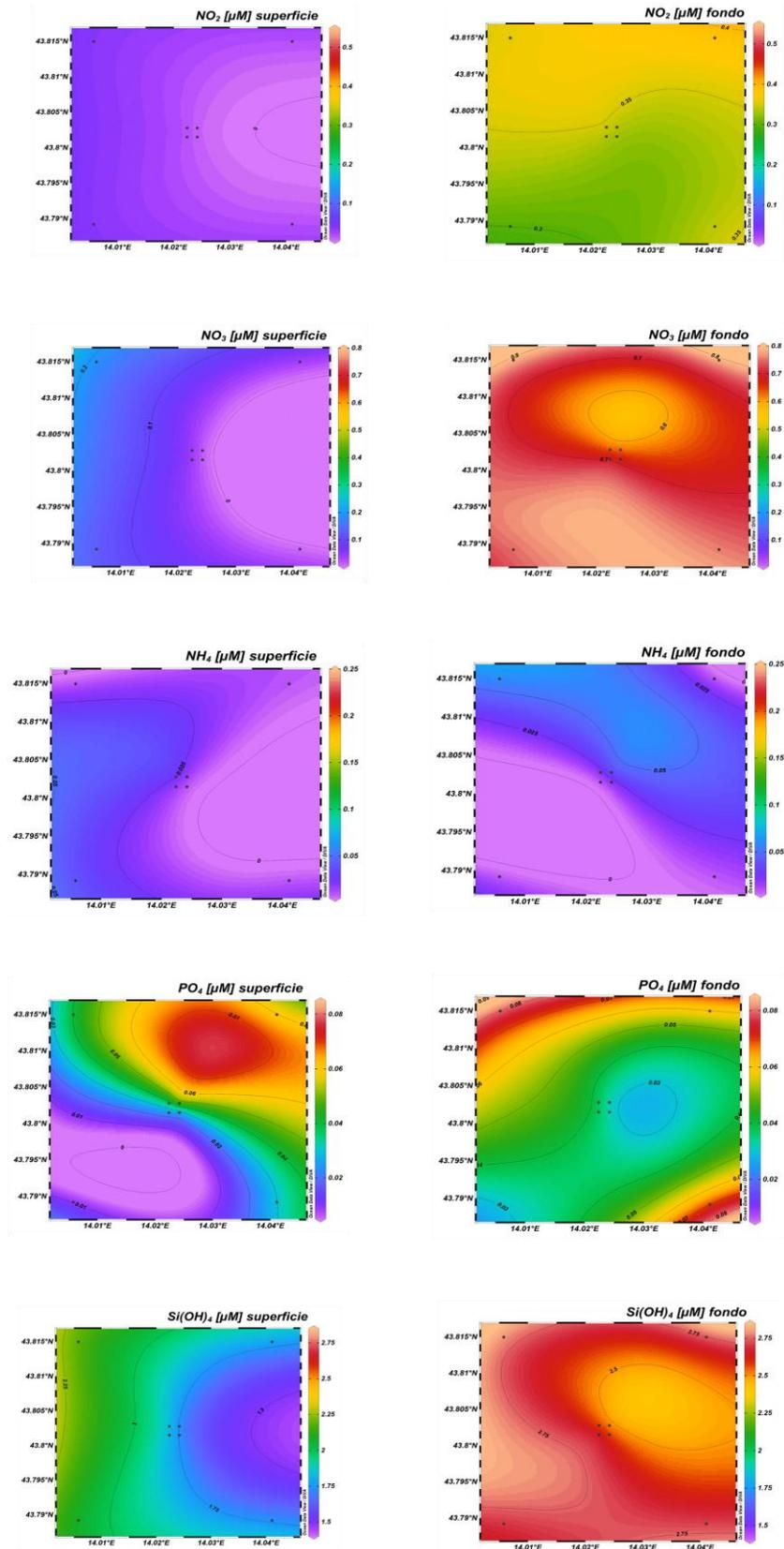


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b, 3.17) la clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $285,5 \pm 45,4$ ng l⁻¹, con un massimo di 389,7 ng l⁻¹ e un minimo di 203,7 ng l⁻¹ misurati rispettivamente a 40 m nella stazione CL1 e al fondo nella CL2. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) sono state mediamente pari a $25,3 \pm 17,5$ ng l⁻¹ e $79,0 \pm 15,5$ ng l⁻¹. Il massimo di Chl *b* ($66,4$ ng l⁻¹) è stato misurato a 40 m nella stazione CL5, il minimo ($8,1$ ng l⁻¹) in superficie nella CL7. Il massimo ($111,7$ ng l⁻¹) e il minimo ($61,5$ ng l⁻¹) di Chl *c* sono invece stati registrati rispettivamente a 40 m nella CL7 e alla quota superficiale della CL2. In generale, le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate a 40 m di profondità.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato un contenuto medio di $0,4 \pm 0,3$ mg l⁻¹ ed è risultato maggiormente presente sul fondo dell'area di campionamento dove è stato registrato il massimo ($1,3$ mg l⁻¹) presso CL6; il minimo ($0,1$ mg l⁻¹) è stato riscontrato a 20 m in CL7.

A **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b, 3.19) la Chl *a* è risultata in media pari a $199,6 \pm 32,6$ ng l⁻¹ ed è variata tra $246,9$ ng l⁻¹ e $121,1$ ng l⁻¹ (CL6, rispettivamente 40 m e superficie). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie di $13,4 \pm 4,5$ e $48,0 \pm 10,1$ ng l⁻¹. Il contenuto maggiore di Chl *b* ($22,0$ ng l⁻¹) è stato misurato a 40 m nella stazione CL7, mentre un valore prossimo allo zero ha caratterizzato la superficie della CL8. Il massimo di Chl *c* ($75,4$ ng l⁻¹) è stato riscontrato al fondo della stazione CL8, il minimo ($29,9$ ng l⁻¹) in superficie nella CL5. I tre pigmenti clorofilliani non hanno presentato un andamento particolare, ma in generale le concentrazioni più basse sono state rilevate in superficie.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente presentando un contenuto medio di $0,4 \pm 0,2$ mg l⁻¹. Concentrazioni moderatamente più elevate hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento, dove in CL3 è stato raggiunto il massimo ($0,9$ mg l⁻¹); il minimo ($0,1$ mg l⁻¹) è stato invece registrato alla quota di 20 m della stazione CL8.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) i pigmenti clorofilliani hanno presentato un andamento crescente verso le quote più profonde. La concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $285,8 \pm 74,4$ ng l⁻¹, con il massimo di $399,7$ ng l⁻¹ a 40 m nella stazione CL2 e il minimo di $159,0$ ng l⁻¹ in superficie nella CL6. La Chl *b* e la Chl *c* sono state mediamente pari a $21,7 \pm 12,0$ ng l⁻¹ e a $75,6 \pm 27,4$ ng l⁻¹. Il contenuto maggiore di Chl *b* ($42,9$ ng l⁻¹) è stato riscontrato al fondo della stazione CL8, il minimo ($5,3$ ng l⁻¹) in superficie della CL6.



Massimo ($115,3 \text{ ng l}^{-1}$) e minimo ($36,3 \text{ ng l}^{-1}$) di Chl *c* sono stati invece misurati rispettivamente a 40 m nella CL2 e a 20 m nella CL6.

Il TSM è stato mediamente pari a $0,6 \pm 0,6 \text{ mg l}^{-1}$, risultando più elevato sul fondo ($1,5 \pm 0,4 \text{ ng l}^{-1}$) dove è stato registrato il massimo ($2,3 \text{ mg l}^{-1}$) in CL6.

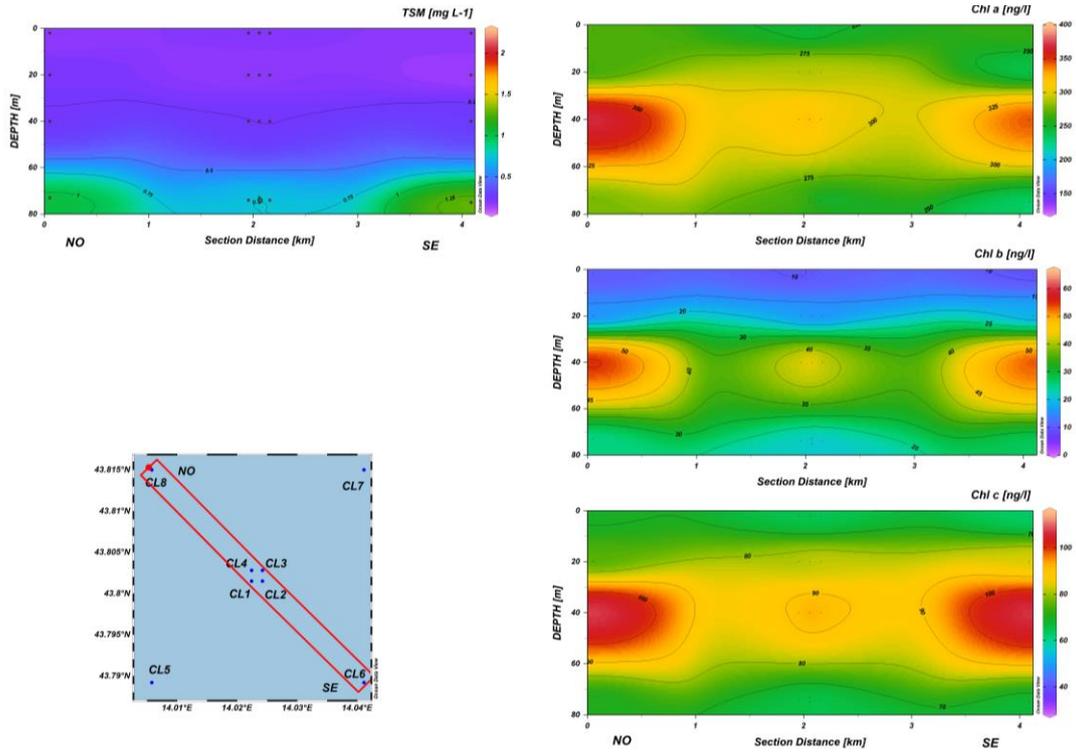


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2021.**

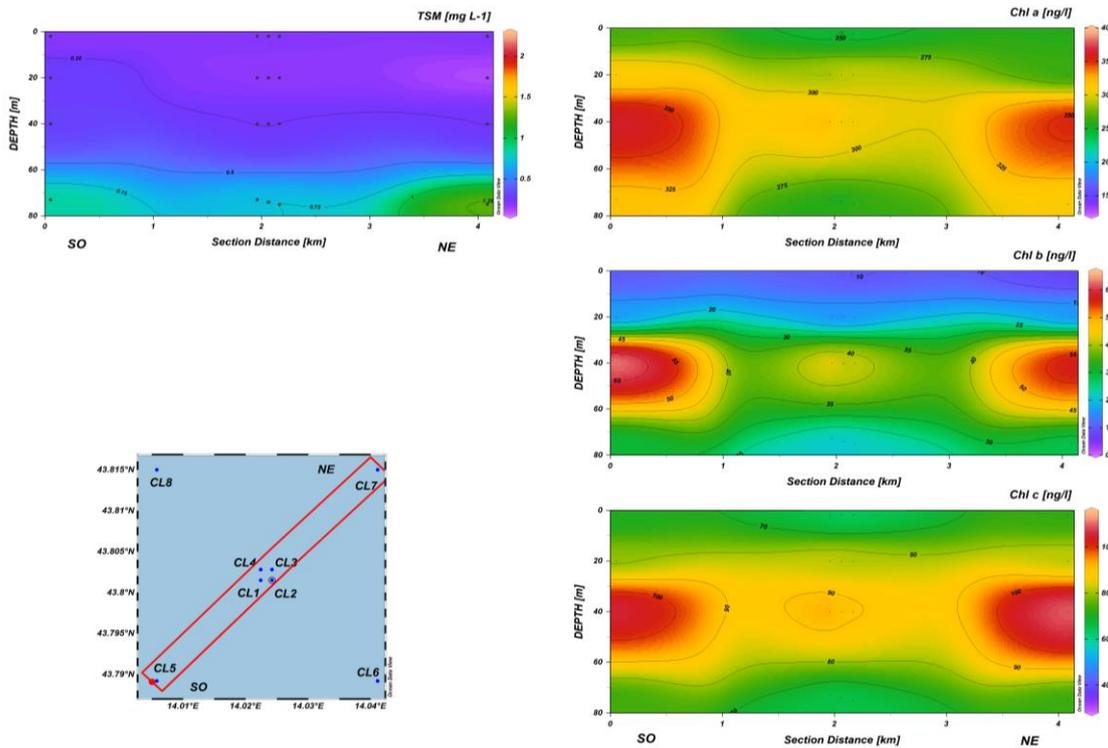


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2021.**

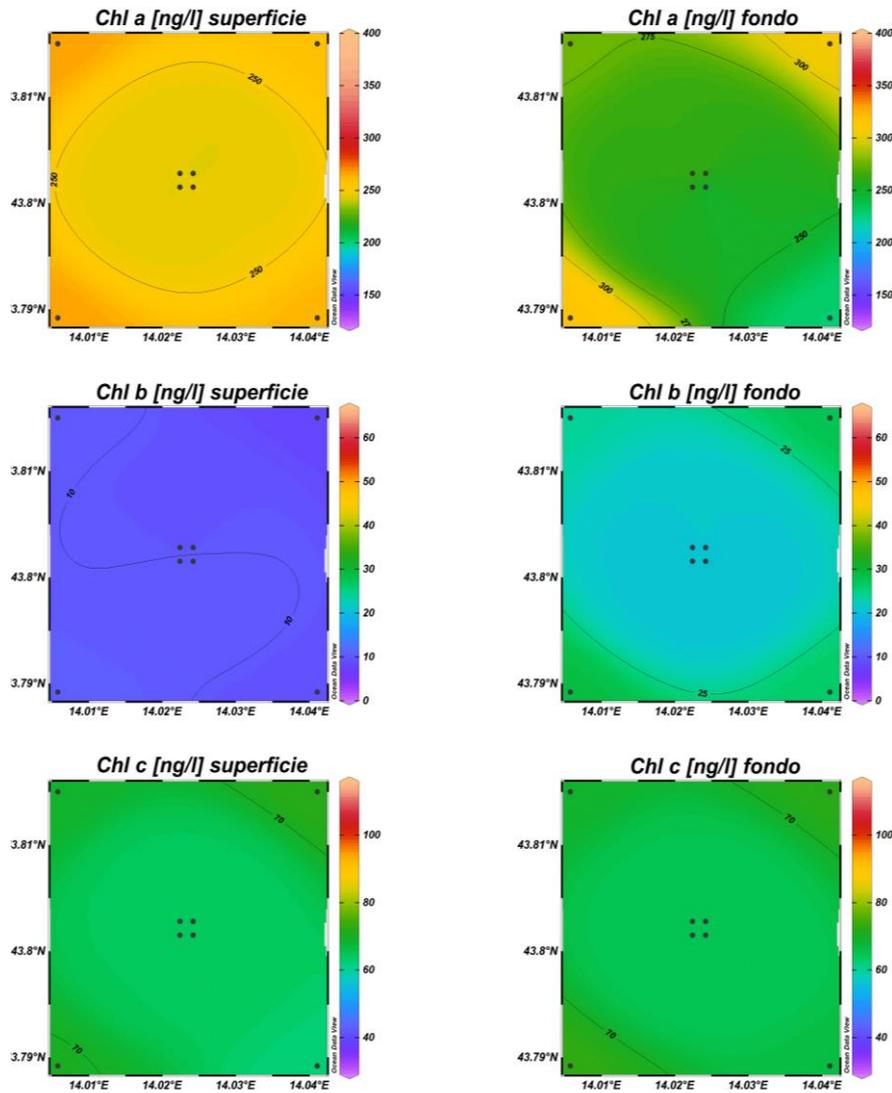


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

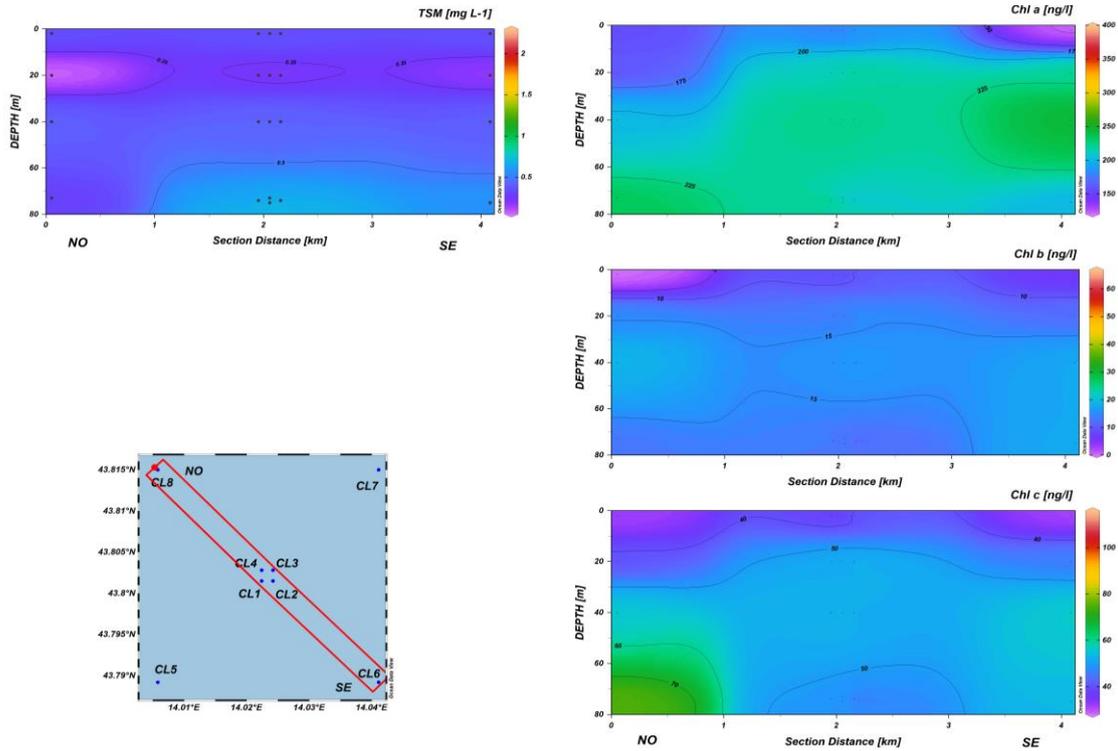


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021.**

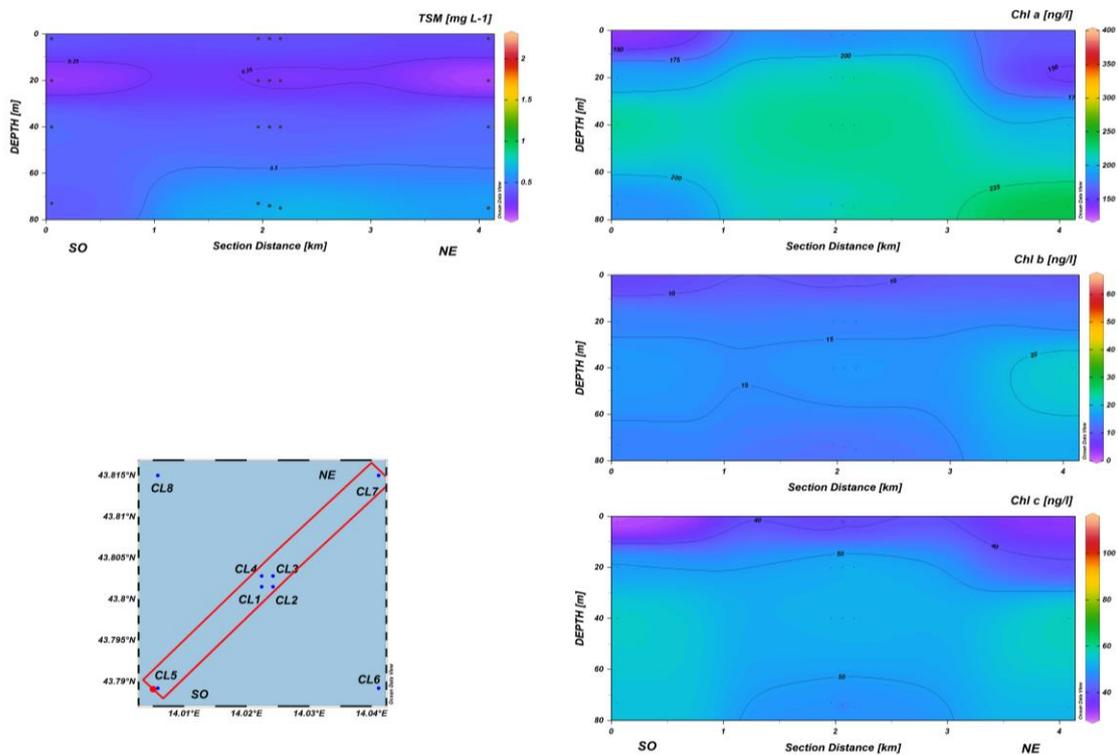


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021.**

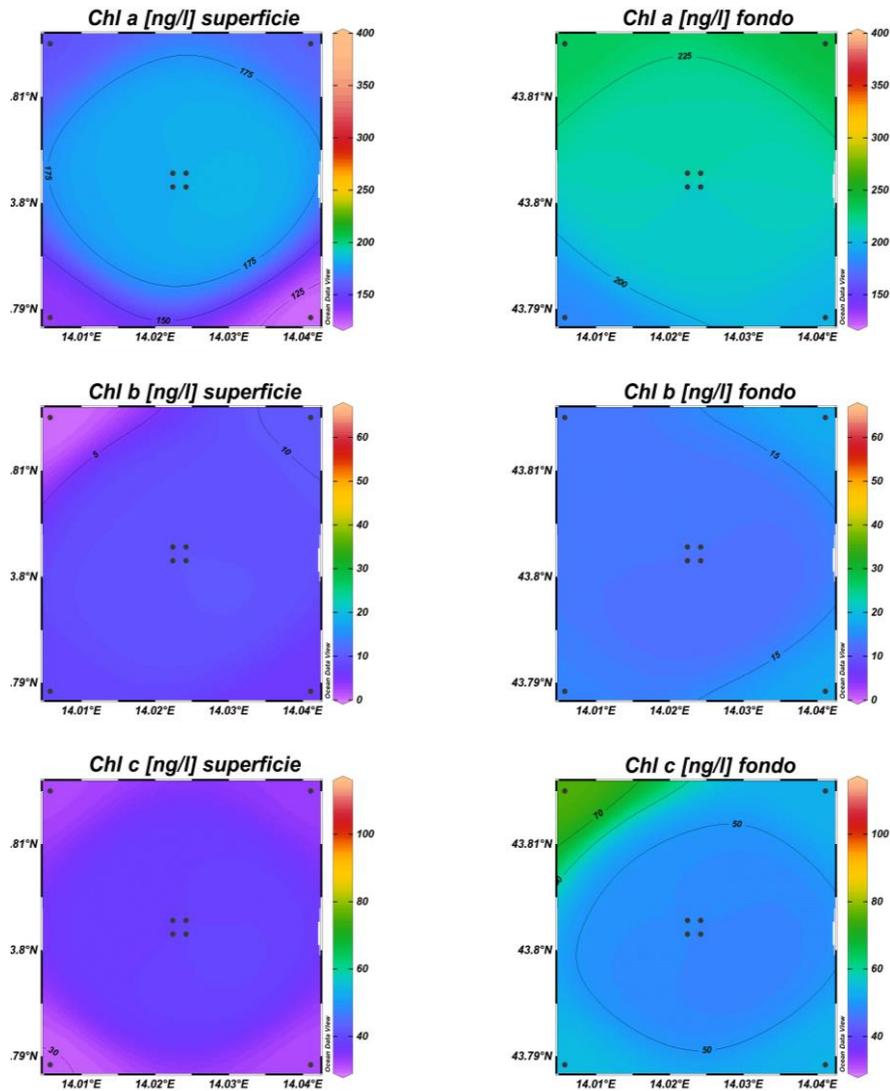


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

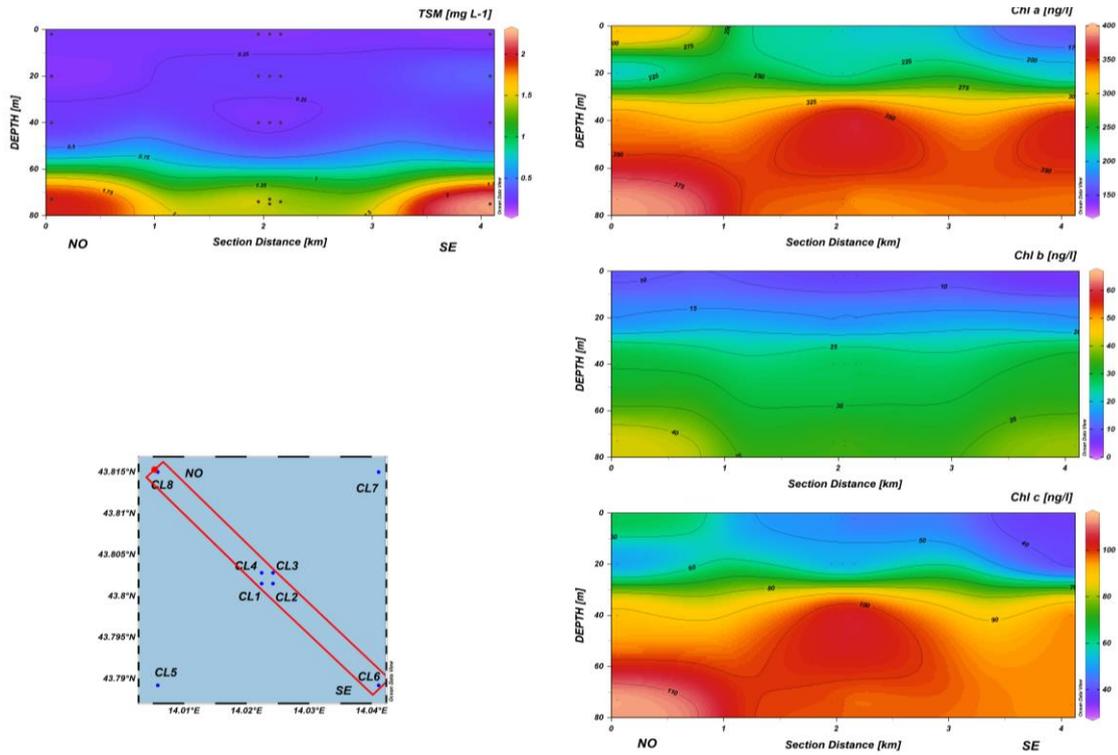


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

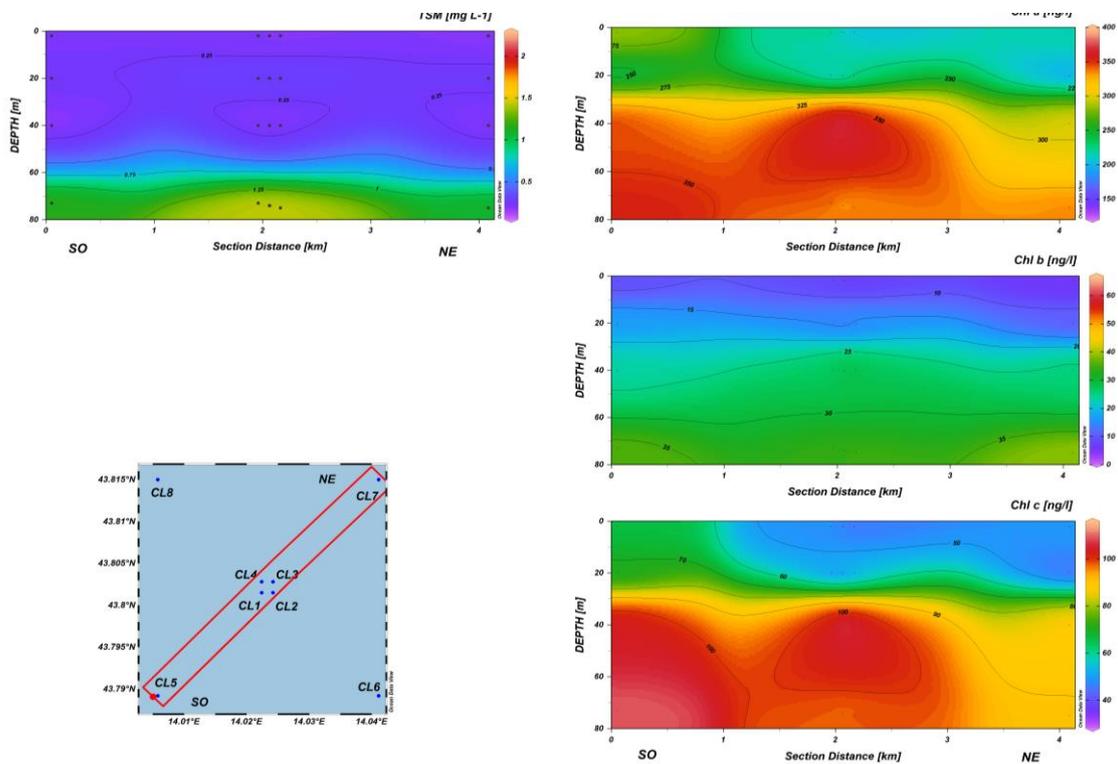


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

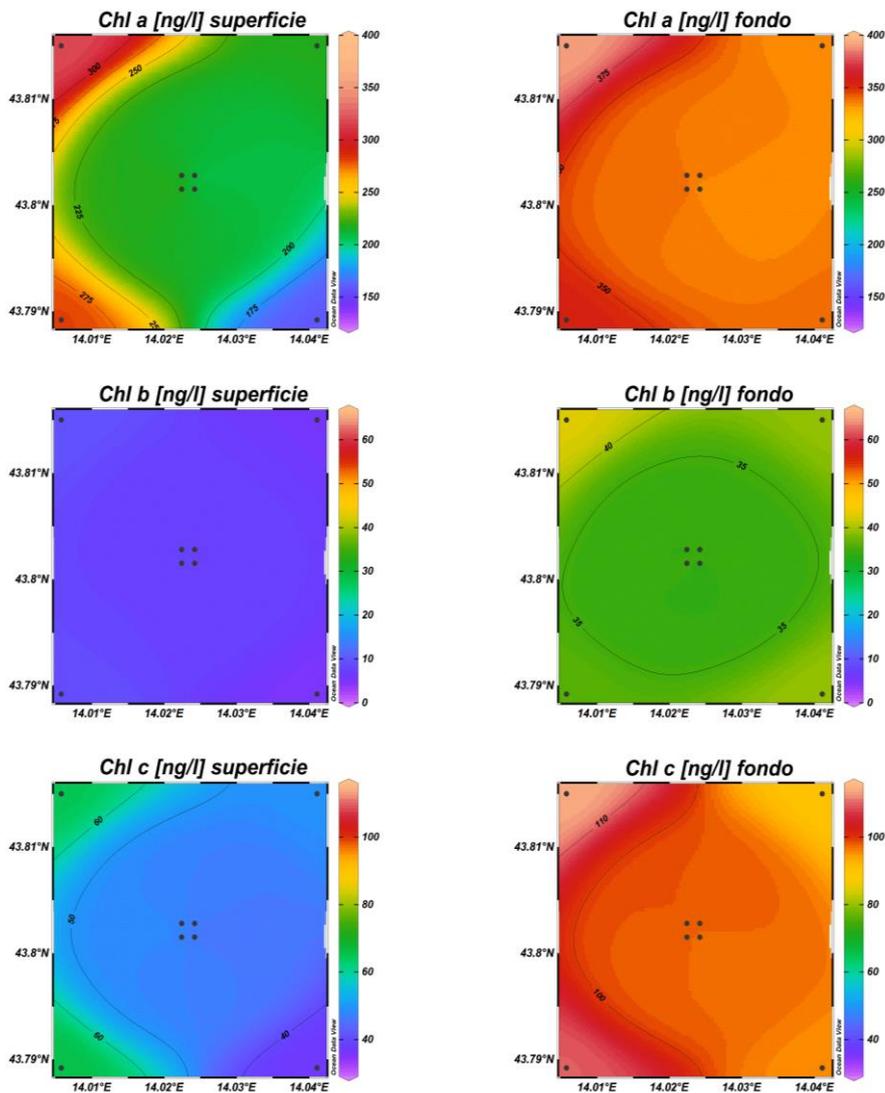


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

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

Considerate le dispersioni dei dati, in generale non è stata rilevata una netta differenziazione geografica tra i due gruppi di stazioni, quelle prossime alla piattaforma (CL1-CL4) e quelle di controllo (CL5-CL8).

Per quanto riguarda gli **IT** (Tab. 3-I), a febbraio è stato misurato solo un valore utile (CL4, fondo). A marzo sono risultati al di sopra del LR 12 campioni tutti provenienti dalle

stazioni di controllo, con range di 24-190 $\mu\text{g/L}$ (massimo in CL8 a 20 m). A maggio gli IT sono stati misurati solo in 7 campioni di cui solo 2 provenienti dalle stazioni a 100 m da Clara NW, con range globale di 21-68 $\mu\text{g/L}$ (massimo in CL4, superficie).

Tab. 3-I - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei 3 survey effettuati nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
CL1 sup	< 28	< 28	< 28
CL1 20 m	< 28	< 28	< 28
CL1 40 m	< 28	< 28	< 28
CL1 fondo	< 28	< 28	< 28
CL2 sup	< 28	< 28	< 28
CL2 20 m	< 28	< 28	< 28
CL2 40 m	< 28	< 28	< 28
CL2 fondo	< 28	< 28	< 28
CL3 sup	< 28	< 28	< 28
CL3 20 m	< 28	< 28	< 28
CL3 40 m	< 28	< 28	< 28
CL3 fondo	< 28	< 28	< 28
CL4 sup	< 28	< 28	68
CL4 20 m	< 28	< 28	< 28
CL4 40 m	< 28	< 28	44
CL4 fondo	31	< 28	< 28
CL5 sup	< 28	28	63
CL5 20 m	< 28	< 28	< 28
CL5 40 m	< 28	56	28
CL5 fondo	< 28	< 28	< 28
CL6 sup	< 28	< 28	< 28
CL6 20 m	< 28	68	< 28
CL6 40 m	< 28	44	< 28
CL6 fondo	< 28	< 28	< 28
CL7 sup	< 28	24	55
CL7 20 m	< 28	24	< 28
CL7 40 m	< 28	120	< 28
CL7 fondo	< 28	29	36
CL8 sup	< 28	35	< 28
CL8 20 m	< 28	190	21
CL8 40 m	< 28	89	< 28
CL8 fondo	< 28	49	< 28

Analogamente agli IT, gli IA (Tab. 3-II) sono stati determinati in pochi campioni. A febbraio solo 4 valori sono risultati al di sopra del LR (3 prelevati a 100 m dalla piattaforma e uno in un controllo), rientranti nel range 2-8 $\mu\text{g/L}$. A marzo sono stati misurati 12 campioni utili, tutti nelle stazioni di controllo, con valori maggiori rispetto a febbraio (range di 12-83 $\mu\text{g/L}$). A maggio, sui 7 campioni rilevati (di cui 5 di controllo), sono stati confermati i livelli di marzo essendo il range pari a 17-53 $\mu\text{g/L}$.

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
CL1 sup	< 1	< 1	< 1
CL1 20 m	< 1	< 1	< 1
CL1 40 m	< 1	< 1	< 1
CL1 fondo	< 1	< 1	< 1
CL2 sup	< 1	< 1	< 1
CL2 20 m	< 1	< 1	< 1
CL2 40 m	< 1	< 1	< 1
CL2 fondo	3,5	< 1	< 1
CL3 sup	< 1	< 1	< 1
CL3 20 m	< 1	< 1	< 1
CL3 40 m	< 1	< 1	< 1
CL3 fondo	< 1	< 1	< 1
CL4 sup	< 1	< 1	49
CL4 20 m	2,8	< 1	< 1
CL4 40 m	< 1	< 1	34
CL4 fondo	2,5	< 1	< 1
CL5 sup	< 1	13	53
CL5 20 m	7,7	< 1	< 1
CL5 40 m	< 1	31	24
CL5 fondo	< 1	< 1	< 1
CL6 sup	< 1	< 1	< 1
CL6 20 m	< 1	37	< 1
CL6 40 m	< 1	25	< 1
CL6 fondo	< 1	< 1	< 1
CL7 sup	< 1	12	49
CL7 20 m	< 1	12	< 1
CL7 40 m	< 1	64	< 1
CL7 fondo	< 1	15	27
CL8 sup	< 1	20	< 1
CL8 20 m	< 1	83	17
CL8 40 m	< 1	41	< 1
CL8 fondo	< 1	25	< 1

A febbraio i campioni con **IPA** (Tab. 3-III) al di sopra del LR sono stati 19 (59% del totale) di cui 14 nelle stazioni prossime alla piattaforma, ma i 5 campioni di controllo hanno mostrato concentrazioni maggiori (CL1-CL4: 0,0031-0,0110 $\mu\text{g/L}$; CL5-CL8: 0,0053-0,0250 $\mu\text{g/L}$).

A marzo questi composti sono stati rilevati praticamente ovunque (solo 3 campioni non quantificabili). Il range globale è stato di 0,0007-0,0760 $\mu\text{g/L}$ con media di 0,0109 \pm 0,0150 $\mu\text{g/L}$ ed è stato misurato il massimo assoluto per il semestre (0,0760 $\mu\text{g/L}$) nella stazione CL2 a 40 m di profondità. A maggio gli IPA sono stati rilevati solo in 14 campioni, tutti nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma; il range è stato 0,0060-0,1600 $\mu\text{g/L}$ e la media 0,0101 \pm 0,0034 $\mu\text{g/L}$.

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei 3 survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
CL1 sup	0,0035	0,0130	0,0074
CL1 20 m	0,0033	0,0082	0,0091
CL1 40 m	0,0100	0,0067	0,0120
CL1 fondo	0,0089	0,0084	0,0092
CL2 sup	0,0110	0,0100	0,0078
CL2 20 m	0,0077	0,0140	< 0,0025
CL2 40 m	0,0064	0,0760	0,0074
CL2 fondo	0,0050	0,0063	0,0150
CL3 sup	0,0031	0,0077	0,0066
CL3 20 m	0,0035	0,0150	0,0078
CL3 40 m	0,0033	0,0087	0,0160
CL3 fondo	0,0033	0,0120	0,0089
CL4 sup	0,0034	0,0420	< 0,0028
CL4 20 m	< 0,0028	0,0200	0,0140
CL4 40 m	< 0,0028	0,0097	0,0140
CL4 fondo	0,0033	0,0071	0,0060
CL5 sup	0,0150	< 0,0028	< 0,0028
CL5 20 m	< 0,0028	0,00095	< 0,0028
CL5 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
CL5 fondo	< 0,0028	0,00092	< 0,0028
CL6 sup	< 0,0028	0,00097	< 0,0028
CL6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
CL6 40 m	< 0,0028	0,0071	< 0,0028
CL6 fondo	< 0,0028	0,0015	< 0,0028
CL7 sup	0,0250	0,0015	< 0,0028
CL7 20 m	< 0,0028	0,0013	< 0,0028
CL7 40 m	0,0053	0,0012	< 0,0028
CL7 fondo	0,0140	0,0120	< 0,0028
CL8 sup	< 0,0028	0,0110	< 0,0028
CL8 20 m	< 0,0028	0,0100	< 0,0028
CL8 40 m	0,0170	0,0009	< 0,0028
CL8 fondo	< 0,0028	0,0007	< 0,0028

I risultati inerenti ai **Solventi Organici Aromatici** (BTEX) sono riportati in Tab. 3-IV. In generale la presenza di questi composti è risultata sporadica e con valori comunque molto bassi.

Il **benzene** è stato rilevato solo a febbraio e solo su 2 campioni delle stazioni di controllo, con valori comunque prossimi al LR.

L'**etilbenzene** è stato rilevato solo su un campione a febbraio (CL8, 40 m).

Per quanto riguarda lo **stirene**, a febbraio e marzo solo un campione è risultato rilevabile (rispettivamente CL2, fondo e CL6, 20 m), quindi complessivamente questo composto può essere considerato assente in questi due periodi. A maggio, su 14 campioni utili (3 nelle stazioni di piattaforma e 11 in quelle di controllo) è stato misurato un range complessivo di 0,010-0,160 $\mu\text{g/L}$ (massimo in CL8, 20 m), con media di $0,035\pm 0,048$ $\mu\text{g/L}$.

Il **toluene** non è stato affatto rilevato e anche lo **xilene** è risultato praticamente assente essendo stato quantificato solo in un campione a marzo e maggio, entrambi provenienti da stazioni di controllo.

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel corso dei survey condotti 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
CL1 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,014	0,021	< 0,01	< 0,01	0,13	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL1 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL2 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,020	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL2 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,022	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	0,020	0,028	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL3 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,023	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL4 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019	0,013	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,022	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL5 fondo	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,023	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,021	< 0,02
CL6 40 m	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL7 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,031	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL7 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,026	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL8 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	0,031	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	0,16	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,010
CL8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,032	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,034	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale in tutto il 1° semestre 2021 (Tab. 3-V).

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

Stazione	Febbraio	Agosto	Dicembre
CL1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli pesanti determinate nei tre monitoraggi effettuati nel 1° semestre 2021 sono riportati in Tab. 3-VI.

Alluminio - Le concentrazioni di alluminio possono essere considerate costanti, visto che da un punto di vista puramente statistico i valori medi delle tre campagne non sono differenziati. Analogamente, le stazioni di piattaforma (CL1-CL4) non sono differenti da quelle di controllo (CL5-CL8). A febbraio la media globale è stata pari a $4,50 \pm 5,70$ $\mu\text{g/L}$ con range 0,39-24,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo CL8, 40 m), a marzo è stata pari a $4,12 \pm 4,98$ $\mu\text{g/L}$ con range 0,26-20,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo CL7, superficie) e a maggio pari a $5,24 \pm 2,94$ $\mu\text{g/L}$ con range 2,30-15,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo CL6, 40 m).

Arsenico - Le concentrazioni di questo metallo sono risultate molto omogenee

geograficamente. L'andamento semestrale ha mostrato un leggero aumento a marzo. Nel 1° survey la media complessiva è stata di $0,12 \pm 0,04 \mu\text{g/L}$ con range di $0,07-0,26 \mu\text{g/L}$ (massimo CL7, fondo). A marzo ($0,16 \pm 0,02 \mu\text{g/L}$) il metallo è variato tra $0,13$ e $0,21 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL7, 20 m) e a maggio ($0,17 \pm 0,02 \mu\text{g/L}$) tra $0,14$ e $0,22 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL1, fondo).

Bario - Il bario è stato sempre rilevato e non ha presentato variazioni degne di nota tra i survey. Il range globale del semestre è stato di $0,21-2,90 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL4 superficie a febbraio) e le medie sono variate tra $0,843 \pm 0,195$ e $0,998 \pm 0,211 \mu\text{g/L}$ (rispettivamente maggio e marzo).

Cadmio - Il cadmio è stato rilevato solo sporadicamente (2 campioni in febbraio e 1 a marzo) e con valori prossimi al LR.

Cromo - Anche il cromo è risultato poco presente: infatti, è stato rilevato solo in 3 campioni a febbraio (range $0,14-1,00 \mu\text{g/L}$) e in 7 a maggio (range $0,11-0,63 \mu\text{g/L}$).

Ferro - I valori misurati sono risultati omogeneamente distribuiti dal punto di vista spaziale a causa delle dispersioni dovute a massimi elevati e isolati. A febbraio la media complessiva è risultata di $2,88 \pm 3,53 \mu\text{g/L}$ con range di $0,10-13,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL4 a 20 m). A marzo si è osservata una media globale di $2,50 \pm 4,88 \mu\text{g/L}$, con range $0,06-20,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL6, 40 m). Infine, a maggio il ferro è risultato mediamente presente con $3,47 \pm 1,97 \mu\text{g/L}$ oscillando tra $1,40$ e $11,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL6, superficie).

Mercurio - A febbraio è stata calcolata una media complessiva di $0,017 \pm 0,012 \mu\text{g/L}$, con un range di $0,002-0,043 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL4, 20 m). L'elevata dispersione dei dati non permette una differenziazione geografica tra i due gruppi di stazioni.

A marzo il mercurio è risultato rilevabile in 14 campioni di cui solo tre prelevati a 100 m dalla piattaforma. Il massimo di $0,026 \mu\text{g/L}$ è stato rilevato in CL6 in superficie. A maggio nessun campione ha presentato un contenuto del metallo quantificabile.

Nichel - A febbraio sono stati registrati solo 8 valori di concentrazione maggiori del LR, compresi tra $0,05$ e $3,60 \mu\text{g/L}$. Questo massimo è stato rilevato in CL4 a 20 m di profondità, ma potrebbe verosimilmente rappresentare uno spike. Negli altri due survey il nichel è stato rilevato ovunque, presentando una tendenza a ridursi nel tempo. A marzo la concentrazione media globale è stata pari a $0,38 \pm 0,16 \mu\text{g/L}$ e il range a $0,21-0,82 \mu\text{g/L}$ (massimo in CL8, superficie). A maggio la media complessiva è stata pari a $0,20 \pm 0,10 \mu\text{g/L}$ e il range a $0,12-0,58 \mu\text{g/L}$, con il massimo in CL6 a 40 m di profondità.

Piombo - A febbraio vi è stata una notevole dispersione a causa di due massimi isolati rilevati nella stazione CL3 sul fondo (3,300 µg/L) e nella CL4 a 20 m (1,100 µg/L). Su 15 campioni utili il range globale di 0,021-3,300 µg/L. A marzo, sempre su 15 campioni utili, il range è stato di 0,021-0,660 µg/L (massimo in CL3, 20 m). A maggio il contenuto medio di piombo è stato $0,063 \pm 0,034$ µg/L, oscillando tra 0,025 e 0,150 µg/L (massimo in CL3, superficie) e la distribuzione è risultata geograficamente omogenea.

Rame - In tutto il semestre il rame è stato rilevato in pochi campioni: 7 a febbraio, 8 a marzo e 5 a maggio. Questi pochi valori sono rientrati nel range semestrale di 0,01-1,90 µg/L (massimo assoluto in CL3 a 40 m di profondità a maggio).

Vanadio - Valori molto omogenei hanno caratterizzato il vanadio, in leggera flessione a marzo. Nella 1^a campagna è stata calcolata una media complessiva di $0,27 \pm 0,05$ µg/L determinata da concentrazioni variabili tra 0,20 e 0,51 µg/L (massimo in CL7, fondo). A marzo la media si è lievemente ridotta ($0,18 \pm 0,03$ µg/L) così come il range (0,13-0,25 µg/L). A maggio i valori sono ritornati simili a quelli di febbraio come suggerito sia dalla media complessiva ($0,27 \pm 0,03$ µg/L), sia dal range (0,21-0,34 µg/L).

Zinco - Lo zinco ha presentato un andamento temporale pressoché costante. A febbraio è stata registrata una media di $4,13 \pm 9,08$ µg/L, con range di 0,58-50,00 µg/L. Il massimo isolato di 50,00 µg/L è stato registrato nella stazione CL2 a 20 m di profondità ma si tratta quasi certamente uno spike. A marzo la media è stata pari a $3,43 \pm 4,68$ µg/L, con range di 0,32-23,00 µg/L (massimo in CL8, superficie), mentre a maggio questo metallo è stato quantificato solo in 13 campioni, con range di 0,10-31,00 µg/L (massimo in CL6, 40 m).

Indio - L'indio è stato rilevato solo in 12 campioni a febbraio (4 a 100 m da Clara NW e 8 di controllo), variando tra 0,10 e 0,84 µg/L (massimo in CL7, 40 m). A marzo è risultato assente e a maggio è comparso esclusivamente a 20 m di profondità nel sito CL2 (0,13 µg/L).

Silicio - A febbraio questo metallo è stato quantificato in soli 6 campioni tutti prelevati a 100 m dalla piattaforma, con range di 0,06-0,24 mg/L. A marzo non è stato affatto rilevato mentre a maggio è comparso in modo uniforme ovunque presentando una media complessiva di $0,47 \pm 0,04$ mg/L e range di 0,40-0,54 mg/L (massimo in CL3, fondo).

Tab. 3-VI - Metalli pesanti ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) determinati nel corso dei survey condotti nel 2020.

Stazione	Alluminio			Arsenico			Bario			Cadmio			Cromo		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
CL1 sup	0,71	3,00	3,00	0,170	0,180	0,150	0,86	1,10	0,75	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11
CL1 20 m	< 0,081	3,80	13,00	0,120	0,170	0,190	0,93	0,91	0,89	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,16
CL1 40 m	< 0,081	0,60	3,70	0,160	0,150	0,200	0,73	0,77	0,87	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL1 fondo	1,70	12,00	5,90	0,076	0,150	0,220	0,86	1,20	1,10	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL2 sup	0,58	4,20	3,00	0,120	0,140	0,170	0,77	1,10	0,88	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL2 20 m	2,70	1,80	4,60	0,160	0,140	0,210	0,79	0,80	1,60	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,10	< 0,10	0,13
CL2 40 m	11,00	12,00	3,20	0,140	0,170	0,190	1,10	0,99	0,63	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL2 fondo	< 0,081	0,59	3,80	0,120	0,140	0,160	0,95	1,00	0,75	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL3 sup	< 0,081	0,56	9,50	0,120	0,150	0,160	0,97	1,20	0,80	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL3 20 m	0,39	< 0,081	11,00	0,120	0,160	0,140	0,80	0,98	0,80	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL3 40 m	< 0,081	1,00	7,30	0,150	0,160	0,160	0,77	0,99	0,78	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL3 fondo	9,50	< 0,081	5,20	0,095	0,160	0,150	1,80	1,20	0,70	0,010	< 0,010	< 0,010	0,25	< 0,10	< 0,10
CL4 sup	11,00	0,65	6,40	0,100	0,160	0,170	2,90	0,86	0,75	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL4 20 m	1,10	< 0,081	4,50	0,110	0,160	0,150	0,88	0,85	0,74	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,00	< 0,10	< 0,10
CL4 40 m	2,60	< 0,081	4,80	0,140	0,130	0,140	0,98	0,82	0,63	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL4 fondo	1,50	0,26	3,20	0,081	0,160	0,180	1,00	0,91	0,80	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL5 sup	2,30	< 0,081	4,90	0,100	0,180	0,140	0,77	0,96	0,82	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL5 20 m	1,20	< 0,081	3,50	0,110	0,200	0,170	0,98	0,91	0,99	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,14	< 0,10	< 0,10
CL5 40 m	< 0,081	1,50	3,00	0,072	0,150	0,170	0,77	0,98	0,70	< 0,010	0,017	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL5 fondo	2,60	0,79	4,40	0,150	0,150	0,150	0,85	0,94	0,73	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL6 sup	5,70	< 0,081	5,20	0,140	0,200	0,180	0,98	0,97	0,88	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,18
CL6 20 m	< 0,081	< 0,081	3,90	0,130	0,170	0,170	0,71	0,88	0,91	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,12
CL6 40 m	< 0,081	4,90	15,00	0,087	0,140	0,180	0,64	1,80	0,90	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,63
CL6 fondo	1,50	1,90	4,90	0,087	0,160	0,200	0,80	0,80	0,78	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL7 sup	< 0,081	20,00	2,30	0,091	0,160	0,180	0,82	0,87	0,64	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL7 20 m	< 0,081	2,30	5,00	0,170	0,210	0,160	1,00	0,85	0,86	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL7 40 m	6,00	< 0,081	4,50	< 0,020	0,150	0,170	0,21	0,78	0,65	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL7 fondo	< 0,081	0,46	4,30	0,260	0,160	0,190	1,60	0,97	1,30	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL8 sup	1,50	11,00	4,10	0,100	0,160	0,160	0,82	0,95	0,87	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11
CL8 20 m	2,50	3,70	3,50	0,084	0,180	0,190	0,87	1,40	0,74	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL8 40 m	24,00	3,80	3,50	0,120	0,180	0,200	0,70	1,30	0,82	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CL8 fondo	< 0,081	3,90	3,60	0,110	0,180	0,160	0,85	0,90	0,93	< 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
CL1 sup	< 0,036	2,100	6,600	0,0320	0,0058	< 0,0020	< 0,040	0,290	0,180	0,021	0,270	0,032	0,054	< 0,039	< 0,0089
CL1 20 m	< 0,036	< 0,036	5,800	0,0160	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,200	< 0,020	< 0,020	0,091	< 0,039	0,081	< 0,0089
CL1 40 m	0,860	0,250	2,200	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,130	< 0,020	0,021	0,043	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL1 fondo	1,300	0,190	3,400	0,0310	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,230	0,024	0,064	0,140	< 0,039	1,200	0,014
CL2 sup	0,620	3,000	1,700	< 0,0020	0,0140	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,170	< 0,020	0,041	0,049	< 0,039	0,210	< 0,0089
CL2 20 m	0,880	0,900	4,900	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,280	0,210	< 0,020	< 0,020	0,088	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL2 40 m	5,600	< 0,036	1,400	0,0370	< 0,0020	< 0,0020	0,200	0,260	0,130	0,120	< 0,020	0,035	0,330	< 0,039	< 0,0089
CL2 fondo	2,700	< 0,036	4,700	0,0110	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,820	0,160	< 0,020	< 0,020	0,064	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL3 sup	< 0,036	5,500	6,400	0,0250	0,0180	< 0,0020	0,051	0,210	0,460	< 0,020	0,028	0,150	0,190	< 0,039	0,750
CL3 20 m	< 0,036	< 0,036	2,700	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,160	< 0,020	0,660	0,068	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL3 40 m	0,470	< 0,036	3,000	0,0200	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,460	< 0,020	< 0,020	0,093	< 0,039	< 0,039	1,900
CL3 fondo	11,000	< 0,036	2,200	0,0057	< 0,0020	< 0,0020	0,120	0,230	0,160	3,300	0,055	0,039	0,700	< 0,039	< 0,0089
CL4 sup	< 0,036	< 0,036	2,000	0,0047	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,270	0,130	< 0,020	< 0,020	0,052	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL4 20 m	13,000	< 0,036	2,100	0,0430	< 0,0020	< 0,0020	3,600	0,210	0,160	1,100	< 0,020	0,034	1,500	< 0,039	< 0,0089
CL4 40 m	3,300	< 0,036	1,700	0,0130	< 0,0020	< 0,0020	0,092	0,390	0,140	< 0,020	< 0,020	0,025	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL4 fondo	0,096	0,830	3,200	0,0038	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,150	0,030	0,055	0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL5 sup	2,600	< 0,036	2,600	< 0,0020	0,0081	< 0,0020	0,830	0,670	0,190	0,081	< 0,020	0,035	0,087	< 0,039	< 0,0089
CL5 20 m	5,700	0,056	1,800	0,0035	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,140	0,068	< 0,020	0,075	0,460	< 0,039	0,030
CL5 40 m	< 0,036	2,500	2,300	< 0,0020	0,0120	< 0,0020	< 0,040	0,530	0,140	< 0,020	0,039	0,043	< 0,039	0,120	< 0,0089
CL5 fondo	< 0,036	0,240	2,600	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,410	0,150	< 0,020	< 0,020	0,031	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL6 sup	2,200	< 0,036	11,000	0,0160	0,0260	< 0,0020	0,350	0,330	0,170	0,073	< 0,020	0,051	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL6 20 m	0,400	< 0,036	4,900	0,0022	0,0210	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,200	0,022	< 0,020	0,065	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL6 40 m	0,290	20,000	4,500	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,580	< 0,020	0,530	0,110	< 0,039	0,065	0,260
CL6 fondo	2,500	< 0,036	1,900	< 0,0020	0,0210	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,160	0,036	< 0,020	0,044	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL7 sup	< 0,036	< 0,036	4,000	< 0,0020	0,0057	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,190	< 0,020	< 0,020	0,046	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL7 20 m	1,400	< 0,036	3,300	< 0,0020	0,0053	< 0,0020	< 0,040	0,410	0,190	0,074	0,039	0,031	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL7 40 m	6,900	< 0,036	4,700	< 0,0020	0,0110	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,120	0,140	< 0,020	0,045	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL7 fondo	0,240	1,400	2,100	0,0021	0,0036	< 0,0020	< 0,040	0,420	0,190	< 0,020	0,100	0,042	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
CL8 sup	0,680	0,950	3,100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,058	0,820	0,140	0,072	0,080	0,120	< 0,039	1,300	< 0,0089
CL8 20 m	< 0,036	0,230	1,900	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,520	0,190	< 0,020	0,045	0,039	< 0,039	0,210	< 0,0089
CL8 40 m	< 0,036	1,500	3,400	0,0078	0,0110	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,180	0,038	0,057	0,066	< 0,039	0,044	< 0,0089
CL8 fondo	0,560	0,360	3,000	< 0,0020	0,0022	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,140	< 0,020	< 0,020	0,120	< 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
CL1 sup	0,29	0,22	0,29	1,50	1,90	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470
CL1 20 m	0,31	0,18	0,27	0,91	3,90	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,450
CL1 40 m	0,25	0,19	0,26	1,20	1,90	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480
CL1 fondo	0,25	0,17	0,28	0,74	8,80	0,43	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530
CL2 sup	0,21	0,19	0,24	1,80	3,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470
CL2 20 m	0,27	0,13	0,34	50,00	0,76	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,13	< 1,0	< 0,50	0,480
CL2 40 m	0,24	0,20	0,22	2,80	9,80	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460
CL2 fondo	0,26	0,17	0,28	0,60	0,46	< 0,064	0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,430
CL3 sup	0,26	0,22	0,28	2,10	0,95	7,20	0,40	< 0,10	< 0,10	0,055	< 0,50	0,500
CL3 20 m	0,26	0,16	0,29	1,30	1,20	5,30	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,055	< 0,50	0,410
CL3 40 m	0,25	0,21	0,27	0,68	3,80	9,10	0,41	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410
CL3 fondo	0,33	0,15	0,27	16,00	3,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540
CL4 sup	0,26	0,20	0,21	9,90	0,68	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,50	0,450
CL4 20 m	0,26	0,15	0,26	2,20	< 0,090	< 0,064	0,45	< 0,10	< 0,10	0,076	< 0,50	0,460
CL4 40 m	0,25	0,15	0,28	6,40	< 0,090	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,240	< 0,50	0,500
CL4 fondo	0,24	0,15	0,28	3,90	0,56	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,091	< 0,50	0,470
CL5 sup	0,27	0,19	0,28	1,00	0,92	0,10	0,41	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410
CL5 20 m	0,28	0,17	0,26	0,61	0,55	0,33	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510
CL5 40 m	0,24	0,21	0,29	0,72	2,60	< 0,064	0,18	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500
CL5 fondo	0,27	0,19	0,28	4,30	3,30	< 0,064	0,25	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490
CL6 sup	0,27	0,19	0,33	3,70	0,73	2,30	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,450
CL6 20 m	0,26	0,20	0,29	1,10	1,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480
CL6 40 m	0,24	0,25	0,25	1,10	2,20	31,00	0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520
CL6 fondo	0,23	0,15	0,25	1,70	0,32	2,00	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530
CL7 sup	0,26	0,14	0,25	0,58	0,92	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500
CL7 20 m	0,31	0,17	0,29	3,10	1,10	2,20	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460
CL7 40 m	< 0,10	0,18	0,27	1,70	0,68	< 0,064	0,84	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480
CL7 fondo	0,51	0,19	0,30	1,10	< 0,090	4,70	0,23	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480
CL8 sup	0,27	0,17	0,30	2,20	23,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470
CL8 20 m	0,26	0,18	0,25	2,20	7,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410
CL8 40 m	0,20	0,23	0,27	0,91	10,00	1,80	0,39	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460
CL8 fondo	0,26	0,15	0,25	< 0,090	3,70	0,96	0,60	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,400

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione registrata dall'ADCP dal 22/02 al 30/06/2021 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.22). Infatti, non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure.

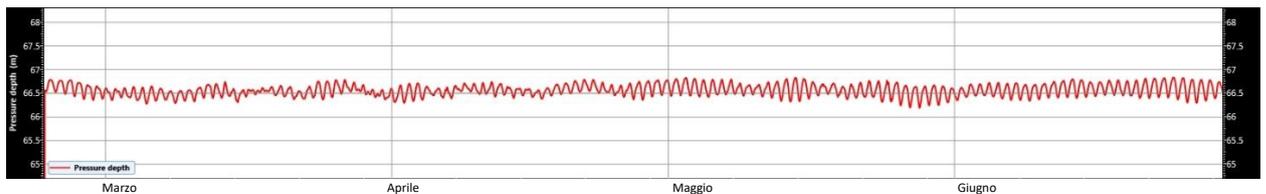


Fig. 3.22 – Andamento della pressione registrata dall'ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

Durante il periodo preso in considerazione la corrente ha avuto un andamento variabile, caratterizzato da oscillazioni tra le direzioni settentrionali e meridionali (figg. 3.23 – 3.28). Durante il mese di febbraio la direzione prevalente della corrente è stata Sud-Est con rotazioni verso Nord-Est e picchi di velocità fino a 0,2 m/s. A marzo e aprile la corrente ha avuto una direzione essenzialmente settentrionale, con rotazioni tra Nord-Est e Nord-Ovest e picchi fino a 0,5 m/s. Durante i mesi di maggio e giugno la direzione è stata prevalentemente verso Sud-Est come a inizio periodo, con sporadiche rotazioni verso Nord-Est e velocità inferiori a 0,1 m/s.

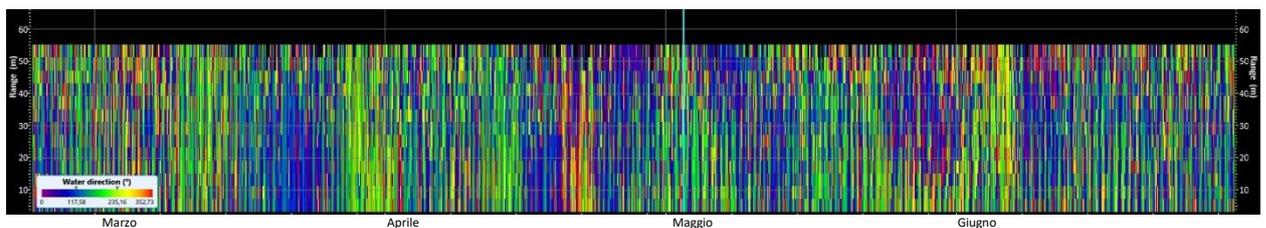


Fig. 3.23 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

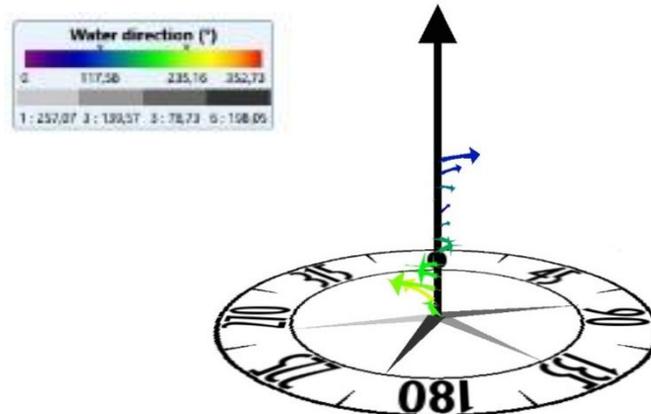


Fig. 3.24 – 3D plot della direzione della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

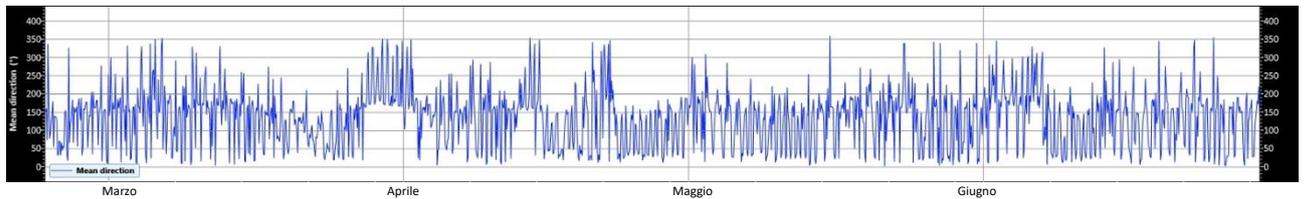


Fig. 3.25 – Direzione media della corrente lungo la colonna d’acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

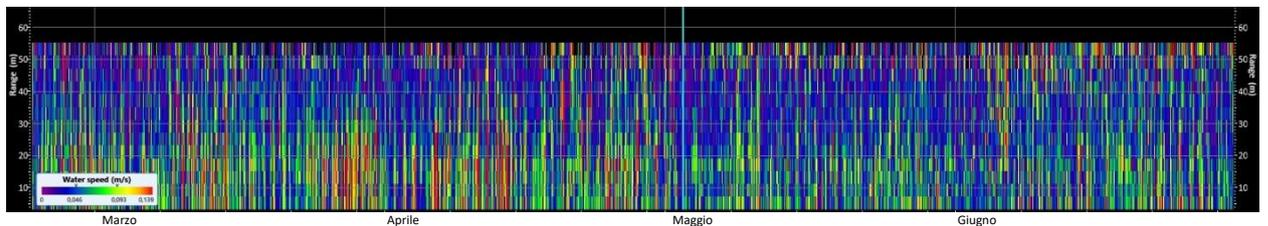


Fig. 3.26 – Contour Plot della velocità della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021

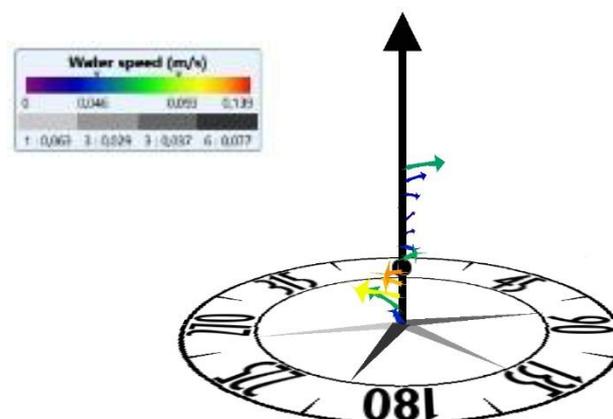


Fig. 3.27 – 3D plot della velocità della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

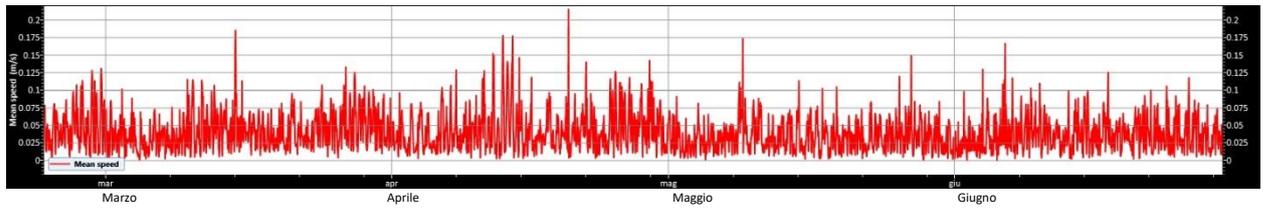


Fig. 3.28 – Velocità media della corrente lungo la colonna d’acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

La temperatura rilevata in prossimità del fondo dal correntometro è oscillata tra 12,5°C e 13°C sino alla prima metà maggio, presentando nel restante periodo una lieve tendenza all’aumento sino a raggiungere, a fine giugno, 13,5°C circa (fig. 3.29).

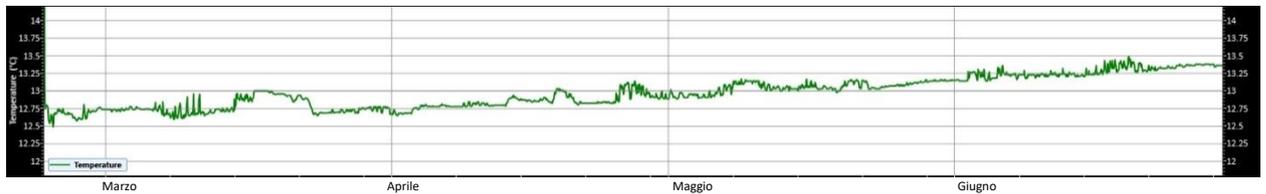


Fig. 3.29 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall’ADCP nel periodo 22/02 – 30/06/2021.

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 all'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola con uno strato idrato in superficie, senza distinzioni tra siti corrispondenti alla piattaforma, transetti e controlli.

L'analisi granulometrica (fig. 3.30, Tab. 3-VII) effettuata durante il pre-survey aveva evidenziato in tutti i campioni una dominanza della frazione siltosa che, entro 60 m dalla futura piattaforma, esibiva il picco in corrispondenza di CL SW (50,34%) e il minimo in CL SE (48,16%), percentuali in accordo con quanto osservato nei controlli (47,49-50,48%). La restante parte dei campioni era costituita prevalentemente da argilla. Secondo la classificazione di Shepard tutti i sedimenti erano ascrivibili al silt argilloso.

Durante l'installazione era stata confermata la prevalenza ovunque della frazione siltosa e non erano state rilevate discrepanze tra i siti entro 60 m da Clara NW e controlli. Tutti i campioni erano stati classificati come silt argillosi in accordo con il pre-survey.

Nell'inverno 2016 (1° survey post lavori di installazione) era stata di nuovo rilevata una prevalenza in quasi tutti i campioni della frazione siltosa, con un picco in A8 (49,24%). Erano state segnalate come eccezioni le stazioni CL NW e B4 in cui, seppur di poco, l'argilla presentava una percentuale maggiore rispetto al silt. Tuttavia tale comportamento era stato osservato anche in K3. In quasi tutti i casi la differenza tra silt e argilla era molto modesta.

Nell'estate 2016 in molti campioni si era verificato un evidente calo di argilla (tra il 10 e il 20%) a vantaggio della frazione siltosa. Questo fenomeno aveva interessato quasi tutto il transetto A, il ramo settentrionale di B e, seppur con magnitudine inferiore, i controlli. I siti CL avevano mostrato comportamenti differenti tra loro.

Nel 3° survey post lavori (inverno 2017) erano state rilevate strie nerastre, indicatrici di scarsa ossigenazione, nei siti CL SE, CL, SW A5, A6 e A8. L'analisi granulometrica aveva evidenziato ampie differenze tra i campioni, anche se nella maggior parte di essi prevaleva

ancora la frazione siltosa. Presso la piattaforma le tre frazioni principali presentavano percentuali più simili tra loro rispetto a quanto osservato nelle altre stazioni, risultando classificabili come loam.

Nei due monitoraggi successivi (estate 2017 e inverno 2018) era stato confermato l'andamento generale delle campagne precedenti, con una predominanza della frazione siltosa quasi ovunque.

Nell'estate 2018 era avvenuto un diffuso decremento di silt sia attorno alla piattaforma che ai controlli, anche maggiore del 20% in alcuni siti. In CL SE, CL SW, invece, si era ridotta la sabbia a vantaggio del silt e, soprattutto, dell'argilla.

Nell'inverno 2019 (7° post lavori) l'analisi granulometrica ha confermato il silt come frazione dominante in tutti i campioni e, nel complesso, le caratteristiche tessiturali sono apparse simili a quelle del pre-survey.

Nell'estate successiva il quadro tessiturale è rimasto sostanzialmente invariato. La variazione di maggiore entità è da ricondursi all'incremento di sabbia in A5 accompagnato da una riduzione sia di silt sia di argilla, trend opposto a quello osservato in K3 e K4. Dal raffronto con i dati medi del pre-survey è stata osservata una tendenza all'incremento di sabbia presso la struttura e un decremento della stessa frazione granulometrica nei controlli K3 e K4. Comunque, nel complesso le differenze rispetto alla pre-posa sono apparse modeste.

Nell'estate 2020 rispetto al campionamento precedente le variazioni più eclatanti sono state un notevole decremento della sabbia in A5 e A6 a vantaggio del silt e, soprattutto dell'argilla. La sabbia si è ridotta in percentuali variabili anche in altri siti sia lungo i transetti che in CL SW e nei controlli K1 e K2, con conseguente incremento di una o entrambe le altre frazioni. A seguito di queste variazioni, i sedimenti provenienti dalle quattro stazioni CL, A1, A3, A4 e B4 sono stati classificati come Loam, mentre tutti gli altri sono rimasti silt argillosi.

Nell'inverno 2021 sono avvenute variazioni differenti da sito a sito rispetto all'estate precedente, ma nel complesso esse sono state contenute e sempre inferiori al 20%.

I cambiamenti maggiori hanno interessato le frazioni fini: nelle stazioni A1 e B5 è avvenuto un incremento di argilla superiore al 10%, compensato nel primo caso da una riduzione della sabbia e nel secondo del silt. Un comportamento opposto dell'argilla è stato

rilevato in A5 e A6 dove il decremento è stato compensato da un aumento di sabbia e di silt rispettivamente.

Altre variazioni maggiori del 10% hanno interessato la frazione siltosa che ha subito un calo in B3, CL SW, B5, B7 e K1, compensato soprattutto da un aumento di silt.

Dal confronto con i dati registrati prima dell'installazione di Clara NW emerge a fine periodo un diffuso aumento dalla frazione sabbiosa nei siti adiacenti la struttura (minimo in CL NE e massimo in CL SW) e, inferiore, in tre stazioni a 60 m di distanza, mentre nei controlli questa frazione è rimasta stabile o si è leggermente ridotta.

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

	Pre-survey Inv 2015			Durante Lavori Est 2015			1° Post Lavori Inv 2016			2° Post Lavori Est 2016			3° Post Lavori Inv 2017			4° Post Lavori Est 2017		
	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							13,19	47,38	39,43	10,90	65,85	23,24	12,40	48,55	39,04	12,10	53,40	34,50
A2							11,51	46,92	41,57	13,01	56,77	30,22	14,81	49,75	35,44	13,10	51,60	35,40
A3	14,23	49,87	35,90	13,97	48,52	37,51	12,90	46,49	40,61	15,20	57,84	26,96	13,27	43,62	43,11	13,90	49,70	36,40
A4							12,11	46,78	41,11	18,94	55,77	25,29	19,40	46,18	34,41	16,80	49,90	33,30
CL NW	15,15	49,34	35,51	10,83	51,85	37,32	12,89	41,86	45,24	22,21	36,06	41,72	29,09	36,98	33,93	21,50	38,70	39,80
CL SE	17,17	48,16	34,67	12,46	50,90	36,64	16,20	44,77	39,02	19,71	38,86	41,43	22,09	43,79	34,12	19,50	42,50	38,10
A5							41,27	40,41	18,32	33,02	47,66	19,32	25,57	37,31	37,12	34,50	42,20	23,30
A6	14,07	49,97	35,97	12,45	50,16	37,39	38,43	44,97	16,60	30,65	46,41	22,94	35,78	38,32	25,90	34,40	44,00	21,60
A7							10,24	47,31	42,44	13,18	62,56	24,26	18,57	48,18	33,25	14,00	53,80	32,20
A8							9,54	49,42	41,04	11,90	65,60	22,50	14,85	48,49	36,66	12,10	56,40	31,60
B1							9,22	46,21	44,57	7,25	65,36	27,39	13,16	45,85	40,99	9,60	53,70	36,70
B2							12,09	48,18	39,73	10,03	64,35	25,62	15,56	44,57	39,88	12,20	54,10	33,70
B3	14,44	50,45	35,11	12,50	50,88	36,62	10,31	45,70	44,00	13,82	62,18	24,00	20,14	44,37	35,49	14,60	51,70	33,70
B4							11,46	42,79	45,75	13,16	52,29	34,56	17,35	38,49	44,17	13,90	45,40	40,70
CL NE	16,33	49,34	34,33	10,35	52,13	37,52	20,86	41,80	37,34	22,90	36,50	40,60	25,35	33,74	40,91	23,10	37,50	39,40
CL SW	15,76	50,34	33,90	11,86	51,25	36,89	26,89	43,32	29,78	17,52	34,50	47,98	24,78	35,01	40,21	22,50	38,00	39,50
B5							19,00	43,43	37,57	14,15	41,67	44,18	19,67	42,52	37,81	17,30	42,60	40,10
B6	16,32	50,00	33,68	11,21	50,87	37,92	14,26	45,54	40,20	14,85	42,63	42,53	12,02	46,41	41,57	13,80	45,00	41,20
B7							12,37	45,02	42,61	11,45	47,35	41,20	13,22	48,12	38,66	12,20	47,00	40,70
B8							11,14	46,07	42,79	13,19	37,11	49,69	9,01	46,76	44,24	11,30	42,70	46,00
K1	17,77	47,81	34,42	12,13	51,09	36,78	7,59	48,99	43,42	8,88	57,29	33,83	7,09	48,00	44,91	8,00	52,50	39,50
K2	18,32	47,49	34,19	12,22	51,04	36,74	11,80	46,78	41,43	14,42	45,90	39,68	16,10	44,79	39,11	14,20	45,90	39,90
K3	13,19	50,48	36,33	11,96	51,19	36,85	7,47	43,97	48,56	9,78	45,14	45,07	7,08	48,36	44,57	8,30	46,00	45,70
K4	17,31	48,08	34,61	12,87	50,66	36,47	7,04	47,09	45,88	6,39	55,08	38,53	2,59	42,73	54,68	5,30	48,50	46,20

Tab. 3-VII - Continuo.

	5° Post Lavori Inv 2018			6° Post Lavori Est 2018			7° Post Lavori Inv 2019			8° Post Lavori Est 2019			10° Post Lavori Est 2020			11° Post Lavori Inv 2021		
	Sabbia	Pelite		Sabbia Silt	Pelite		Sabbia	Sabbia		Sabbia	Sabbia		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla									
A1	14,09	64,51	21,40	20,91	46,30	32,79	21,4	49,2	29,4	18,10	58,30	23,60	25,60	51,30	23,10	12,00	49,40	38,60
A2	15,86	60,29	23,85	15,08	50,05	34,87	23,9	48,0	28,2	15,30	59,50	25,20	15,40	57,60	27,00	12,70	52,60	34,60
A3	21,80	56,93	21,27	25,27	45,85	28,88	23,0	45,4	31,6	19,70	58,30	22,00	23,50	53,30	23,20	19,20	52,80	28,00
A4	25,58	54,27	20,15	24,18	42,08	33,75	22,3	51,0	26,7	22,40	58,00	19,60	21,60	50,90	27,60	22,00	51,60	26,30
CL NW	22,58	51,92	25,50	26,39	40,27	33,34	21,8	49,5	28,7	20,10	55,40	24,50	26,90	43,50	29,60	27,00	41,40	31,60
CL SE	43,59	40,05	16,36	19,91	45,81	34,28	25,7	44,5	29,8	28,10	43,00	28,80	32,90	43,30	23,80	32,20	40,20	27,60
A5	23,70	55,13	21,17	17,02	38,40	44,58	25,5	49,5	25,0	54,60	36,40	9,00	17,60	46,40	36,10	30,50	46,70	22,70
A6	14,92	58,90	26,19	21,58	38,70	39,72	25,2	46,3	28,5	25,20	45,40	29,40	12,60	44,90	42,50	19,30	55,30	25,50
A7	16,46	64,65	18,89	20,49	41,05	38,47	20,6	52,7	26,7	21,30	59,10	19,50	14,40	49,40	36,10	13,50	57,30	29,10
A8	23,15	58,63	18,23	13,42	49,36	37,21	23,4	52,4	24,2	13,70	62,20	24,10	10,40	56,80	32,70	13,00	57,40	29,60
B1	9,61	73,84	16,56	16,15	51,78	32,07	21,5	53,4	25,1	17,60	54,10	28,30	13,80	58,90	27,30	12,90	58,20	28,90
B2	13,29	68,13	18,58	13,13	51,93	34,94	25,6	46,0	28,4	23,70	51,80	24,60	15,20	50,70	34,10	12,00	49,20	38,80
B3	27,08	51,07	21,85	22,64	46,93	30,43	17,6	55,1	27,3	16,40	55,70	27,90	12,40	64,00	23,60	15,80	51,00	33,30
B4	41,60	43,91	14,49	34,45	36,89	28,66	35,3	47,6	17,2	21,70	47,50	30,70	23,80	52,20	23,90	22,90	48,70	28,40
CL NE	25,06	54,81	20,12	30,92	36,92	32,16	22,1	49,2	28,8	22,70	42,20	35,10	24,10	49,40	26,60	20,50	48,70	30,80
CL SW	43,82	39,52	16,66	27,33	38,71	33,96	28,9	50,8	20,4	31,20	42,90	25,90	24,50	52,10	23,40	32,70	38,80	28,50
B5	24,86	54,79	20,35	23,67	44,11	32,22	21,8	55,6	22,6	22,10	53,90	24,10	18,10	54,80	27,10	18,80	39,50	41,70
B6	21,36	59,04	19,59	17,44	55,23	27,33	16,0	54,1	30,0	10,80	58,50	30,70	13,50	52,60	33,90	12,70	51,40	35,90
B7	12,00	60,29	27,71	16,27	49,97	33,76	23,4	55,6	21,1	11,40	60,50	28,00	8,50	63,20	28,30	13,00	49,60	37,40
B8	14,74	61,85	23,41	16,01	47,06	36,94	18,6	56,0	25,4	9,80	64,70	25,50	9,70	63,30	27,00	15,40	56,40	28,20
K1	6,43	75,04	18,53	14,77	49,33	35,90	13,8	59,4	26,7	10,40	54,50	35,20	7,50	67,30	25,10	9,70	56,20	34,20
K2	10,82	68,44	20,74	15,25	57,88	26,86	16,6	62,0	21,4	11,60	48,00	40,30	10,70	57,90	31,40	12,10	60,90	27,00
K3	6,93	73,12	19,95	14,50	54,48	31,03	19,7	64,1	16,3	7,60	68,10	24,30	9,80	62,80	27,40	14,50	56,50	29,00
K4	4,65	69,82	25,53	5,89	62,39	31,72	16,1	63,1	20,8	3,40	71,50	25,10	4,90	67,10	28,00	16,10	50,50	33,40

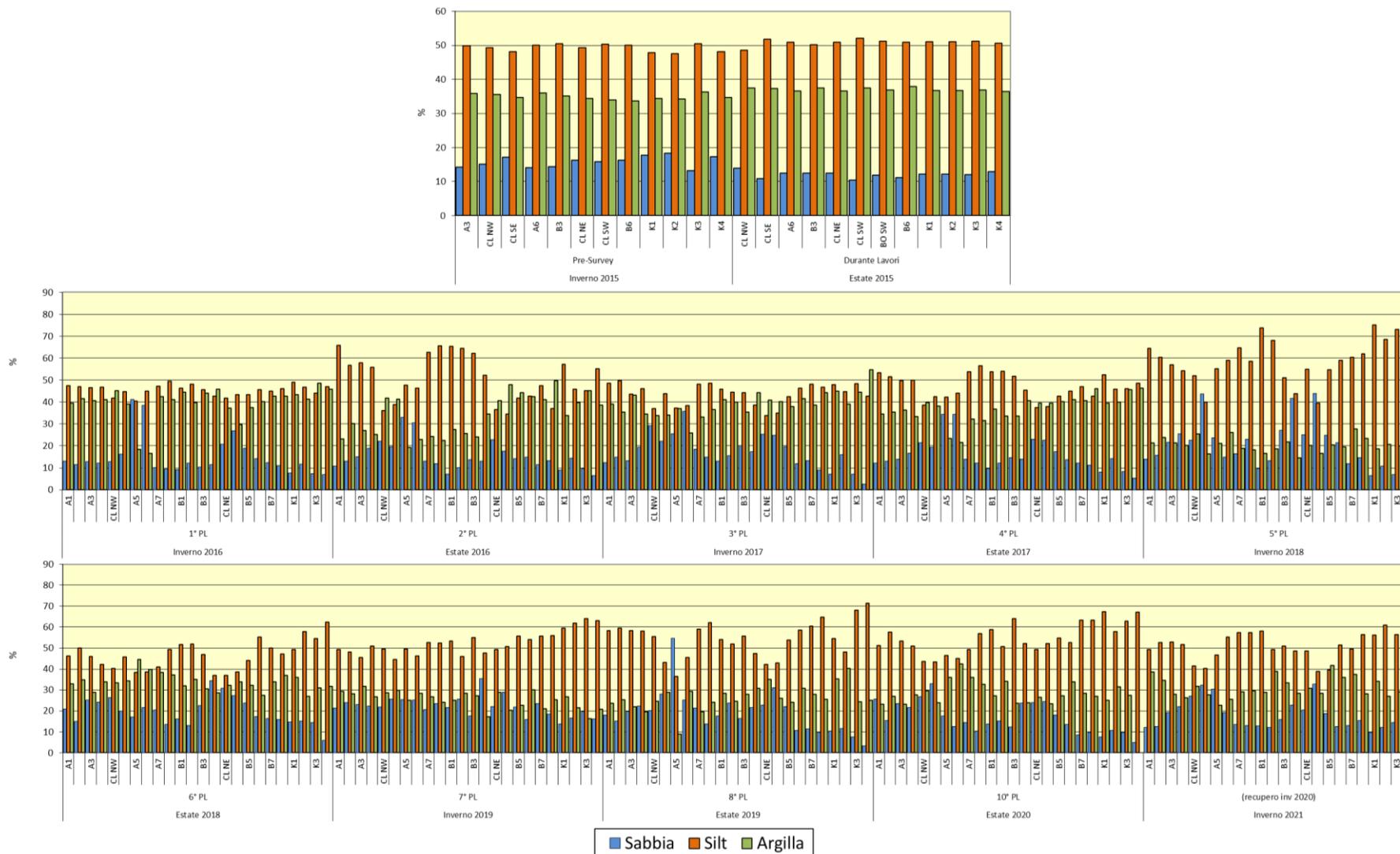


Fig. 3.30 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

I vari composti appartenenti agli Idrocarburi Policiclici Aromatici hanno presentato comportamenti diversi nell'area di studio già a partire dal pre-survey, ma tutti hanno conservato nel tempo concentrazioni basse, molto al di sotto sia dei valori chimici di Riferimento Nazionale L1 (DM 173/2016), sia dei valori cautelativi per le sostanze pericolose prioritarie (PP) e agli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007; Tab. 3-VIII).

Prima della posa della piattaforma la maggior parte dei composti era presente in tutti (Antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fenantrene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene) o quasi tutti (Fluorantene, Naftalene, Pirene) i siti indagati. Il Benzo(a)pirene era stato rilevato in 8 stazioni su 12, tra cui due controlli. La presenza di Acenaftene e Fluorene era stata invece rilevata in un solo sito (A3 e K4 rispettivamente). I restanti composti erano inferiori al limite di quantificazione della metodica.

Essendo le concentrazioni dei singoli IPA diffusamente basse, anche gli IPA totali erano scarsamente presenti, ben al di sotto dell'LCB (fig. 3.31). Il tenore maggiore, ma comunque molto basso, era stato rilevato nel controllo K4 (88,8 µg/kg).

Durante i lavori di posa in opera della piattaforma l'unica variazione degna di nota riguardava la scomparsa dell'Antracene che era invece risultato diffusamente presente prima dell'installazione.

Anche all'inizio della fase di produzione di Clara NW (1° survey post lavori) i vari composti avevano presentato comportamenti diversi tra loro, ma nel complesso erano poco presenti, tanto che nessuno di loro era stato rilevato in tutte le stazioni. Nei siti A2, A4 e B2 non erano stati affatto quantificati. Tuttavia, era risultata piuttosto impattata la stazione A1 sia come numero di composti, sia come concentrazioni gli IPA totali, tanto che il picco rilevato in questo sito (447,0 µg/kg) non è stato mai più raggiunto in seguito.

Nell'estate 2016 (2° post lavori) si era verificato un diffuso calo di questi contaminanti, seguito di un nuovo incremento nell'inverno dell'anno successivo. Anche in quel survey i vari composti presentavano comportamenti diversi tra loro, ma tutti erano presenti con tenori molto inferiori ai limiti considerati tranne il Naftalene, presente in molti siti con concentrazioni maggiori. In A6, in particolare, risultava 11 volte più elevato rispetto all'LCB. In altre nove stazioni (A7, A8, B2, B3, CL SE, CL NE, B8, K4, K3) il Naftalene mostrava, sebbene in minore misura, tenori comunque anomali, pari a 3-5 volte il LCB,

mentre anomalie di minore rilievo (ossia 1,5-3 volte il LCB) erano state rilevate in CL SE, CL NW, B1, B4, CL SW, B5, B6, B7 e K2. Va comunque sottolineato che tale situazione riguardava anche i controlli e pertanto non era stata unicamente imputata alla presenza di Clara NW. A fronte degli elevati valori del Naftalene, gli IPA totali erano stati condizionati quasi esclusivamente da questo composto, rimanendo però molto al di sotto dell'LCB (900 µg/kg) ovunque. Una tale situazione non è più stata rilevata nei survey successivi: già nell'estate 2017 (4° post lavori) le concentrazioni degli IPA avevano mostrato un evidente trend in diminuzione e le concentrazioni di tutti i congeneri erano state molto al di sotto degli LCB, ad eccezione del Naftalene nella stazione CL NE.

Nulla da segnalare nei monitoraggi successivi quando sono stati raggiunti tenori simili a quelli iniziali, testimoniando l'assenza di contaminazione dell'area. Relativamente all'ultimo survey (inverno 2021), 2 composti (Acenaftene e Antracene) non sono stati affatto rilevati e altri due (Acenaftilene e Fluorene) sono stati quantificati rispettivamente in 2 e in un sito soltanto. In B4 gli IPA non sono stati affatto rilevati. Il massimo è stato registrato nel controllo K4 ed è pari a 68,8 µg/kg, valore ben 13 volte inferiore all'LCB. Tutti i tenori rilevati nell'inverno 2021 sono inferiori rispetto a quelli del pre-survey, soprattutto nei siti CL, o comparabili. Si conferma pertanto che questi contaminanti non sono affatto influenzati dalla presenza della piattaforma.

Tab. 3-VIII - Concentrazioni degli IPA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. 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. In neretto le concentrazioni superiori ai limiti di riferimento.

	DM 173/2016	LCB/PP	Pre-survey											
			A3	CL	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		7	3,90	<lq										
Acenafilene			<lq	<lq	4,71	<lq								
Antracene	24	47 (24)*	5,60	11,20	<lq	6,70	3,90	10,30	3,20	6,70	10,40	9,70	9,00	7,00
Benzo (a) antracene	75	75	1,10	1,90	1,36	1,50	2,00	4,50	1,70	1,50	1,20	1,40	1,30	2,00
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,40	<lq	1,29	1,60	1,60	<lq	1,60	2,20	1,30	<lq	<lq	1,10
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	8,40	8,40	6,23	11,00	10,30	8,10	9,00	9,40	8,70	9,00	9,20	14,20
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	6,60	8,50	3,62	5,70	8,40	7,20	7,60	7,80	5,30	6,70	6,50	10,70
Benzo (k) fluorantene	20		4,00	5,90	5,09	6,20	4,60	4,70	6,70	5,30	9,10	6,50	9,50	15,10
Crisene	108	108	3,70	4,00	1,23	3,80	4,30	7,60	3,70	3,80	2,80	3,80	3,70	5,10
Dibenzo (a, h) antracene		6	<lq											
Fenantrene	87	87	3,20	3,70	1,96	2,40	3,60	3,80	3,20	3,10	2,60	3,00	2,10	5,10
Fluorantene	110	113	3,70	3,80	2,48	3,30	<lq	3,30	3,70	3,60	3,20	3,40	3,30	4,80
Fluorene	21	21	<lq	1,20										
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	8,80	9,60	6,00	7,60	10,40	9,70	9,10	10,00	7,60	8,80	8,30	13,90
Naftalene	35	35	3,50	3,70	2,68	3,40	3,10	<lq	3,30	3,90	3,20	2,90	3,50	4,20
Pirene	153	153	4,70	4,10	1,77	3,90	<lq	3,20	4,80	4,30	3,50	3,70	3,90	4,50
Totale	900	900	58,60	64,60	38,42	57,20	52,00	62,50	57,50	61,50	59,00	58,90	60,30	88,80

	DM 173/2016	LCB/PP	Durante Lavori											
			A3	CL	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		7	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq
Acenafilene			<lq	4,71	<lq									
Antracene	24	47 (24)*	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq
Benzo (a) antracene	75	75	1,37	1,36	1,49	1,28	1,41	1,10	1,12	1,76	1,10	1,12	1,02	2,57
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,16	1,29	1,61	1,98	1,96	1,36	1,48	1,89	1,44	1,73	1,74	2,35
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	12,00	6,23	3,94	7,89	9,73	6,16	7,87	6,33	6,24	7,46	4,87	6,34
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	6,52	3,62	4,49	6,21	5,56	4,10	4,28	5,65	4,21	5,00	4,81	5,49
Benzo (k) fluorantene	20		7,75	5,09	3,83	5,74	6,87	4,40	2,88	5,27	4,92	3,66	4,69	6,14
Crisene	108	108	1,95	1,23	1,77	1,54	1,80	1,66	1,48	1,87	1,27	1,49	1,47	2,17
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,82	<lq	<lq	1,86	1,72	<lq	<lq	1,83	<lq	<lq	<lq	<lq
Fenantrene	87	87	2,82	1,96	2,61	2,42	2,59	2,55	2,63	2,57	2,40	2,50	2,24	2,90
Fluorantene	110	113	2,82	2,48	2,53	2,45	2,69	2,15	2,29	2,70	2,13	2,28	2,32	3,19
Fluorene	21	21	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	9,75	6,00	6,91	9,76	9,07	6,42	7,08	9,79	7,35	8,11	7,78	9,05
Naftalene	35	35	2,83	2,68	<lq	2,47	2,26	2,52	1,72	2,36	2,09	1,99	2,22	<lq
Pirene	153	153	2,42	1,77	1,98	2,53	2,19	1,88	1,96	2,05	1,64	1,99	1,75	2,41
Totale	900	900	54,21	38,42	31,16	46,13	47,85	34,30	34,79	44,07	34,79	37,33	34,91	42,61

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	1° Post Lavori																									
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4		
Acenaftene		7	26,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	1,70	<lq									
Acenaftilene			27,00	<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			
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			
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	50,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	13,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq			
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	38,00	<lq	<lq	<lq	<lq	17,00	<lq	11,00	<lq	13,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	11,00	13,00	<lq	<lq	<lq	17,00	11,00	11,00	13,00	14,00	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	41,00	<lq	<lq	<lq	<lq	16,00	<lq	17,00	<lq	12,00	10,00	11,00	<lq	10,00	<lq	11,00	12,00	<lq	<lq	<lq	18,00	11,00	11,00	12,00	13,00	12,00
Benzo (k) fluorantene	20		33,00	<lq	<lq	<lq	<lq	12,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	
Crisene	108	108	24,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	14,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	
Dibenzo (a, h) antracene		6	45,00	<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	22,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	4,40	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	4,20	<lq	<lq	<lq	
Fluorantene	110	113	32,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	8,30	<lq	4,10	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	
Fluorene	21	21	11,00	<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)*	41,00	<lq	9,60	<lq	<lq	19,00	5,60	11,00	<lq	14,00	11,00	13,00	<lq	10,00	9,70	12,00	13,00	9,50	10,00	11,00	19,00	13,00	13,00	14,00	14,00	
Naftalene	35	35	33,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	21,00	<lq	<lq	25,00	<lq	<lq												
Pirene	153	153	24,00	<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	447,00	0,00	10,00	0,00	64,00	6,00	74,00	21,00	43,00	21,00	49,00	0,00	20,00	10,00	38,00	38,00	11,00	10,00	11,00	54,00	39,00	36,00	40,00	40,00		

	DM 173/2016	LCB/PP	2° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,20
Acenaftilene			0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,40	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40	0,50	0,40
Antracene	24	47 (24)*	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70
Benzo (a) antracene	75	75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,40	0,50	0,70	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,20	1,20	1,00	1,10	1,00	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10	1,30	0,90	1,10	1,50	1,00	1,20	1,00	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	1,00	0,70	0,50	0,60	0,60	0,40	0,40	0,50	0,60	0,90	1,60	0,40	0,50	1,70	0,60	0,80	0,50	0,50	0,40	0,30	0,50	0,50	0,60	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	0,40	<lq	0,40	0,60	<lq	<lq	1,50	<lq	0,30	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	0,30								
Benzo (k) fluorantene	20		1,20	0,90	0,60	0,70	0,70	0,50	0,50	0,60	0,70	1,10	1,80	0,50	0,70	1,30	0,70	1,00	0,60	0,70	0,50	0,50	0,60	0,50	0,70	
Crisene	108	108	0,50	0,40	0,30	0,40	0,30	<lq	<lq	<lq	0,30	0,30	0,50	0,90	0,20	0,30	1,30	0,20	0,40	0,30	0,20	<lq	<lq	0,20	0,40	
Dibenzo (a, h) antracene		6	0,30	0,20	<lq	0,20	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	0,20	0,30	<lq	<lq	0,50	<lq	0,20	0,20	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	0,20
Fenanthrene	87	87	0,90	0,70	0,60	0,80	0,60	0,30	0,50	0,80	0,50	0,70	0,80	0,40	0,50	1,40	0,50	0,40	0,70	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,50	0,30
Fluorantene	110	113	1,20	1,20	1,10	1,20	1,00	0,90	1,00	1,20	1,00	1,10	1,40	1,00	1,10	1,60	1,00	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10	
Fluorene	21	21	0,50	0,40	0,40	0,50	0,40	0,30	0,40	0,40	0,50	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,60	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,30
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	0,60	0,40	0,30	0,40	0,30	<lq	<lq	<lq	0,30	0,30	0,50	0,90	0,20	0,30	1,90	0,20	0,50	0,30	0,20	<lq	<lq	<lq	0,20	0,40
Naftalene	35	35	0,60	0,50	0,20	<lq	0,50	<lq	0,20	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	1,00	<lq	0,50	<lq						
Pirene	153	153	0,40	0,30	0,30	0,40	0,20	<lq	<lq	<lq	0,30	0,30	0,30	0,50	<lq	0,20	0,90	<lq	<lq	0,30	0,30	<lq	<lq	<lq	<lq	0,20
TOTALE	900	900	10,90	9,00	7,30	8,30	7,40	5,40	5,70	5,50	7,40	6,80	9,00	12,60	5,60	7,00	17,60	6,50	8,30	7,20	6,50	5,10	5,10	6,20	6,70	7,40

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	3° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		7	<lq	0,60	<lq	<lq	1,28	1,18	<lq	3,44	2,85	2,39	1,53	1,57	1,50	0,87	1,36	1,47	1,22	1,25	1,86	<	1,25	1,75	1,40	
Acenaftilene			2,09	0,86	1,02	1,04	1,11	1,31	0,99	3,15	1,70	1,95	1,26	1,33	1,46	1,13	1,65	1,29	1,27	1,19	1,30	1,43	0,78	1,14	3,90	1,50
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	5,52	1,45	1,91	1,76	1,80	1,26	1,52	2,37	7,62	2,02	1,63	1,81	1,90	1,69	2,15	1,72	1,86	1,85	1,81	2,00	1,77	1,93	9,46	2,33
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	3,27	1,52	1,87	1,82	1,69	1,46	1,58	3,08	5,59	2,10	1,66	1,75	1,99	1,63	2,19	1,65	1,78	1,78	1,76	2,02	1,66	1,75	4,87	2,06
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	9,99	9,21	8,46	13,34	14,81	5,17	9,61	2,54	15,50	13,85	12,81	15,90	13,59	13,90	14,48	9,86	16,36	15,44	14,22	16,05	14,67	9,45	22,62	12,80
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	<lq	0,83	1,84	1,28	1,98	<lq	0,57	<lq	4,48	<lq	1,21	1,60	1,37	1,50	<lq	1,93	1,61	1,53	1,18	1,86	1,79	1,56	3,17	2,55
Benzo (k) fluorantene	20		11,27	9,53	5,84	13,68	14,96	5,80	10,05	4,27	11,54	14,37	13,10	16,14	14,02	14,14	15,03	6,57	16,58	15,67	14,52	16,26	14,88	6,38	22,70	8,90
Crisene	108	108	2,64	2,58	3,38	2,87	3,09	1,11	2,19	<lq	10,43	2,99	2,61	3,54	3,04	3,02	3,21	3,11	3,40	3,28	2,96	3,57	3,21	3,34	12,55	4,37
Dibenzo (a, h) antracene		6	<lq	<lq	0,93	0,76	<lq	<lq	<lq	<lq	1,49	<lq	0,70	0,77	<lq	0,74	<lq	0,79	0,88	0,79	0,76	0,98	0,80	0,75	1,30	0,94
Fenantrhene	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	<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	<lq
Fluorene	21	21	2,06	0,85	0,96	1,11	0,87	0,86	0,88	2,07	2,49	1,78	1,01	1,05	1,04	0,78	1,06	1,11	0,87	0,90	0,77	1,26	0,04	0,85	3,87	1,23
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	3,67	2,76	4,70	3,66	4,65	0,82	2,59	<lq	7,32	3,84	3,65	4,21	4,30	3,98	4,10	4,53	4,49	4,09	4,10	4,68	4,17	4,13	5,70	5,64
Naftalene	35	35	31,94	14,95	17,92	14,26	58,70	100,31	14,12	397,52	178,25	150,41	93,25	129,54	136,65	103,43	126,84	63,51	87,80	56,13	87,64	144,32	0,33	56,87	175,15	144,72
Pirene	153	153	3,19	1,80	2,64	2,50	2,37	1,14	1,99	<lq	15,35	2,20	1,86	2,17	2,21	1,99	2,49	2,01	2,30	2,28	2,03	2,43	1,53	2,24	27,53	3,05
TOTALE	900	900	75,64	46,94	51,45	58,06	107,30	120,42	46,10	418,43	264,62	197,88	136,27	181,37	183,08	148,81	174,54	99,54	140,42	106,18	134,29	198,71	45,62	91,64	294,55	191,49

	DM 173/2016	LCB/PP	4° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		7	1,50	1,70	1,90	1,90	1,20	2,80	1,00	1,10	0,80	1,10	0,50	0,50	1,30	2,20	3,90	0,50	4,00	0,50	0,50	2,10	0,60	0,60	0,50	0,50
Acenaftilene			3,80	3,10	3,30	3,30	2,80	3,40	2,80	3,00	3,00	2,80	2,70	2,70	3,10	3,60	4,30	2,50	4,20	2,50	2,70	3,60	2,50	2,90	2,70	2,60
Antracene	24	47 (24)*	2,80	2,70	2,90	3,00	2,50	2,70	2,60	2,70	2,90	2,60	2,60	2,70	3,40	2,90	3,00	2,50	3,10	2,50	2,70	2,90	2,50	2,90	2,70	2,60
Benzo (a) antracene	75	75	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	1,20	<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)*	6,20	1,60	3,40	4,20	0,60	2,20	0,50	9,70	3,30	3,00	1,10	9,40	7,60	1,80	7,10	10,20	8,00	6,20	8,80	4,90	0,60	8,10	0,80	7,60
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,50	2,60	3,00	3,80	2,00	2,30	2,00	3,80	3,50	3,20	2,60	4,60	3,60	2,50	3,20	4,50	3,40	2,80	3,90	3,00	2,20	3,70	2,00	3,30
Benzo (k) fluorantene	20		1,40	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	2,60	<lq	<lq	<lq	2,10	1,20	<lq	0,90	2,10	1,10	0,90	2,00	<lq	<lq	1,40	<lq	1,20
Crisene	108	108	2,80	<lq	1,30	1,50	<lq	<lq	<lq	3,80	0,90	1,10	<lq	3,00	9,60	<lq	2,20	3,60	2,70	2,10	2,90	1,20	<lq	2,20	<lq	2,60
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
Fenantrhene	87	87	3,20	2,00	2,50	2,70	1,80	2,60	2,10	2,90	2,30	2,20	1,70	2,30	3,30	2,30	3,30	2,00	3,20	1,70	1,70	2,70	1,60	2,30	1,50	1,80
Fluorantene	110	113	4,00	2,90	3,50	3,70	2,70	3,00	2,80	4,10	3,50	3,30	3,10	4,00	4,20	3,20	4,10	3,80	4,00	3,50	3,80	3,40	2,70	4,00	2,70	3,90
Fluorene	21	21	3,80	1,50	1,90	2,30	1,00	3,20	0,80	1,10	0,60	1,10	0,20	0,30	1,40	2,20	3,90	<lq	4,80	<lq	0,60	2,30	<lq	<lq	0,50	<lq
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	2,60	0,60	1,80	2,90	<lq	<lq	<lq	3,60	2,50	1,80	0,70	4,60	3,00	<lq	2,30	5,30	2,50	1,60	3,60	1,40	<lq	3,10	<lq	3,10
Naftalene	35	35	12,60	16,40	6,00	10,60	10,60	8,90	23,50	9,40	5,30	10,60	0,80	0,80	5,50	22,80	42,40	0,90	35,10	0,80	0,80	32,20	0,80	0,90	0,70	0,80
Pirene	153	153	2,50	1,70	2,30	2,40	1,50	1,80	1,50	3,20	2,20	2,00	1,70	2,70	10,40	1,90	2,60	3,10	2,90	2,20	2,40	2,20	1,50	2,50	1,40	2,30
TOTALE	900	900	50,60	36,80	33,70	42,30	26,70	33,00	39,50	51,10	30,80	34,80	17,70	39,50	58,80	45,40	83,30	41,00	78,90	27,20	36,30	62,10	15,00	34,60	15,50	32,40

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	5° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		7	0,93	0,64	0,16	0,99	1,00	0,48	0,53	0,74	0,29	0,98	1,62	1,14	0,04	0,91	0,40	1,65	1,05	2,08	1,84	2,15	2,07	0,72	2,00	0,77
Acenafilene			0,21	0,18	0,14	0,25	0,19	0,12	0,14	0,15	0,08	0,16	0,13	0,33	0,09	0,11	0,15	0,14	0,20	0,25	0,16	0,26	0,24	0,18	0,28	0,22
Antracene	24	47 (24)*	0,22	0,23	0,08	0,39	0,25	0,38	0,38	0,24	0,07	0,21	0,26	0,25	0,12	0,18	0,10	0,32	0,23	0,27	0,28	0,25	0,97	0,23	0,27	0,34
Benzo (a) antracene	75	75	1,22	1,27	1,25	1,24	1,14	1,01	1,53	0,87	1,15	1,07	1,12	1,17	0,96	0,41	1,08	1,19	1,08	1,11	1,06	1,20	4,39	1,04	1,29	1,30
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	0,88	1,18	1,19	1,13	1,11	0,73	1,14	0,96	0,93	0,96	0,99	0,97	0,91	0,42	0,81	1,07	0,91	1,06	0,96	1,01	3,66	1,04	1,07	1,20
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	5,44	5,91	6,52	7,12	6,75	4,89	5,62	6,43	6,01	5,86	6,24	5,87	6,58	2,37	4,59	6,25	5,59	6,12	5,63	5,74	8,56	5,87	6,15	12,64
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	5,48	6,28	6,88	6,91	7,74	4,31	6,05	6,61	6,01	5,81	5,91	6,10	5,82	2,46	4,72	6,60	5,76	6,24	5,73	6,30	8,56	6,20	6,61	5,88
Benzo (k) fluorantene	20		3,59	3,76	4,11	6,38	4,46	4,38	3,87	4,17	3,38	5,26	3,33	3,32	2,83	0,75	2,82	3,72	3,34	3,41	3,30	3,55	6,38	3,62	1,31	11,33
Crisene	108	108	2,66	2,81	2,83	2,92	2,88	2,23	3,12	2,67	2,72	2,40	2,47	2,63	2,55	1,12	2,23	2,88	2,36	2,48	2,42	2,62	6,55	2,63	2,91	3,03
Dibenzo (a, h) antracene		6	<lq	<lq	<lq	<lq	5,18	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	3,63	1,98	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	6,00	<lq	<lq	<lq
Fenanthrene	87	87	1,30	1,33	0,20	2,43	1,59	0,40	67,68	1,82	0,20	1,20	1,51	1,54	0,58	1,06	1,27	1,55	1,44	1,52	1,43	1,60	5,13	1,43	1,51	1,90
Fluorantene	110	113	1,69	1,76	1,48	1,74	1,73	1,56	2,68	1,21	1,19	1,52	1,57	1,60	1,27	0,71	1,28	1,84	1,53	1,41	1,58	1,62	8,12	1,60	1,75	2,11
Fluorene	21	21	7,49	5,37	1,83	2,37	1,35	2,59	1,75	3,93	2,57	4,80	5,74	7,45	0,77	3,77	1,62	3,09	6,08	7,36	5,79	8,42	6,42	2,78	7,04	1,65
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	9,85	11,70	12,98	13,29	14,11	7,97	11,34	12,87	12,09	11,16	11,90	11,72	11,41	4,68	9,33	12,50	11,31	12,20	11,52	12,22	15,75	12,22	12,80	10,34
Naftalene	35	35	1,35	0,06	0,11	0,42	0,61	0,22	0,09	0,11	0,14	0,05	0,10	2,17	n.a.	0,10	0,11	0,08	1,25	0,31	1,01	1,38	1,16	0,11	1,28	0,15
Pirene	153	153	1,64	1,69	1,46	1,82	1,83	2,54	3,51	1,58	1,12	1,36	1,43	1,43	1,30	0,64	1,64	1,70	1,36	1,40	1,41	1,53	6,46	1,41	1,61	2,02
TOTALE	900	900	43,93	44,16	41,22	49,39	51,92	33,80	109,44	44,35	37,93	42,80	44,34	47,71	38,86	21,66	32,16	44,58	43,50	47,25	44,12	49,86	90,43	41,07	47,89	54,87

	DM 173/2016	LCB/PP	6° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaffene		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
Acenafilene			<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	<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)*	6,00	6,00	9,00	5,00	9,00	8,00	7,00	7,00	7,00	8,00	5,00	8,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	<lq	8,00	8,00	4,00	8,00	11,00
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	4,00	3,00	6,00	4,00	6,00	5,00	5,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00	7,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	8,00
Benzo (k) fluorantene	20		2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	<lq	3,00	2,00	2,00	3,00
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	2,00
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
Fenanthrene	87	87	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	<lq	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00
Fluorantene	110	113	2,00	3,00	2,00	3,00	<lq	<lq	2,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	2,00	2,00	<lq	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00
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)*	9,00	10,00	11,00	13,00	10,00	11,00	9,00	10,00	11,00	11,00	11,00	12,00	10,00	12,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	10,00	13,00	10,00	14,00	17,00
Naftalene	35	35	2,00	<lq																						
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	27,00	27,00	33,00	30,00	29,00	29,00	27,00	26,00	25,00	27,00	23,00	27,00	25,00	28,00	24,00	26,00	29,00	28,00	22,00	28,00	36,00	25,00	33,00	47,00

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/P P	7° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenafte		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
Acenafilene			<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	1,70	1,90	<lq	1,40	1,40	1,00	1,70	1,20	1,60	2,00	1,50	1,70	1,50	<lq	1,10	1,50	1,60	<lq	1,60	1,70	1,50	1,70	1,70	2,10
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,00	2,30	<lq	1,90	1,90	1,20	2,10	1,40	2,00	2,40	1,90	2,00	1,80	<lq	<lq	1,70	2,00	<lq	2,00	2,10	1,80	2,00	2,00	2,50
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	12,80	11,00	3,00	7,00	9,60	7,50	11,30	7,10	11,00	12,10	11,20	12,50	9,30	2,00	<lq	10,00	10,60	4,90	10,50	13,10	10,20	13,10	12,30	12,80
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	9,20	8,80	2,00	5,40	7,60	4,80	8,00	5,00	7,70	8,70	7,30	7,70	6,60	1,40	<lq	5,80	7,20	3,20	7,00	7,60	6,80	7,50	7,00	8,20
Benzo (k) fluorantene	20		4,60	4,00	1,10	2,70	3,50	2,70	4,00	2,50	3,90	4,30	4,00	4,50	3,40	<lq	<lq	3,70	3,80	1,80	3,80	4,80	3,70	4,70	4,40	4,60
Crisene	108	108	2,50	2,70	<lq	1,90	2,00	1,40	2,50	1,70	2,40	3,00	2,40	2,50	2,20	<lq	1,70	2,00	2,30	1,30	2,50	2,50	2,40	2,60	2,50	3,00
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,70	1,70	<lq	1,10	1,40	<lq	1,50	1,00	1,30	1,50	1,30	1,40	1,30	<lq	<lq	1,10	1,30	<lq	1,30	1,40	1,20	1,40	1,40	1,60
Fenanthrene	87	87	3,30	3,70	1,20	2,20	3,00	2,20	3,70	2,80	3,50	4,20	3,60	3,70	3,30	1,20	2,70	3,10	3,40	2,00	3,50	3,70	3,50	3,80	3,70	4,60
Fluorantene	110	113	3,40	<lq	<lq	2,30	2,80	2,00	3,30	2,50	3,20	3,80	3,10	3,30	2,80	<lq	2,40	3,50	3,00	1,40	3,10	3,30	3,00	3,40	3,30	4,00
Fluorene	21	21	<lq	14,80	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq										
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	15,80	1,10	3,20	8,80	12,40	7,50	13,30	7,80	12,40	14,20	12,10	12,80	10,80	1,70	<lq	9,90	12,70	5,10	11,90	13,60	11,70	12,90	12,00	14,10
Naftalene	35	35	<lq	3,60	<lq	1,00	1,10	1,10	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	1,20	<lq	1,10							
Pirene	153	153	2,70	3,60	<lq	2,10	3,20	2,20	3,60	2,40	3,20	4,00	3,00	2,70	3,10	<lq	2,70	2,90	3,30	1,50	3,30	2,70	3,00	2,70	2,70	4,10
TOTALE	900	900	59,70	59,10	10,50	36,90	48,80	32,40	55,90	35,40	52,20	61,10	52,60	55,80	46,10	6,40	10,50	45,30	51,20	21,20	50,70	56,60	48,70	57,10	52,90	62,60

	DM 173/2016	LCB/P P	8° Post Lavori																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenafte		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
Acenafilene			<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	2,30	2,10	<lq	2,10	2,10	1,20	<lq	1,90	<lq	2,20	2,30	2,60	2,10	1,70	0,90	1,50	1,60	2,50	1,30	2,30	2,20	2,00	2,80	2,50
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,90	2,70	<lq	2,80	2,80	1,60	<lq	2,40	1,20	2,80	2,90	3,10	2,80	2,20	1,20	2,20	2,30	3,30	1,60	2,90	3,00	2,70	3,40	3,20
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	15,70	16,90	5,00	14,50	14,70	7,90	2,40	12,50	7,20	15,00	15,50	17,40	14,30	11,10	7,70	11,90	9,50	15,40	9,10	14,60	15,10	13,90	12,60	16,50
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	9,40	10,20	2,80	8,50	8,40	4,70	1,50	7,10	3,90	9,00	8,80	10,10	8,60	6,60	4,30	6,70	5,70	8,80	5,50	8,90	8,50	7,80	7,10	9,70
Benzo (k) fluorantene	20		5,20	5,70	1,70	4,90	4,90	2,50	<lq	4,20	2,30	5,10	5,20	6,20	4,80	3,70	2,30	3,90	3,20	5,20	3,00	4,90	5,10	4,60	4,40	5,60
Crisene	108	108	3,00	2,80	1,00	2,70	2,70	1,60	<lq	2,40	1,20	2,90	3,10	3,10	2,80	2,20	1,20	1,80	2,00	3,20	1,80	2,90	2,80	2,60	3,30	3,10
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,60	1,70	<lq	1,50	1,50	<lq	<lq	1,30	<lq	1,60	1,60	2,30	1,50	1,20	<lq	1,00	1,00	1,60	1,00	1,70	1,60	1,40	1,30	1,70
Fenanthrene	87	87	4,30	3,80	1,40	3,80	3,90	2,30	<lq	3,40	1,70	4,10	4,40	4,20	4,00	3,20	1,70	2,90	3,10	4,70	2,50	4,20	4,10	3,60	6,10	4,30
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	17,30	18,20	5,20	16,00	15,90	8,60	2,50	13,60	6,90	17,00	16,70	18,80	16,20	12,10	7,20	11,00	10,40	16,60	10,20	16,90	16,50	14,80	12,80	18,30
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	1,30	<lq	<lq	<lq	1,10	<lq	<lq	<lq	<lq	1,30	1,20	1,20	1,40	1,10	<lq	1,20	1,00	1,20	<lq	1,20	1,20	1,10	<lq	1,10
Naftalene	35	35	4,20	3,80	1,50	3,70	3,80	2,50	<lq	3,30	2,10	3,90	4,10	4,10	4,40	3,50	2,70	2,90	3,50	4,60	3,00	4,00	3,90	3,60	5,00	3,40
Pirene	153	153	3,80	3,30	1,20	3,50	3,50	2,20	<lq	3,40	1,40	3,70	3,50	3,30	3,40	3,10	1,40	2,60	3,00	4,00	2,10	3,70	3,70	3,20	5,30	4,30
TOTALE	900	900	71,10	71,40	19,90	63,90	65,30	35,30	6,50	55,50	27,80	68,80	69,40	76,20	66,20	51,70	30,60	49,50	46,20	71,20	41,20	68,30	67,60	61,50	64,10	73,80

Tab. 3-VIII - Continuo.

DM 173/2016	LCB/PP	10° Post Lavori																								
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Acenafte	7	<lq	<lq	1,20	1,00	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq		
Acenafte		<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		
Benzo (a) antracene	75	75	1,70	1,70	1,80	1,60	1,40	<lq	2,00	3,00	1,50	1,80	1,70	1,60	1,80	1,60	1,20	1,10	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70	1,50	1,60	2,10
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,10	2,20	2,30	2,10	1,90	<lq	2,80	3,50	2,00	2,40	2,10	2,20	2,40	2,10	1,60	1,30	2,10	2,00	2,20	2,30	2,20	1,90	2,10	2,70
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	11,90	12,60	11,90	11,90	11,60	2,80	13,10	12,50	11,50	12,50	12,80	11,80	12,50	10,20	9,20	8,20	10,90	10,80	12,90	12,00	11,80	11,70	11,20	13,90
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	7,00	7,60	7,00	6,80	6,20	<lq	7,90	7,30	6,90	7,70	6,90	6,90	7,30	6,00	5,10	4,70	5,90	6,20	6,40	6,70	6,00	6,30	6,10	7,90
Benzo (k) fluorantene	20		4,10	4,40	4,20	4,20	4,10	<lq	4,70	4,60	4,00	4,40	4,50	4,20	4,40	3,60	3,20	2,70	3,80	3,80	4,60	4,30	4,20	4,00	4,00	5,00
Crisene	108	108	2,20	2,30	2,20	1,90	1,70	<lq	2,30	3,20	2,00	2,30	2,20	2,10	2,30	1,90	1,80	1,20	1,90	2,00	2,20	2,20	2,10	2,00	2,10	2,50
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,20	1,30	1,50	1,20	1,10	<lq	1,70	1,40	1,10	1,40	1,20	1,30	1,40	1,10	0,90	0,70	1,10	1,10	1,50	1,30	1,20	1,10	1,20	1,50
Fenanthrene	87	87	3,50	3,60	3,80	3,60	3,20	1,60	3,30	5,00	3,50	3,60	3,40	3,50	4,10	3,80	5,10	2,30	3,10	3,70	3,70	3,50	3,30	2,80	2,90	4,20
Fluorantene	110	113	3,00	3,10	3,60	2,70	2,50	<lq	3,10	5,80	2,70	3,50	2,70	3,10	3,70	3,20	3,40	2,20	2,90	3,10	2,80	3,10	3,00	2,40	3,00	3,80
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)*	12,90	14,20	12,70	12,40	11,90	2,90	14,00	13,40	12,30	14,30	13,20	13,00	14,00	11,20	9,70	7,90	11,40	11,90	12,50	12,70	12,60	12,10	11,70	14,70
Naftalene	35	35	1,20	1,30	2,10	1,80	1,60	<lq	1,40	1,20	1,70	1,30	1,30	1,50	2,30	1,70	1,40	1,40	1,50	2,60	1,70	2,20	2,10	1,70	1,40	2,30
Pirene	153	153	2,70	2,70	3,30	2,50	2,50	<lq	3,40	5,10	2,40	2,90	2,40	2,90	3,30	2,90	2,90	2,20	2,70	2,70	2,50	2,70	2,80	2,00	2,60	3,50
TOTALE	900	900	53,40	57,10	57,60	53,60	49,70	7,30	59,70	65,90	51,50	58,10	54,50	54,00	59,40	49,30	45,40	37,30	48,80	51,40	54,60	54,60	53,10	49,70	49,90	64,00

DM 173/2016	LCB/PP	11° Post Lavori (Inverno 2021, survey di recupero per l'inverno 2020 non eseguito)																								
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Acenafte	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	
Acenafte		<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													
Benzo (a) antracene	75	75	1,80	1,80	1,80	1,50	1,40	<lq	<lq	2,10	1,70	1,80	1,90	1,80	1,70	<lq	1,40	1,40	1,80	1,70	2,00	2,10	1,80	1,80	1,90	2,40
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,30	2,30	2,40	2,00	2,00	<lq	<lq	2,50	2,20	2,40	2,40	2,20	2,20	<lq	1,90	1,80	2,40	2,20	2,50	2,70	2,20	2,40	2,40	3,00
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	13,30	13,00	12,60	11,10	11,90	4,00	3,60	13,70	12,90	14,10	14,00	14,60	12,70	<lq	11,90	11,50	13,20	13,50	15,10	15,40	14,10	15,50	14,70	17,50
Benzo (g, h, i) perilene	55	(55)*	6,50	5,90	5,80	5,30	5,40	1,90	1,50	5,70	5,30	5,80	5,80	5,80	5,40	<lq	4,90	4,70	5,20	5,10	5,70	5,90	5,20	5,90	5,50	6,80
Benzo (k) fluorantene	20		4,10	4,00	3,90	3,60	3,70	1,10	1,00	4,40	4,10	4,50	4,50	4,60	4,10	<lq	3,70	3,60	4,10	4,20	4,80	4,90	4,40	5,00	4,70	5,60
Crisene	108	108	2,30	2,20	2,10	1,80	1,70	<lq	<lq	2,50	2,10	2,30	2,40	2,30	2,20	<lq	1,70	1,70	2,20	2,30	2,60	2,70	2,40	2,30	2,50	2,90
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,30	1,20	1,30	1,10	1,10	<lq	<lq	1,20	1,10	1,20	1,10	1,20	1,20	<lq	1,00	1,10	1,10	1,10	1,20	1,30	1,20	1,30	1,20	1,40
Fenanthrene	87	87	3,70	3,70	3,60	3,00	3,00	1,80	1,50	4,20	3,60	4,10	4,00	4,10	3,90	<lq	3,50	3,50	3,50	4,00	3,90	4,50	4,00	3,70	4,30	4,80
Fluorantene	110	113	3,20	3,50	3,60	2,90	2,60	1,20	1,00	4,30	3,30	3,70	3,90	3,60	3,50	<lq	2,70	2,70	3,60	3,70	3,90	4,30	3,70	3,30	3,30	4,60
Fluorene	21	21	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	1,00												
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	11,40	9,80	10,00	8,70	9,00	2,90	2,40	9,50	9,80	10,20	10,10	10,70	9,30	<lq	8,50	8,00	9,20	9,30	10,10	10,60	9,70	10,60	10,20	12,00
Naftalene	35	35	1,70	2,10	2,40	1,40	1,50	1,00	1,10	2,80	2,20	2,60	2,20	3,30	2,50	<lq	1,90	2,10	2,20	3,20	2,60	2,90	3,00	2,10	2,90	2,60
Pirene	153	153	2,90	3,30	3,40	2,80	2,90	1,00	<lq	3,80	3,00	3,40	3,40	3,10	3,20	<lq	2,70	2,60	3,40	3,30	3,50	3,80	3,20	3,30	2,90	4,10
TOTALE	900	900	54,50	52,80	52,80	45,00	46,20	14,70	12,20	56,60	51,30	56,10	55,80	57,30	51,90	0,00	48,30	47,90	51,90	53,60	58,00	61,20	54,80	57,30	56,60	68,80

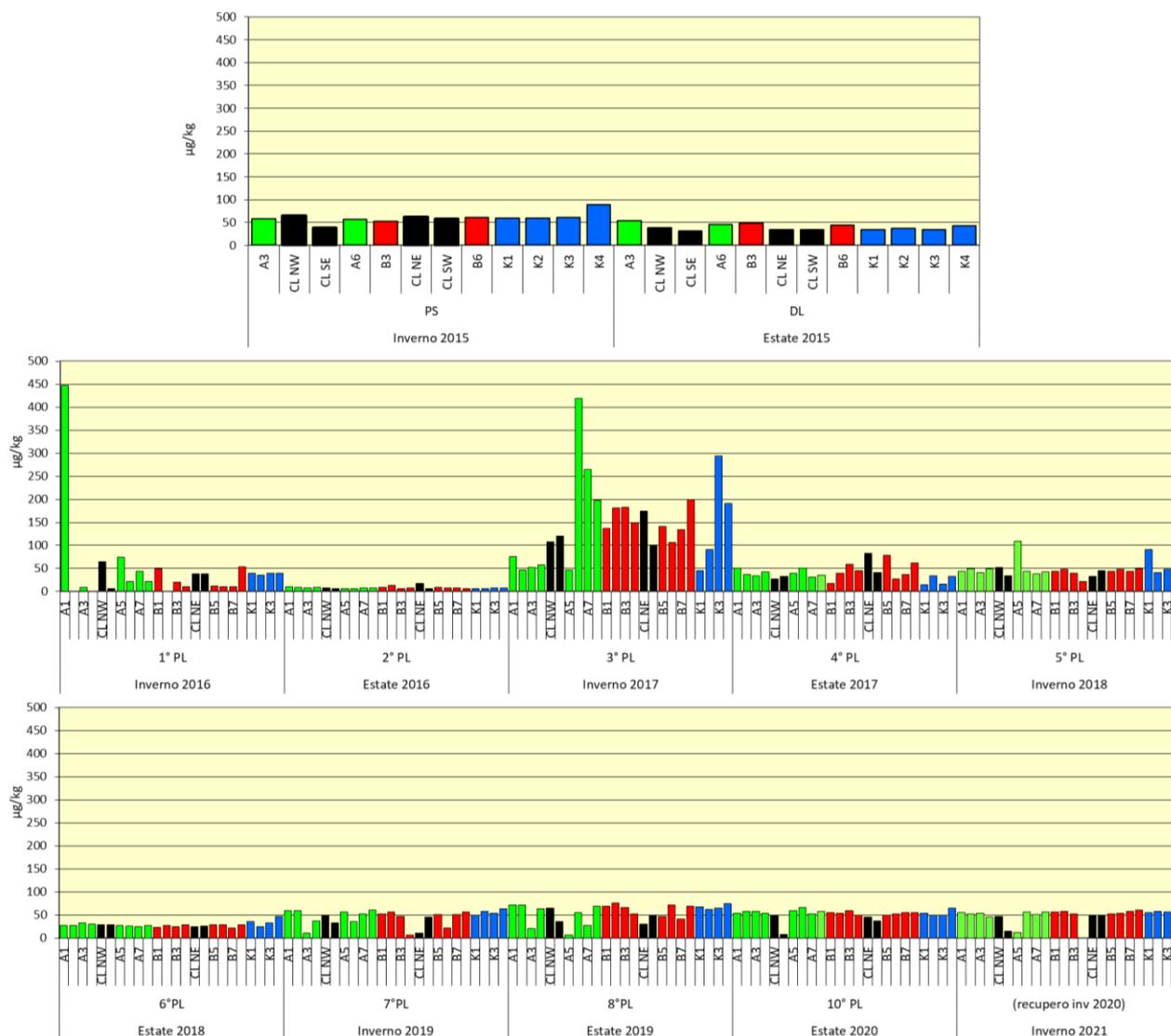


Fig. 3.31 - Idrocarburi Policiclici aromatici rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri ($C < 12$) sono risultate in tutti i monitoraggi al di sotto del limite di quantificazione ovunque.

Gli idrocarburi pesanti ($C > 12$; Tab. 3-IX; fig. 3.32), invece, hanno mostrato i tenori maggiori nel pre-survey, quando comunque le concentrazioni erano apparse molto diverse da sito a sito, variando da valori inferiori al limite di quantificazione (CL SE) fino al picco registrato in A3 (358,3 mg/kg), pari a quasi 10 volte la media dei controlli. Valori più bassi, ma del medesimo ordine di grandezza, erano stati rilevati negli altri siti a 60 m dalla

futura piattaforma. Nelle stazioni CL invece i tenori (tranne la già citata CL SE) erano di un ordine di grandezza inferiori e in linea con i controlli.

Durante i lavori di installazione erano stati rilevati comportamenti diversi tra i siti. Al di là delle variazioni, però, le concentrazioni erano omogenee entro 60 m dalla struttura e ai controlli. L'unico valore sensibilmente maggiore rispetto ai riferimenti era stato registrato in CL NW (95,3 mg/kg) essendo circa doppio rispetto alla media dei siti K (44,3±5,55 mg/kg). In quel survey, nel complesso, gli incrementi maggiori erano stati osservati presso la struttura, facendo presupporre l'inizio di un fenomeno di accumulo di questi contaminanti dovuto alla sua presenza. I dati del survey successivo (1° post lavori) avevano smentito tale ipotesi, essendo tenori tutti al di sotto del limite di quantificazione.

Tab. 3-IX - Idrocarburi pesanti C>12 (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma. 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	21,5	<5	<5	<5	17,4	17,5	17,7	11,1
A2			<5	<5	23,8	<5	7,5	<5	17,0	14,7	17,6	14,2
A3	358,3	64,1	<5	12,8	13,6	7,4	8,2	12,0	16,8	17,9	16,4	13,2
A4			<5	8,4	12,4	6,8	13,9	<5	20,8	12,5	18,7	13,2
CL NW	26,6	95,3	<5	5,3	15,0	<5	11,1	24,0	18,8	14,8	22,7	25,6
CL SE	<5,0	47,1	<5	<5	12,6	9,2	77,9	13,0	34,5	17,4	19,0	9,8
A5			<5	<5	14,8	5,4	31,7	10,0	15,3	14,2	19,3	57,5
A6	253,2	37,8	<5	<5	13,9	5,6	9,9	<5	19,1	22,8	16,5	20,1
A7			<5	<5	14,7	10,9	6,4	9,0	13,3	15,5	16,6	13,7
A8			<5	<5	14,5	<5	10,9	6,0	13,9	15,2	12,9	14,7
B1			<5	<5	13,8	<5	12,1	10,0	14,7	11,9	15,2	14,4
B2			<5	9,9	11,1	<5	12,4	6,0	20,5	<5	17,8	15,6
B3	184,0	41,0	<5	6,9	12,2	43,8	16,7	<5	11,8	8,7	19,0	18,6
B4			<5	<5	10,3	19,5	12,6	<5	15,3	12,6	23,4	20,2
CL NE	13,6	36,5	<5	<5	15,2	18,6	16,2	22,0	7,0	11,1	42,7	20,8
CL SW	14,7	44,2	<5	6,6	16,9	11,4	49,4	13,0	11,4	14,9	45,4	18,5
B5			<5	11,2	10,7	10,7	7,3	<5	9,9	14,4	20,9	14,5
B6	224,9	39,8	<5	8,8	13,4	5,3	10,3	6,0	12,8	<5	17,3	21,3
B7			<5	5,1	13,8	5,7	13,1	7,0	11,2	10,6	14,8	17,3
B8			<5	<5	16,7	9,8	8,8	<5	11,7	10,2	16,2	14,6
K1	19,5	45,0	<5	<5	9,7	<5	11,3	6,0	14,3	10,6	18,0	16,9
K2	45,7	36,3	<5	7,5	11,5	<5	18,3	<5	14,7	9,3	14,6	15,8
K3	22,0	47,5	<5	9,5	12,3	<5	13,2	8,0	14,9	11,6	14,6	23,5
K4	65,1	48,5	<5	5,5	9,9	<5	13,6	9,0	20,6	12,6	16,7	23,6

Poco presenti nella campagna successiva (2° post lavori), nel 3° survey post lavori gli idrocarburi totali pesanti erano stati rilevati praticamente ovunque, senza tuttavia mostrare

anomalie positive.

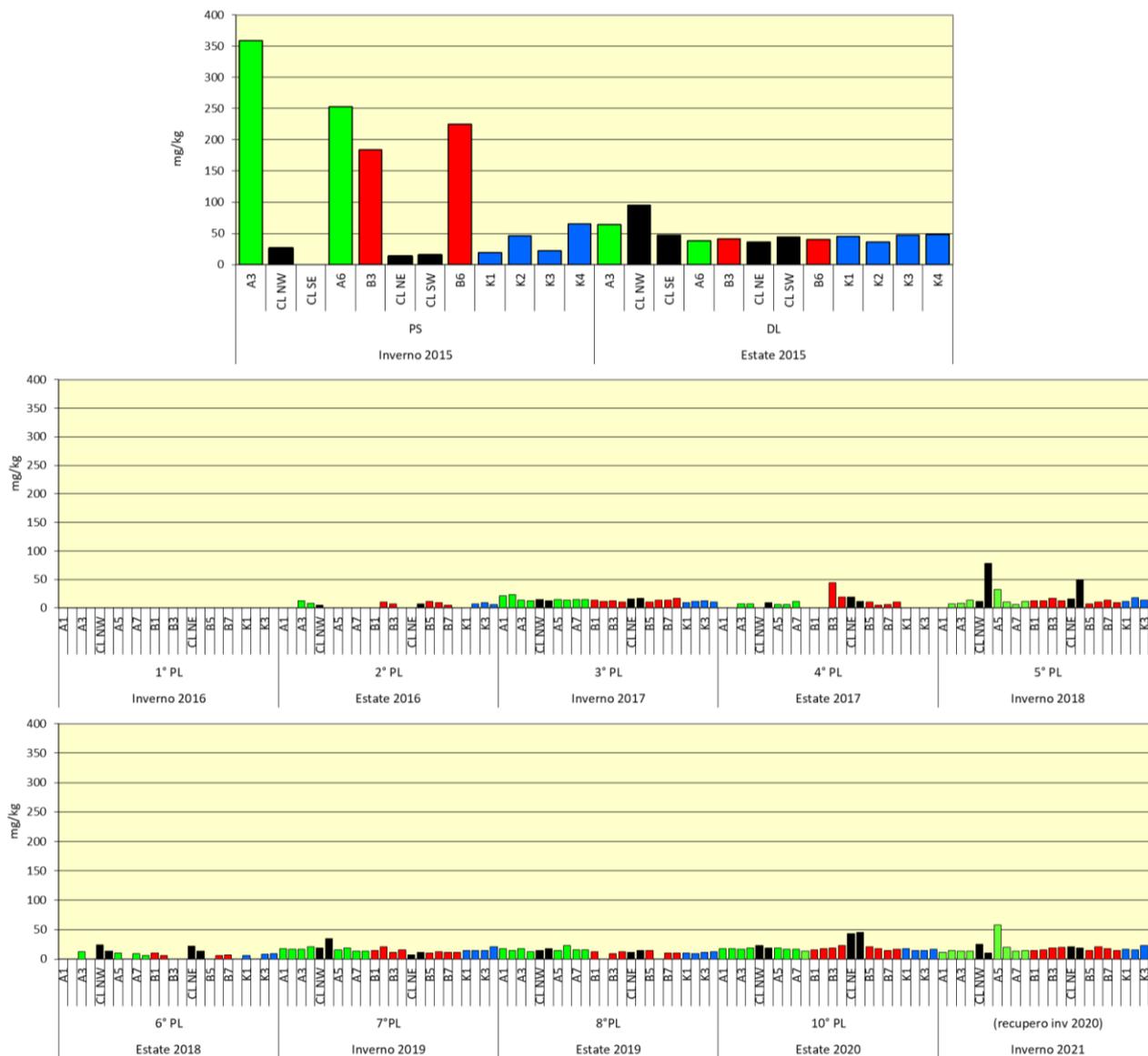


Fig. 3.32 - Idrocarburi pesanti (C>12) rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

Nel 4° e 5° monitoraggio post lavori i tenori erano rimasti diffusamente bassi e anche i picchi registrati (in B3 nel 4° post lavori e in CL SE e CL SW nel successivo) apparivano trascurabili rispetto a quanto rilevato nel pre-survey.

Nulla da segnalare nell'estate 2018 (6° post lavori) se non la scomparsa delle anomalie precedenti, mentre nell'inverno 2019 solo in corrispondenza di CL SE (34,52 mg/kg) si era

verificato un leggero incremento con il raggiungimento di una concentrazione (34,5 mg/kg) circa doppia rispetto alla media dei controlli (16,1±3,0 mg/kg) non confermata in estate.

In estate 2020 è avvenuto un aumento ovunque, più consistente in corrispondenza della piattaforma, dove la media (32,4±13,5 mg/kg) è risultata circa doppia rispetto a quella dei riferimenti (16,0±1,7 mg/kg) e dove si sono raggiunti i massimi stagionali in CL NE (42,7 mg/kg) e CL SW (45,4 mg/kg). Si trattava comunque di valori modesti in valore assoluto, inferiori ai picchi registrati nel 5° post lavori e di gran lunga più bassi dei massimi rilevati nell'area prima della posa della struttura.

Nell'inverno 2021 si è verificato un decremento dei valori presso la piattaforma, in particolare nelle stazioni CL SE (9,8 mg/kg), CL NE (20,8 mg/kg) e CL SW (18,5 mg/kg), e la media relativa ai siti CL (18,68±6,65 mg/kg) è risultata nuovamente confrontabile con quella dei riferimenti (9,96±4,18 mg/kg). Anche i tenori medi dei transetti (A: 19,73±15,50; B: 17,06±2,72 mg/kg) sono confrontabili con i siti K. Il picco stagionale registrato in A5 (57,5 mg/kg) non desta alcun allarme essendo isolato e notevolmente inferiore alle concentrazioni rilevate prima dell'installazione della piattaforma.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'intero periodo di osservazione 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 – L'area di studio è caratterizzata da modesti valori di alluminio che, durante il pre-survey, nei siti A, B e CL oscillavano nel medesimo intervallo dei controlli (2,50-3,09%), con una media complessiva pari a 2,83±0,25%.

Questo metallo ha conservato nel tempo valori bassi, tanto che in pochi casi ha esibito un incremento ≥10% rispetto alla media del pre-survey. Nei monitoraggi effettuati nelle stagioni estive del 2019 e del 2020 le concentrazioni erano risultate abbastanza variabili tra

i siti, ma comunque mediamente confrontabili tra transetti, piattaforma e controlli. Nell'inverno 2021 si è assistito a una maggiore omogeneità che ha reso le medie ancor più simili (A: $2,55 \pm 0,32$; B: $2,71 \pm 0,12$; CL: $2,48 \pm 0,0,34$; K: $2,80 \pm 0,35\%$) e le percentuali raggiunte sono risultate confrontabili o inferiori a quelle del pre-survey, confermando un andamento paragonabile alle campagne precedenti e l'assenza di contaminazione dell'area.

Arsenico – Durante il pre-survey l'arsenico rilevato entro un raggio di 60 m dalla futura piattaforma oscillava tra 9,31 mg/kg (CL NW) e 12,07 mg/kg (A3), risultando in linea con la media dei controlli ($10,68 \pm 1,06$ mg/kg). Durante la posa le variazioni erano state del tutto trascurabili. Nell'inverno 2016 (1° post lavori), invece, erano stati registrati comportamenti differenti tra i siti; comunque, in tutti i casi i tenori erano rimasti modesti superando sporadicamente, e soprattutto nei controlli, l'LCRN.

Tale variabilità di comportamenti si era riproposta anche nell'estate 2016. Le variazioni maggiori erano stati i decrementi in B6 e K2. Gli aumenti, per quanto modesti, avevano portato al superamento dell'LCRN in A1, A4 e A7, comunque troppo modesto per testimoniare uno stato di contaminazione dell'area.

Dal 3° al 5° survey post lavori i tenori erano confrontabili tra i siti, ma rispetto al pre-survey si rilevava un incremento quasi ovunque con il superamento dell'LCRN sia in molte stazioni dei transetti, sia in tutti i controlli, pattern pertanto indipendente dalla presenza della piattaforma.

Nell'estate 2018 (6° post lavori) era avvenuto un incremento generalizzato (eccetto presso la struttura), più accentuato lungo il transetto B, in A6 e nel controllo K2 dove veniva raggiunto il massimo assoluto dell'intero periodo di indagine (25,91 mg/kg).

Nell'inverno 2019 l'arsenico si è ridotto pur conservando, in quasi tutti i siti A e B, valori maggiori dell'LCRN analogamente ai controlli.

Nell'estate 2019 sono avvenute variazioni modeste. L'incremento maggiore è stato in CL NW, ma esso risultava del tutto confrontabile con quello avvenuto nel controllo K4. Solo in A5, A7, CL NE e CL SW non è stato superato l'LCRN. Mediamente è stata rilevata una notevole omogeneità tra i gruppi di stazioni.

Nell'estate 2020 i tenori sono risultati inferiori o paragonabili alla media dei controlli ($15,01 \pm 0,92$ mg/kg) eccetto in A2 dove è stato raggiunto il secondo tenore più elevato di tutto il periodo di osservazione (24,50 mg/kg). L'estrazione sequenziale del metallo

eseguita per questa stazione ha comunque evidenziato una predominanza della frazione non biodisponibile. In questo survey l'LCRN è stato superato quasi ovunque.

Nell'ultimo monitoraggio condotto in inverno 2021 le concentrazioni sono risultate paragonabili tra transetti, piattaforma e riferimenti (A: $10,79 \pm 1,56$; B: $12,10 \pm 1,27$; CL: $8,88 \pm 1,15$; K: $12,15 \pm 1,90$ mg/kg), superando in maniera modesta l'LCRN (massimo in B7: $14,35$ mg/kg), anche nei controlli. Esse sono inoltre ritornate in linea con quelle relative al pre-survey; pertanto, a fine periodo, non vi sono segnali di alterazione per questo metallo.

Bario – Prima della posa della piattaforma i tenori di bario erano bassi, con un picco in K3 pari a $189,22$ mg/kg. Complessivamente il contenuto di questo metallo è rimasto modesto, anche se non sono mancate anomalie positive descritte dettagliatamente qui di seguito.

Durante le attività di posa della piattaforma le concentrazioni rilevate in CL NW e CL SE ($247,11$ mg/kg e $156,73$ mg/kg) erano pari rispettivamente a 2,8 e a 1,7 volte la media dei riferimenti. Nel 1° survey post lavori di installazione, però, il bario aveva esibito un evidente decremento in queste stazioni, anche se in CL NW permaneva un tenore più elevato rispetto al pre-survey e comunque doppio rispetto alla media dei controlli. In CL NE e CL SW il bario era solo trascurabilmente più elevato rispetto alla pre-posa. Analogamente a queste due stazioni anche i siti A e B esibivano complessivamente tenori inferiori o paragonabili ai controlli. Le eccezioni riguardavano A4 e A5 dove il metallo era risultato pari, rispettivamente a 5 e 4 volte la media dei controlli. Di minore entità era l'anomalia osservata in A2 (concentrazione doppia rispetto alla media dei riferimenti).

Nell'estate 2016 (2° post lavori) erano state evidenziate le alterazioni in A5 e B5 (tenori più che doppi rispetto alla media dei siti K). Inoltre, rispetto al pre-survey le concentrazioni rilevate in CL NW, CL SE e B3 erano circa doppie.

Nel 3° post lavori (inverno 2017) era stata osservata una tendenza all'aumento del bario presso la piattaforma e a breve distanza da essa, in particolare in A4 dove era stato raggiunto un picco (324 mg/kg) pari a circa 4 volte la media dei riferimenti ($85,36 \pm 48,30$ mg/kg). Rispetto al pre-survey i tenori nell'area prossima alla struttura erano più elevati, fatto imputato alla presenza della piattaforma. Tale considerazione era stata confermata dai dati del 4° post lavori, quando la stazione A4, caratterizzata nelle campagne precedenti da picchi di bario molto consistenti, esibiva valori sensibilmente più contenuti (di 2-3 grandezze inferiori).

Il 5° survey post lavori è stato l'unico in cui il bario ha presentato un deciso incremento

presso Clara NW (con l'unica eccezione della stazione CL NE risultata in linea con i controlli). Le concentrazioni raggiunte in CL NW, CL SE e CL SW risultavano pari, nell'ordine, a 4,7, a 35,4 e a 28,1 volte la media dei riferimenti, indicando una chiara influenza della piattaforma su questo elemento. La situazione è apparsa normalizzata nell'estate 2018 (6° post lavori) quando i valori (tranne A4, tenore comunque modesto) apparivano in linea con il pre-survey. Nell'inverno 2019 erano state segnalate le concentrazioni rilevate presso CL SE in inverno (229,34 mg/kg), con una lieve preponderanza della frazione biodisponibile, e in A4 in estate (182,60 mg/kg; soprattutto nelle forme non biodisponibili). Nell'estate 2019 la maggior parte dei tenori è risultata inferiore ai corrispondenti rilevati nel pre-survey, anche in due siti della piattaforma (CL SE e CL NE) suggerendo, come ipotizzato precedentemente, un ritorno alle condizioni di pre-installazione. Nell'estate 2020 non sono state rilevate concentrazioni degne di nota eccetto i picchi in CL SW (797,77 mg/kg) e in minor misura in CL NW (126,98 mg/kg), superiori rispettivamente di 11,6 volte e 1,8 volte, la media dei riferimenti K ($68,70 \pm 36,35$ mg/kg). Per CL SW è stata eseguita l'estrazione sequenziale, la quale ha evidenziato una predominanza della frazione non biodisponibile. Infine, nell'inverno 2021 è stato confermato l'andamento del survey precedente, con picchi in CL NW (463,86 mg/kg) e CL SW (361,79 mg/kg) pari rispettivamente a 5 e 4 volte la media dei riferimenti (K: $89,73 \pm 48,24$ mg/kg) confermando l'effetto della piattaforma su questo metallo. Per questi due siti è stata eseguita l'estrazione sequenziale riportata nel Cap. 3.3.4.1.

Cadmio – Il contenuto di cadmio è sempre risultato molto basso sin dal pre-survey, quando i tenori più elevati erano stati registrati nell'area destinata ad accogliere Clara NW. Inoltre, i valori sono sempre stati molto al di sotto dell'LCRN.

Sono state rilevate solo due anomalie (comunque inferiori all'LCRN), di cui la prima in B5 (0,21 mg/kg) nel 2° post lavori e la seconda in B6 nell'estate 2019 (0,22 mg/kg). Nell'inverno 2021 i valori sono risultati omogenei e molto modesti: basti considerare che il massimo (0,062 mg/kg) registrato in A4 e CL NW corrisponde a 1/5 dell'LCRN.

Cromo – Le concentrazioni di cromo rilevate nel pre-survey entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano tra 69,18 mg/kg (CL NE) e 82,58 mg/kg (B6), con una media in linea con quella dei controlli ($75,19 \pm 4,24$ mg/kg). Tutti i valori erano però maggiori dell'LCRN.

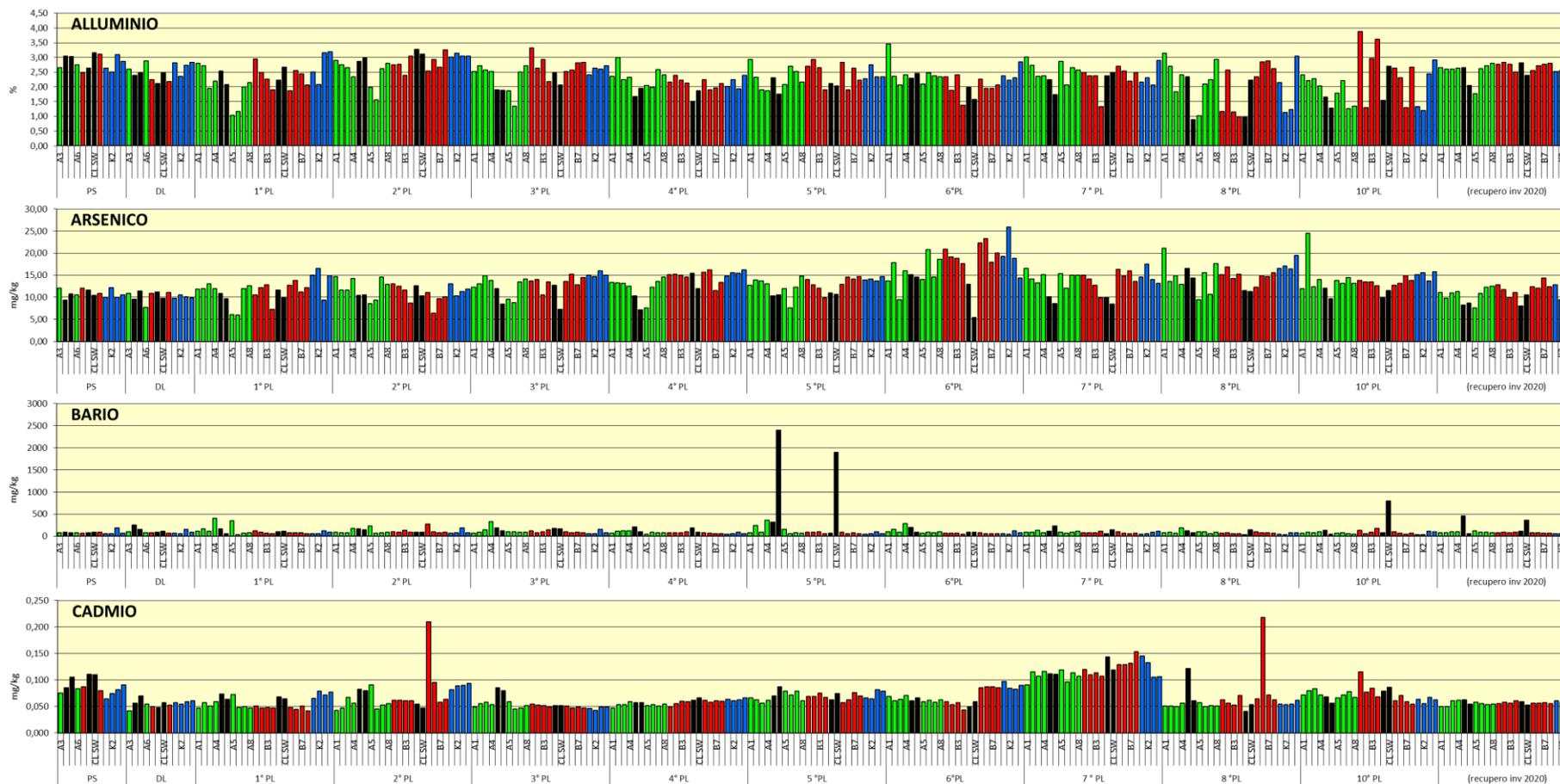


Fig. 3.33 - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni corrispondenti a Clara NW. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori. Si ricorda che nell'inverno 2020 non si hanno dati a causa del lockdown determinato dalla pandemia da COVID-19.

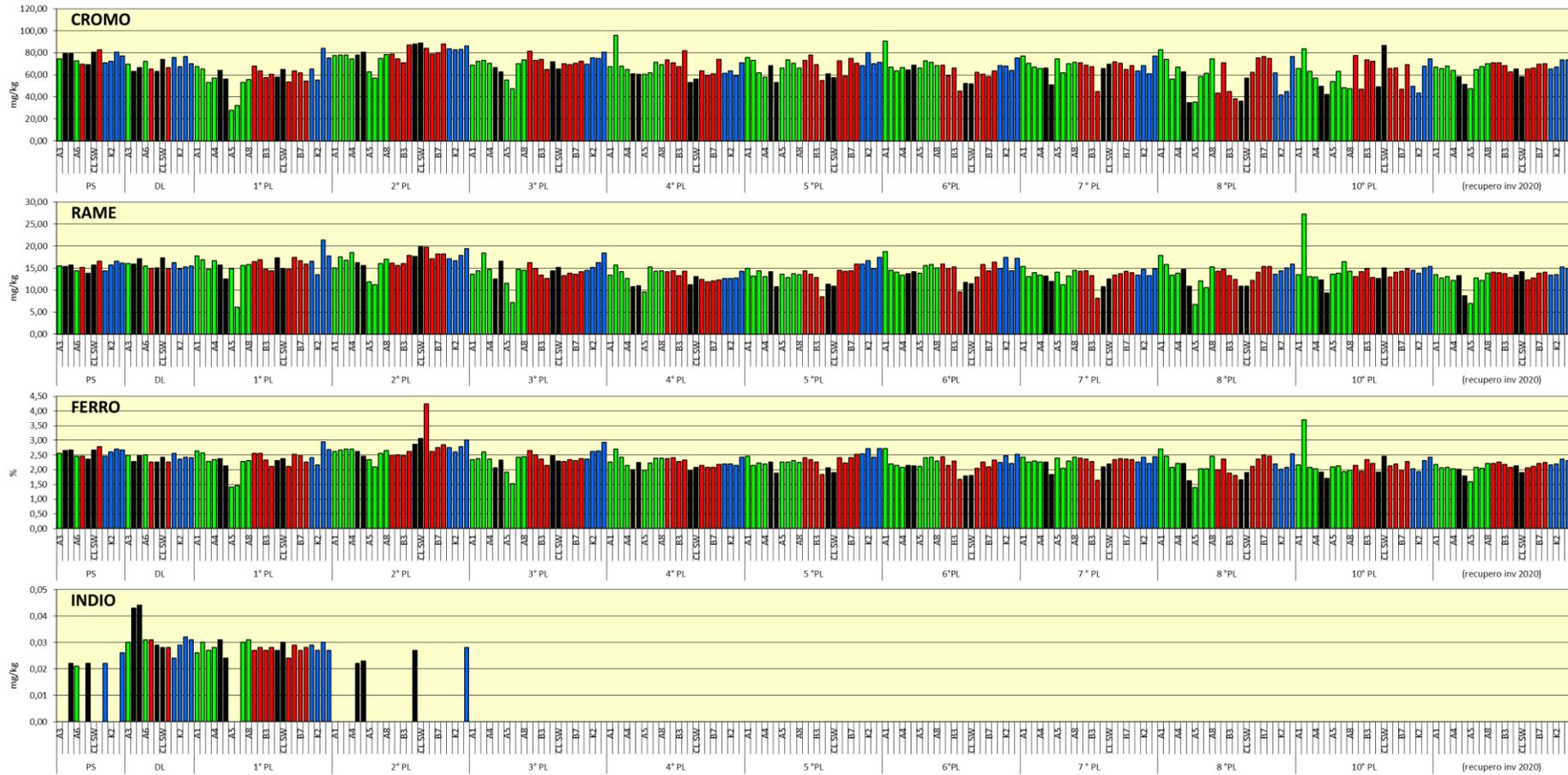


Fig. 3.33 - Continuo.

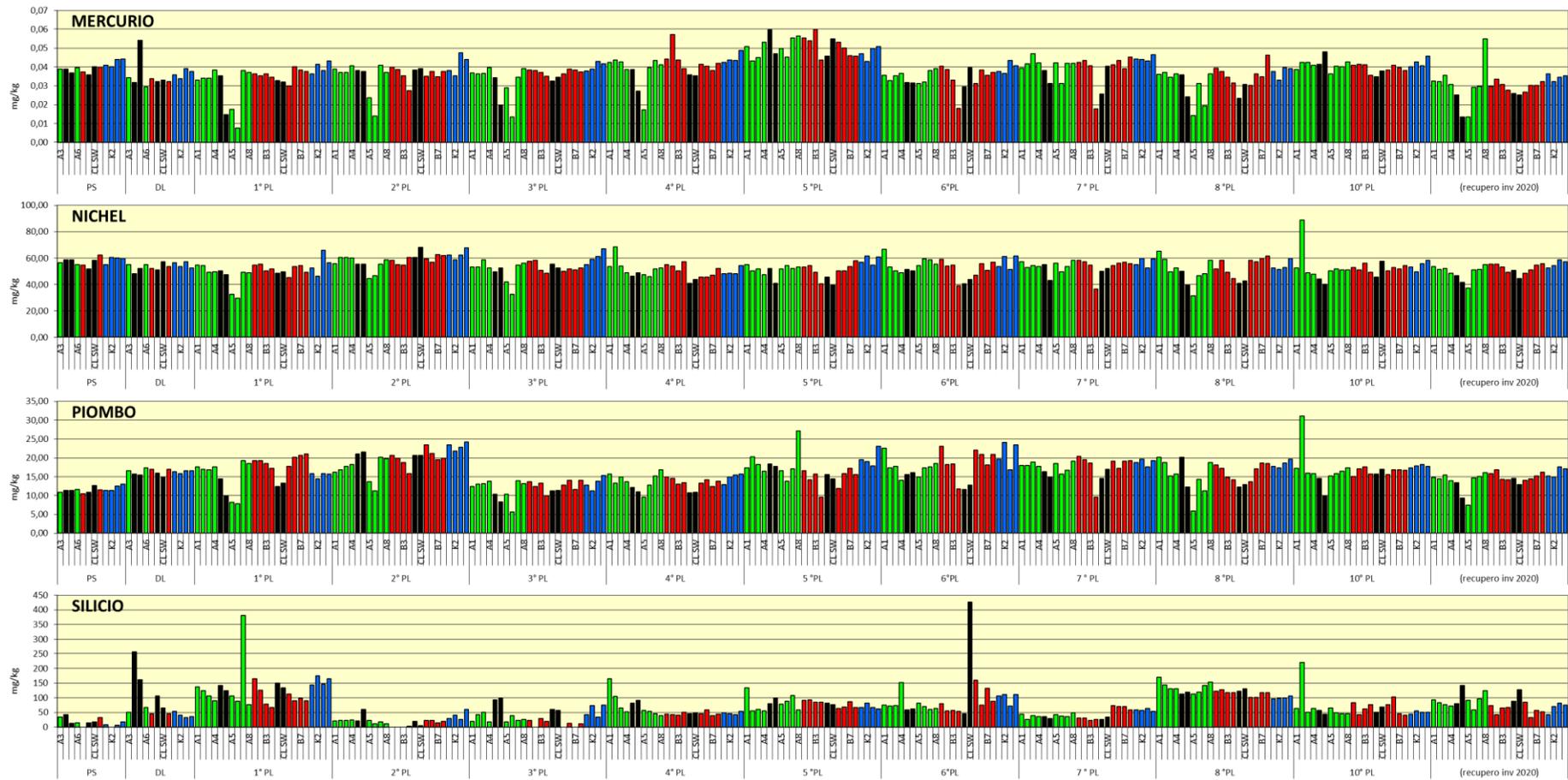


Fig. 3.33 - Continuo.

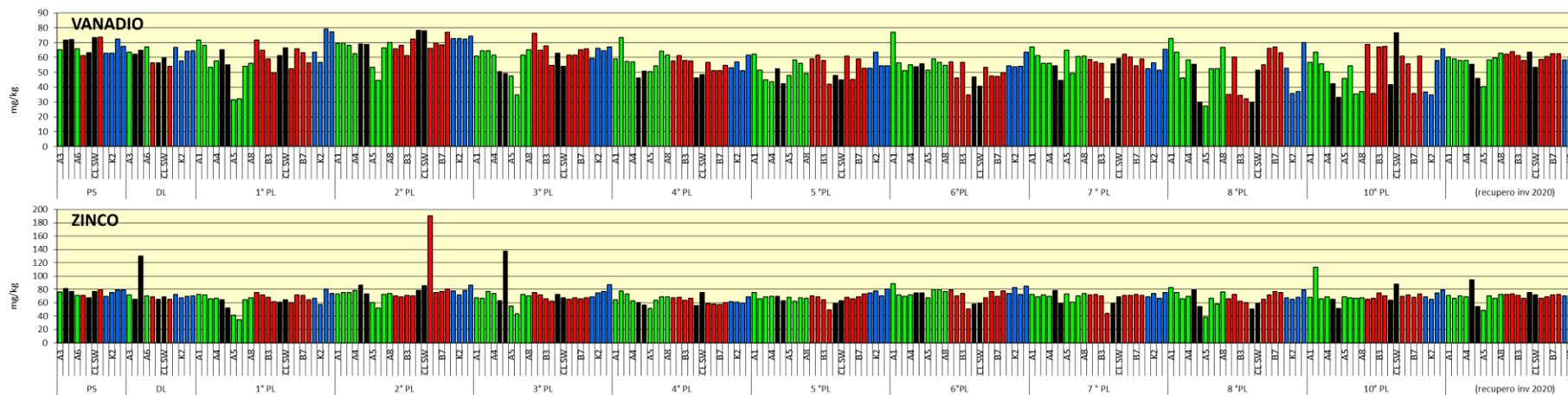


Fig. 3.33 - Continuo.

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 Clara NW. I superamenti dell'LCRN (DM 173/2016) sono evidenziati in grassetto. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori. Si ricorda che non si dispone di dati per l'inverno 2020 (9° PL) a causa del lockdown determinata dalla pandemia da COVID-19 e che il survey è stato ripetuto nell'inverno 2021 (11° PL).

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

Tab. 3-X - Continuo.

	Bario											Cadmio												
	-											LCRN = 0,3 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			110,94	85,78	66,39	66,97	78,66	97,46	90,02	81,06	66,61	75,95			0,047	0,043	0,049	0,047	0,066	0,069	0,091	0,051	0,072	0,050
A2			160,84	78,3	89,21	107,24	243,39	154,58	83,70	83,62	83,27	73,47			0,057	0,047	0,055	0,053	0,062	0,061	0,116	0,051	0,080	0,050
A3	78,69	94,87	113,28	79,08	142,59	124,55	91,37	83,81	133,49	65,97	73,41	102,73	0,075	0,042	0,050	0,067	0,059	0,054	0,056	0,064	0,108	0,050	0,083	0,061
A4			406,14	171,2	324,34	118,14	365,98	282,47	73,83	182,60	93,43	95,25			0,059	0,056	0,053	0,059	0,062	0,071	0,116	0,056	0,071	0,062
CL NW	83,41	247,11	166,51	159,03	185,25	209,7	315,97	195,90	105,91	118,63	126,98	463,86	0,086	0,056	0,073	0,083	0,085	0,057	0,070	0,060	0,111	0,122	0,068	0,062
CL SE	80,09	156,73	50,39	142,76	117,54	100,14	2399,42	85,73	229,94	72,95	45,34	57,92	0,105	0,070	0,063	0,080	0,080	0,057	0,087	0,067	0,111	0,061	0,056	0,054
A5			346,25	227,62	103,8	41,71	152,62	61,84	92,65	101,77	66,25	119,69			0,072	0,091	0,059	0,051	0,079	0,059	0,119	0,057	0,066	0,058
A6	75,59	79,58	38,6	61,84	97,6	92,01	53,71	91,91	61,41	101,99	72,15	83,53	0,084	0,054	0,048	0,045	0,045	0,053	0,072	0,062	0,096	0,050	0,072	0,056
A7			65,79	78,16	89,34	82,22	74,44	81,08	90,28	51,99	56,22	83,98			0,050	0,052	0,047	0,051	0,079	0,058	0,114	0,051	0,078	0,054
A8			74,69	86,84	85,23	75,1	68,61	93,74	104,54	88,26	44,51	79,84			0,047	0,056	0,051	0,054	0,061	0,063	0,107	0,051	0,067	0,054
B1			116,89	95,89	116,21	75,92	83,03	70,32	79,65	64,62	129,58	79,59			0,051	0,062	0,055	0,049	0,069	0,059	0,120	0,062	0,115	0,056
B2			83,9	89,7	81,11	75,92	85,01	62,45	71,62	72,99	57,49	84,12			0,047	0,062	0,053	0,055	0,069	0,054	0,110	0,056	0,077	0,058
B3	66,97	73,93	69,82	127,82	94,3	78,79	94,09	69,74	78,82	51,55	88,78	76,52	0,087	0,050	0,048	0,061	0,052	0,060	0,075	0,057	0,114	0,053	0,084	0,057
B4			52,71	83,58	144,86	96,14	53,94	45,84	109,25	51,91	169,82	82,77			0,047	0,061	0,049	0,059	0,067	0,043	0,107	0,071	0,068	0,061
CL NE	80,48	89,16	101,36	90,06	179,43	185,35	71,45	93,06	54,72	34,59	82,25	105,69	0,111	0,048	0,068	0,055	0,052	0,062	0,063	0,049	0,143	0,040	0,079	0,059
CL SW	87,58	106,43	107,79	82,7	165,16	83,38	1899,24	92,22	140,89	141,45	797,77	361,79	0,110	0,057	0,064	0,048	0,052	0,066	0,075	0,059	0,119	0,054	0,086	0,053
B5			80,45	268,19	95,03	74,11	83,25	73,51	103,61	100,45	100,40	79,16			0,048	0,210	0,051	0,062	0,058	0,085	0,129	0,065	0,061	0,056
B6	83,69	64,28	74,22	94,85	76,28	63,18	56,96	59,48	68,44	77,73	67,79	77,42	0,080	0,053	0,044	0,096	0,047	0,058	0,063	0,087	0,129	0,218	0,071	0,056
B7			72,76	73,7	82,74	50,63	72,66	51,92	59,56	77,79	43,31	70,90			0,051	0,058	0,049	0,061	0,076	0,088	0,132	0,072	0,059	0,057
B8			54,52	92,53	73,55	58,58	57,69	54,48	61,41	64,01	68,26	68,62			0,042	0,063	0,047	0,060	0,070	0,085	0,153	0,062	0,054	0,056
K1	59,99	67,29	60,02	68,95	52,99	46,44	48,49	50,81	47,34	49,70	38,71	55,70	0,065	0,057	0,065	0,081	0,046	0,064	0,067	0,097	0,145	0,055	0,064	0,061
K2	53,08	50,52	49,9	76,49	56,51	50,88	58,19	49,27	51,43	31,41	36,28	59,59	0,075	0,054	0,079	0,089	0,043	0,061	0,065	0,085	0,132	0,054	0,055	0,058
K3	189,22	157,72	120,06	187,17	156,24	82,93	103,85	116,50	83,79	79,31	105,66	159,61	0,082	0,059	0,071	0,09	0,049	0,063	0,082	0,083	0,106	0,054	0,067	0,052
K4	68,47	83,69	88,74	78,19	75,7	59,75	59,48	75,61	110,79	81,99	94,13	84,03	0,091	0,061	0,077	0,093	0,049	0,067	0,079	0,090	0,106	0,062	0,063	0,052

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

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			2,64	2,62	2,35	2,26	2,46	2,72	2,42	2,71	2,16	2,18			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A2			2,57	2,68	2,38	2,71	2,15	2,20	2,27	2,46	3,71	2,07			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A3	2,55	2,50	2,28	2,71	2,60	2,43	2,23	2,14	2,29	2,09	2,09	2,09	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A4			2,34	2,71	2,35	2,14	2,20	2,08	2,26	2,22	2,03	2,04			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL NW	2,66	2,28	2,37	2,62	2,06	2,00	2,27	2,15	2,27	2,21	1,92	2,02	<0,02	0,04	0,03	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL SE	2,68	2,49	2,12	2,45	2,33	2,24	1,89	2,14	1,84	1,62	1,71	1,79	<0,02	0,04	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A5			1,41	2,35	1,92	1,99	2,27	2,12	2,39	1,39	2,10	1,60			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A6	2,45	2,50	1,46	2,09	1,52	2,22	2,26	2,40	2,05	2,04	2,13	2,08	<0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A7			2,28	2,56	2,42	2,39	2,32	2,43	2,29	2,03	1,94	2,05			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A8			2,32	2,65	2,44	2,39	2,24	2,29	2,42	2,47	1,98	2,22			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B1			2,56	2,49	2,65	2,37	2,41	2,44	2,39	2,00	2,15	2,21			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B2			2,55	2,51	2,51	2,41	2,35	2,14	2,36	2,36	1,96	2,27			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B3	2,47	2,26	2,32	2,47	2,36	2,28	2,27	2,30	2,28	1,89	2,35	2,19	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B4			2,12	2,62	2,15	2,32	1,84	1,67	1,64	1,80	2,22	2,08			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL NE	2,37	2,26	2,3	2,86	2,47	1,97	2,07	1,79	2,10	1,65	1,92	2,13	<0,02	0,03	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL SW	2,67	2,43	2,37	3,06	2,30	2,09	1,91	1,80	2,20	1,90	2,45	1,91	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B5			2,11	4,24	2,27	2,15	2,40	2,04	2,34	2,11	2,14	2,07			0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B6	2,79	2,26	2,53	2,63	2,35	2,08	2,24	2,26	2,38	2,35	2,20	2,12	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B7			2,49	2,76	2,31	2,09	2,42	2,10	2,36	2,51	1,98	2,21			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B8			2,26	2,85	2,37	2,18	2,53	2,33	2,35	2,46	2,27	2,25			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K1	2,45	2,55	2,41	2,75	2,36	2,19	2,54	2,25	2,26	2,20	2,04	2,16	<0,02	0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K2	2,61	2,36	2,16	2,61	2,62	2,19	2,72	2,47	2,42	2,02	1,94	2,20	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K3	2,70	2,43	2,95	2,79	2,63	2,15	2,43	2,21	2,21	2,09	2,31	2,35	<0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K4	2,67	2,41	2,69	3,01	2,93	2,43	2,72	2,53	2,44	2,54	2,43	2,31	<0,02	0,03	0,03	0,03	< 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			0,033	0,039	0,037	0,042	0,051	0,036	0,039	0,036	0,039	0,033			54,70	55,93	53,08	53,66	54,97	66,51	57,28	65,25	52,47	53,59
A2			0,034	0,037	0,036	0,044	0,043	0,033	0,042	0,037	0,042	0,032			54,31	60,63	53,04	68,50	50,24	53,12	52,86	59,19	89,01	51,28
A3	0,039	0,034	0,034	0,037	0,037	0,043	0,045	0,035	0,047	0,035	0,042	0,036	56,48	54,98	49,13	60,47	58,52	53,96	51,81	50,37	54,41	49,46	48,91	52,29
A4			0,038	0,041	0,04	0,039	0,053	0,037	0,042	0,036	0,041	0,031			49,43	60,01	52,59	48,91	47,48	49,01	53,53	52,38	47,80	48,58
CL NW	0,039	0,032	0,035	0,038	0,034	0,039	0,060	0,032	0,038	0,036	0,041	0,025	58,81	48,11	50,42	55,35	49,45	46,47	52,17	51,40	55,10	49,93	44,21	46,84
CL SE	0,037	0,054	0,015	0,038	0,020	0,027	0,047	0,031	0,031	0,024	0,048	0,013	58,73	52,30	47,30	55,31	52,32	48,70	40,93	50,40	43,06	39,80	40,22	41,51
A5			0,018	0,024	0,029	0,017	0,050	0,031	0,042	0,014	0,036	0,014			32,58	44,51	42,00	47,57	51,88	54,18	56,23	31,33	50,42	37,12
A6	0,040	0,029	0,008	0,014	0,013	0,040	0,045	0,032	0,031	0,031	0,041	0,029	55,18	55,16	29,54	46,77	32,65	45,98	54,20	59,40	49,52	46,52	51,62	51,06
A7			0,038	0,041	0,035	0,044	0,056	0,038	0,042	0,019	0,040	0,030			49,30	55,40	54,57	51,89	52,13	58,63	53,65	48,07	50,90	51,22
A8			0,037	0,037	0,039	0,041	0,057	0,039	0,042	0,036	0,043	0,055			48,93	58,84	55,96	52,36	53,16	55,38	58,32	58,13	51,10	54,92
B1			0,036	0,040	0,038	0,044	0,055	0,040	0,043	0,039	0,041	0,030			54,54	58,19	57,49	54,91	53,36	59,17	58,34	51,78	52,76	55,28
B2			0,035	0,039	0,038	0,057	0,054	0,039	0,043	0,038	0,041	0,033			55,47	55,22	58,33	53,77	54,19	53,86	57,05	58,21	50,87	55,56
B3	0,037	0,034	0,036	0,035	0,037	0,044	0,060	0,033	0,041	0,035	0,041	0,031	54,58	52,23	50,44	54,85	50,85	50,17	49,04	54,82	54,74	49,07	56,03	53,21
B4			0,035	0,027	0,035	0,039	0,044	0,018	0,018	0,032	0,036	0,028			51,74	60,33	48,51	57,34	40,36	39,04	36,59	44,53	49,21	49,36
CL NE	0,036	0,032	0,033	0,038	0,033	0,036	0,046	0,030	0,026	0,023	0,035	0,026	51,66	50,94	48,40	60,51	55,58	40,91	45,60	40,40	49,94	40,71	45,43	50,55
CL SW	0,040	0,033	0,032	0,039	0,035	0,035	0,055	0,040	0,040	0,031	0,038	0,025	58,38	57,37	49,44	68,10	52,45	43,67	39,29	43,89	52,06	42,58	57,51	44,63
B5			0,030	0,035	0,036	0,042	0,053	0,031	0,041	0,030	0,038	0,027			45,06	59,28	49,98	45,67	50,38	47,19	54,24	58,33	50,14	48,60
B6	0,040	0,032	0,040	0,038	0,039	0,040	0,050	0,038	0,043	0,036	0,041	0,030	62,37	53,51	53,57	56,81	51,65	45,53	50,43	55,63	56,27	57,35	52,99	50,91
B7			0,038	0,035	0,038	0,038	0,046	0,036	0,039	0,035	0,040	0,030			54,42	62,67	51,02	47,15	53,61	50,59	56,82	59,78	51,71	54,64
B8			0,038	0,038	0,037	0,042	0,046	0,037	0,045	0,046	0,038	0,032			49,09	62,12	52,64	52,28	58,06	56,75	55,88	61,59	54,19	55,78
K1	0,041	0,036	0,036	0,038	0,038	0,043	0,047	0,038	0,044	0,038	0,040	0,036	55,01	56,63	52,48	62,49	54,97	48,03	56,71	53,62	54,86	52,59	53,20	52,60
K2	0,040	0,034	0,041	0,035	0,039	0,044	0,043	0,037	0,044	0,033	0,043	0,032	60,42	53,73	46,32	58,70	59,01	48,51	61,47	61,31	59,62	51,27	49,72	54,46
K3	0,044	0,039	0,038	0,048	0,043	0,043	0,050	0,043	0,043	0,040	0,041	0,035	60,10	57,21	66,01	62,36	61,04	48,08	54,69	51,41	52,44	52,75	55,94	58,83
K4	0,044	0,038	0,043	0,044	0,042	0,049	0,051	0,041	0,047	0,039	0,046	0,035	59,90	52,64	56,53	67,91	66,93	54,32	60,80	61,60	59,51	59,67	58,33	57,09

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			17,56	16,15	12,40	15,72	17,29	22,59	17,96	20,18	17,27	14,82			136,26	21,39	18,98	165,54	133,69	75,29	43,60	170,10	62,81	92,86
A2			16,94	16,87	12,99	13,27	20,27	17,30	17,99	18,77	31,14	14,47			124,50	21,90	41,42	104,74	54,64	70,90	26,26	143,11	221,17	83,36
A3	10,83	16,56	16,89	17,66	13,20	14,91	18,22	17,71	18,91	15,17	15,94	15,46	34,60	50,28	106,56	21,85	49,87	64,51	60,15	72,82	38,63	130,01	49,63	77,01
A4			17,57	18,20	13,76	13,61	16,48	13,98	17,71	15,72	15,86	13,96			90,31	23,38	17,71	52,20	56,08	151,29	36,03	129,75	63,38	72,24
CL NW	11,38	15,72	14,40	21,03	10,38	12,16	18,37	15,57	16,26	20,20	14,51	13,39	42,84	256,29	142,07	21,69	93,24	81,53	79,13	58,97	35,36	112,53	56,99	79,14
CL SE	11,37	15,49	10,03	21,49	8,29	11,01	17,72	16,06	14,89	12,30	10,01	9,29	13,00	161,98	124,25	60,10	97,26	90,69	100,21	61,15	28,59	119,48	44,48	142,32
A5			8,17	13,59	10,40	9,64	16,53	14,90	18,44	5,88	15,17	7,42			106,48	23,24	17,40	56,9	78,60	82,24	42,19	113,25	64,68	91,70
A6	11,56	17,32	7,77	11,21	5,60	12,76	13,72	17,31	15,65	14,33	15,78	14,69	14,26	66,97	87,96	10,68	38,16	53,51	87,55	70,60	36,51	118,74	48,89	58,94
A7			19,20	20,08	13,93	15,20	17,03	17,55	16,76	11,30	16,42	15,01			381,18	17,56	23,36	45,99	107,10	60,11	36,24	141,91	45,62	95,81
A8			18,48	19,78	13,17	16,78	27,19	18,53	19,16	18,81	17,39	16,03			76,84	11,54	25,98	39,47	59,16	63,03	48,61	153,54	45,69	123,70
B1			19,29	20,66	13,63	14,90	16,57	23,09	20,45	18,12	15,08	15,81			165,36	<5	22,66	43,99	90,72	79,36	31,35	122,38	82,96	72,98
B2			19,20	19,86	12,36	14,50	14,22	18,26	19,51	17,16	17,13	16,84			125,46	<5	<5	42,11	92,62	55,20	30,94	127,40	42,85	42,62
B3	10,51	16,90	18,48	18,73	13,33	13,07	15,66	18,38	18,68	14,80	17,60	14,30	<5	44,88	78,66	<5	28,91	40,42	83,95	57,63	22,70	117,68	61,98	65,56
B4			17,23	15,79	10,00	13,45	9,58	11,70	9,58	14,22	15,71	14,20			67,39	2,96	19,28	49,72	85,00	54,34	25,65	118,21	76,50	66,86
CL NE	10,88	15,93	12,44	20,64	11,21	10,73	15,62	11,64	14,59	12,26	15,66	14,55	14,68	105,61	150,25	18,94	60,97	44,99	81,62	46,02	25,92	121,54	49,68	87,82
CL SW	12,60	14,95	13,25	20,66	11,36	10,87	14,37	12,81	17,00	12,94	16,96	12,84	17,97	65,73	134,28	4,65	57,29	48,55	76,60	426,58	33,93	131,18	67,67	126,53
B5			17,70	23,44	12,72	13,31	11,85	22,00	19,16	13,68	15,59	14,05			111,97	22,12	<5	46,11	63,89	159,23	73,40	100,56	77,06	84,73
B6	11,53	16,93	20,21	21,23	14,09	14,22	15,80	20,89	17,25	17,11	16,81	14,40	32,68	45,77	89,30	22,17	13,20	58,06	67,66	74,31	70,21	100,56	102,68	31,81
B7			20,61	19,56	11,67	12,39	17,22	18,11	19,16	18,59	16,83	15,15			98,58	14,88	<5	39,29	86,57	132,26	70,54	117,73	45,14	56,26
B8			20,97	19,95	14,09	13,81	15,55	20,94	19,32	18,49	16,68	16,20			89,03	19,04	11,88	44,17	67,28	88,59	58,65	117,74	40,98	51,43
K1	11,31	16,37	15,85	23,46	12,79	12,87	19,53	19,65	18,70	17,67	17,29	15,21	8,21	53,12	143,11	28,69	42,30	49,41	67,31	106,66	58,28	96,56	44,24	41,92
K2	11,38	15,84	14,48	21,79	11,30	14,91	19,05	24,14	19,67	17,37	17,88	14,93	<5	40,57	174,71	40,26	73,98	45,10	81,98	110,70	57,31	97,68	55,86	70,44
K3	12,47	16,53	15,78	22,86	13,76	15,40	17,87	16,86	17,62	18,57	18,19	17,57	6,74	32,27	146,60	25,83	33,98	41,53	66,27	71,47	63,57	99,97	49,97	80,66
K4	12,96	16,53	15,70	24,17	15,34	15,72	23,06	23,50	19,24	19,69	17,78	17,11	18,42	35,18	164,61	59,62	74,55	52,83	61,80	110,38	53,63	105,58	49,70	75,29

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			71,74	69,35	60,82	58,88	62,42	76,84	67,18	72,63	56,82	60,30			72,27	73,33	67,27	64,32	75,42	88,41	72,84	83,08	68,17	71,30
A2			68,18	69,86	64,55	73,36	51,49	56,34	61,46	63,46	63,54	59,00			71,78	75,72	67,03	77,35	66,07	71,74	68,78	75,40	113,61	67,08
A3	65,37	63,47	53,49	68,10	64,44	57,52	44,82	51,16	55,98	46,18	55,63	58,03	76,25	72,06	66,15	75,34	77,12	73,52	69,04	69,82	71,83	66,15	65,77	70,23
A4			57,77	62,66	61,77	56,92	43,65	55,23	55,92	58,26	50,42	58,11			66,67	78,34	73,85	63,01	69,58	71,99	69,46	69,71	68,61	68,87
CL NW	71,72	62,31	65,17	69,28	50,50	46,27	52,61	53,89	54,49	55,37	42,50	55,26	81,54	65,58	64,72	86,56	63,22	60,08	69,38	74,83	78,58	79,58	65,33	94,08
CL SE	71,95	64,77	55,23	68,83	49,24	50,71	42,47	55,91	44,63	29,51	33,09	45,97	77,11	129,69	51,85	73,28	137,10	56,84	63,25	74,80	59,40	54,32	51,24	54,20
A5			31,56	53,49	47,67	50,35	48,02	51,46	65,00	27,38	45,93	40,33			40,95	59,92	55,00	51,28	68,05	67,25	73,14	38,03	68,59	48,66
A6	65,76	67,31	32,16	44,51	34,71	54,34	58,46	59,12	49,23	52,42	54,38	58,23	70,89	70,37	34,89	51,87	43,44	64,09	62,31	79,89	61,07	66,79	67,12	70,23
A7			54,16	66,40	61,58	64,13	55,96	56,65	60,61	52,43	35,42	59,61			64,78	72,24	72,31	68,88	67,38	79,68	70,14	57,79	66,50	66,75
A8			56,14	70,01	65,35	61,64	49,20	54,80	60,90	66,73	37,05	62,82			67,28	74,08	70,34	69,18	66,79	76,75	73,90	75,84	67,76	72,35
B1			71,90	65,92	76,22	57,84	58,95	57,21	58,82	35,16	68,72	62,28			75,21	70,43	75,15	67,34	70,68	79,45	72,19	66,11	65,43	72,27
B2			64,89	68,13	64,87	61,37	61,75	46,33	57,19	60,35	35,91	64,04			72,02	69,24	71,79	68,48	69,00	70,30	72,48	72,86	66,97	73,33
B3	61,24	56,26	58,98	61,15	67,87	57,92	58,18	56,82	56,13	34,42	67,09	61,29	71,35	68,78	68,19	71,26	66,04	63,55	64,83	73,84	70,21	62,16	74,51	71,30
B4			49,91	72,57	54,78	57,84	42,05	34,97	32,28	32,19	67,50	58,10			61,35	70,29	62,69	67,02	49,25	50,54	44,02	60,27	70,07	67,00
CL NE	63,35	56,32	61,21	78,23	62,85	46,24	47,85	46,93	55,88	30,01	41,77	63,59	67,24	65,42	61,22	78,56	72,60	56,02	58,78	57,97	58,49	50,93	63,61	75,35
CL SW	73,48	60,07	66,48	78,07	54,11	48,59	44,95	40,70	59,29	51,57	76,78	53,43	76,65	68,98	64,62	85,74	67,54	75,61	63,16	59,48	68,72	59,03	87,57	72,07
B5			52,34	66,20	61,49	56,88	61,08	53,33	62,21	55,02	60,83	58,63			60,56	190,15	64,95	58,57	68,17	67,62	71,16	65,55	69,59	66,89
B6	73,80	54,25	66,01	69,97	61,55	51,10	45,23	47,63	60,32	66,05	55,65	60,70	79,53	65,42	72,16	75,58	67,25	58,26	66,05	76,90	71,42	71,85	71,53	69,19
B7			63,19	68,38	65,20	51,19	59,11	47,27	54,27	67,23	35,70	62,61			70,80	77,08	65,86	57,33	68,91	69,77	72,31	76,90	68,47	71,70
B8			56,52	77,10	65,72	54,62	52,71	49,79	59,14	63,41	61,13	62,69			64,78	80,24	67,79	59,92	73,54	77,94	71,17	75,65	73,29	72,77
K1	63,07	66,96	63,66	72,89	59,26	53,26	52,83	54,47	52,51	52,96	36,72	58,33	69,97	72,62	66,38	77,65	68,97	61,77	74,48	74,25	68,63	67,61	69,15	70,07
K2	62,81	57,70	56,75	72,90	66,21	57,03	63,63	53,88	56,34	35,70	34,77	59,41	75,68	67,77	56,99	71,81	74,81	60,74	77,77	82,81	74,01	65,08	65,53	71,10
K3	72,44	64,15	79,45	72,35	64,47	51,28	54,59	54,13	51,35	37,02	57,92	65,19	79,12	69,79	80,91	78,25	76,87	59,78	70,02	72,48	66,62	67,94	74,81	76,80
K4	67,64	64,59	77,42	74,33	67,19	61,55	54,50	63,60	65,47	70,15	65,80	66,34	79,34	70,38	74,10	86,32	87,09	68,85	80,77	84,80	75,13	78,91	79,08	76,82

Nel tempo la situazione è rimasta sostanzialmente invariata, con oscillazioni presso i transetti in linea con quelle dei controlli tranne pochi casi sporadici. Ad esempio, nell'estate 2020 sono stati segnalati due picchi rispettivamente in A2 (83,80 mg/kg) e nei pressi della piattaforma (CL SW; 86,84 mg/kg), ma la quasi totalità dei siti lungo i transetti e le restanti stazioni CL avevano concentrazioni inferiori a quella del controllo K4.

Nell'inverno 2021 non si sono verificate anomalie degne di nota nonostante il superamento dell'LCRN praticamente ovunque. I tenori medi dei transetti e della piattaforma rimangono confrontabili o più bassi di quello dei controlli (A: $64,67 \pm 7,12$; B: $68,06 \pm 3,08$; CL: $58,38 \pm 5,72$; K: $69,86 \pm 4,44$ mg/kg) e inferiori rispetto al pre-survey, escludendo l'influenza di Clara NW su questo elemento.

Rame – Il contenuto di rame determinato durante il pre-survey era diffusamente basso, variando tra 13,83 mg/kg (CL NE) e 16,54 mg/kg (B6) entro 60 m dalla futura piattaforma, e omogeneo con quello dei controlli ($15,71 \pm 0,92$ mg/kg). Era inoltre risultato molto inferiore all'LCRN e nel tempo la situazione è rimasta sostanzialmente invariata. Concentrazioni maggiori dei controlli sono state rilevate solo sporadicamente e non sono sufficienti per indicare anomalie riconducibili alla presenza della piattaforma. Anche il picco registrato nell'estate 2020 in A2 (27,24 mg/kg), sebbene il più elevato dell'intero periodo di studio, è poco significativo essendo molto modesto in valore assoluto.

Ferro – Le percentuali di questo metallo registrate nel pre-survey nell'area circostante il punto di installazione erano risultate basse (comprese tra 2,37% in CL NE e 2,79% in B6) e del tutto in linea con quelle dei controlli. I lavori di posa in opera non avevano comportato variazioni e le oscillazioni osservate nei monitoraggi successivi sono inquadrabili nelle dinamiche naturali di questo metallo. Solo nell'estate 2016 (2° post lavori) il ferro era aumentato un po' ovunque e in particolare in B4, dove il tenore (4,24%) era raddoppiato rispetto al survey precedente rappresentando il massimo assoluto dell'intero periodo di indagine. Nell'estate 2020 è stato registrato un picco in A2 (3,71%), mentre nell'inverno 2021 non sono state evidenziate anomalie. Come nel caso del survey precedente, nell'ultimo monitoraggio le medie dei tenori registrate lungo transetti, piattaforma e riferimenti sono rimaste confrontabili tra loro (A: $2,04 \pm 0,19$; B: $2,17 \pm 0,08$; CL: $1,96 \pm 0,15$; K: $2,25 \pm 0,09$ %) e con il pre-survey; pertanto, si conferma che la piattaforma non influenza la dinamica di questo metallo.

Indio – L’indio è scarsamente presente nell’area di studio. Infatti, è stato quantificato ovunque solo nel durante lavori; nell’inverno 2016 (1° post lavori) non è stato osservato in A5 e A6 e nell’estate successiva è comparso solo in tre siti corrispondenti alla piattaforma e nel controllo K4 in scarse concentrazioni. In tutti survey condotti dal 2017 al 2021 è risultato inferiore al limite di rilevabilità ovunque.

Mercurio – Durante il pre-survey le concentrazioni medie del mercurio erano apparse notevolmente inferiori all’LCRN e omogenee ovunque (entro 60 m: $0,038 \pm 0,002$; controlli: $0,042 \pm 0,002$ mg/kg), e la situazione è rimasta tale anche nei survey successivi.

Un modesto incremento era stato segnalato, durante la posa, in CL SE, a seguito del quale era stato raggiunto un picco pari a 1,5 volte la media dei riferimenti. Tale picco non veniva confermato nell’inverno 2016 (1° post lavori), monitoraggio caratterizzato da tenori diffusamente bassi e confrontabili con quelli del pre-survey. Un’altra modesta anomalia era stata segnalata nel 4° post lavori presso B2, ma anche in quel caso la concentrazione era risultata notevolmente inferiore all’LCRN. Anche l’incremento lungo i transetti e in piattaforma osservato nel 5° survey post lavori è stato ritenuto non significativo visti i valori raggiunti di un ordine di grandezza inferiori rispetto all’LCRN. Nell’ultimo monitoraggio condotto in inverno 2021 è avvenuto un decremento generale che ha portato a concentrazioni inferiori rispetto al pre-survey. Il contenuto minimo di mercurio ($0,013$ mg/kg) è stato registrato in CL SE e il picco stagionale, rilevato in A8 ($0,055$ mg/kg), corrisponde a quasi 1/6 dell’LCRN.

Nichel – Già prima dell’installazione di Clara NW le concentrazioni di nichel, piuttosto omogenee, erano risultate tutte superiori all’LCRN essendo comprese tra $51,66$ mg/kg (CL NE) e $62,37$ mg/kg (B6). Il superamento dell’LCRN si è verificato praticamente sempre e ovunque con una sola eccezione nel 1° post lavori. Anche questo metallo ha mostrato nel tempo variazioni contenute, conservando lungo i transetti e presso la piattaforma tenori quasi sempre inferiori o simili a quelli dei controlli. Nelle stagioni estive 2019 e 2020 sono state evidenziate anomalie rispettivamente in A1 e in A2, ma l’estrazione sequenziale ha certificato la preponderanza delle forme non biodisponibili. Durante l’inverno 2021 il picco in A2 dell’estate precedente è scomparso e le concentrazioni medie di transetti (A: $50,01 \pm 5,54$; B: $52,92 \pm 2,91$ mg/kg), piattaforma ($45,88 \pm 3,80$ mg/kg) e controlli ($55,74 \pm 2,76$ mg/kg) sono rimaste confrontabili tra loro e con il pre-survey, non evidenziando anomalie degne di nota. Nel complesso i dati non testimoniano uno stato di

alterazione dell'area.

Piombo – Nel pre-survey le concentrazioni del piombo rilevate lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW oscillavano in un range molto ristretto, compreso tra 10,51 mg/kg (B3) e 12,60 mg/kg (CL SW), risultando in linea con la media dei controlli (12,03±0,82 mg/kg), e tutte erano molto inferiori all'LCRN. Nel tempo questo metallo ha sempre conservato valori inferiori a tale limite e confrontabili tra transetti e controlli.

Solo nel 1° survey post lavori erano stati rilevati tenori superiori rispetto ai riferimenti in molti siti dei transetti, ma sempre inferiori all'LCRN. Inoltre, nel 5° post lavori era stato segnalato un picco in A8 (27,19 mg/kg), anch'esso comunque inferiore all'LCRN. Anche nei survey successivi il contenuto di piombo è rimasto modesto e confrontabile tra i siti, eccetto quello rilevato in A2 nell'estate 2020 (31,14 mg/kg) corrispondente al massimo assoluto dell'intero periodo di indagine e unico superamento, anche se di pochissimo, dell'LCRN. Questo tenore non è stato confermato nell'ultimo monitoraggio quando le concentrazioni sono apparse tutte in linea tra di esse eccetto quelle di CL SE e di A5 risultate tra le più basse dell'intero periodo di indagine (9,29 e 7,42 mg/kg rispettivamente).

Silicio – Già nel pre-survey il silicio aveva dimostrato una certa variabilità. Il picco era stato registrato in corrispondenza di CL NW (42,84 mg/kg), valore più che doppio rispetto a K4 (18,42 mg/kg), ossia il controllo a più alto contenuto del metallo. Concentrazioni inferiori a CL NW, ma comunque elevate se paragonate alle altre, erano state osservate anche in B6 (32,68 mg/kg) e in A3 (34,60 mg/kg).

Durante i lavori di installazione i siti posizionati a 60 m di distanza dalla struttura erano mediamente paragonabili ai controlli (51,98±10,27 e 40,29±9,22 mg/kg rispettivamente). In prossimità di Clara NW, invece, il contenuto di silicio risultava notevolmente superiore, presentando un massimo di 256,29 mg/kg in CL NW che corrispondeva a oltre 6 volte la media dei riferimenti. Anomalie positive inferiori alla precedente, ma comunque degne di nota, erano state registrate in CL SE (161,98 mg/kg; 4 volte la media di K) e in CL NE (105,61 mg/kg; 2,6 volte la media di K).

Nell'inverno 2016 (1° post lavori) il silicio era diffusamente aumentato, ma i tenori nei siti A e B e in prossimità della piattaforma erano inferiori o in linea con i controlli dove oscillavano tra 146,6 e 174,7 mg/kg. Era stata segnalata, come unica eccezione, l'anomalia in A7 dove il metallo aveva raggiunto una concentrazione pari a circa 2,5 volte la media

dei riferimenti ($157 \pm 14,97$ mg/kg).

Nell'estate 2016 era avvenuta una chiara riduzione, con il ritorno a valori inferiori o paragonabili al pre-survey. Il picco in CL SE era del tutto in linea con K4.

Nell'inverno 2017 (3° post lavori) i valori maggiori si rilevavano presso la piattaforma, in particolare in CL NW ($93,2$ mg/kg) e in CL SE ($97,26$ mg/kg). Tuttavia, l'incremento nelle strette vicinanze della struttura risultava simile a quello rilevato ai controlli e, pertanto, era stato attribuito a cause naturali.

Nel 4° post lavori era stato osservato un aumento generalizzato dei livelli di silicio rispetto al monitoraggio precedente lungo A; il transetto B risultava comparabile ai controlli e tale situazione è rimasta pressoché invariata nell'inverno 2018.

Nell'estate 2018 sono stati registrati degli aumenti evidenti in A4, B5, B6 e, soprattutto, presso CL SW, dove il metallo ha raggiunto un tenore ($426,58$ mg/kg) decine di volte superiore ai valori riscontrati prima della posa della piattaforma.

Questa anomalia non è stata confermata dai dati dell'inverno 2019, caratterizzato da un decremento che ha portato a tenori lungo i transetti e in piattaforma inferiori o confrontabili con quelli dei controlli e con differenze trascurabili rispetto al pre-survey.

Nell'estate 2019 il silicio ha presentato una generale recrudescenza, rimanendo comunque confrontabile mediamente tra i vari gruppi di stazioni (A: $137,55 \pm 14,06$; B: $115,28 \pm 15,23$; CL: $121,18 \pm 13,78$; K: $99,95 \pm 16,16$). Nel 10° survey post lavori (estate 2020) è avvenuta un'inversione di tendenza con una generale riduzione che non ha però interessato A2, unico sito in cui è avvenuto un aumento. Nell'ultimo monitoraggio il picco in A2 non è stato confermato. Si registra, tuttavia, un generale incremento di silicio presso la piattaforma con picchi in CL SE ($142,32$ mg/kg) e CL SW ($126,53$ mg/kg) rispettivamente corrispondenti a circa il doppio nel primo caso e a 1,8 volte nel secondo la media dei riferimenti ($67,08 \pm 17,28$ mg/kg). Seppur in misura minore, è avvenuto un incremento anche nei controlli. Nel complesso, comunque, i valori medi registrati (A: $86,95 \pm 19,27$; B: $61,29 \pm 2,06$; CL: $108,95 \pm 30,31$; K: $67,08 \pm 17,28$ mg/kg) sono comparabili pur testimoniando una certa variabilità indicata dalle deviazioni standard.

Vanadio – Prima dei lavori di installazione entro un raggio di 60 m dall'area destinata ad accogliere Clara NW questo metallo oscillava tra $61,24$ mg/kg (B3) e $73,80$ mg/kg (B6), valore quest'ultimo molto simile a quello di CL SW ($73,48$ mg/kg). Eccetto le due concentrazioni maggiori, tutte le altre erano confrontabili con la media dei controlli

(66,49±4,54 mg/kg). Le operazioni di posa non avevano avuto effetto sulla distribuzione del vanadio che aveva conservato tenori bassi e mediamente simili (60 m: 60,32±6,12; CL: 60,87±3,59; K: 63,35±3,96 mg/kg) e tale situazione è rimasta simile anche nel 1° post lavori. Nell'estate 2016 (2° post lavori) era avvenuto per lo più un aumento, seppur di magnitudine molto variabile da sito a sito, ma anche gli incrementi maggiori rilevati in A5, B4 e B8 non erano stati imputati alla piattaforma essendo i tenori raggiunti confrontabili con quelli del pre-survey.

Nei monitoraggi seguenti le concentrazioni sono rimaste paragonabili sia dal punto di vista temporale che spaziale, seppure con qualche sporadica eccezione.

Nell'estate 2019 i siti hanno presentato comportamenti diversi tra loro, ma le variazioni di maggiore entità hanno comunque comportato una diminuzione delle concentrazioni rispetto all'inverno precedente, risultando inferiori o in linea con il pre-survey. In estate 2020 è stato confermato un comportamento variabile, ma i tenori medi sono rimasti confrontabili tra loro e sempre inferiori rispetto al pre-survey (A: 49,90±9,84; B: 56,57±13,52; CL: 48,53±19,31; K: 48,80±15,44 mg/kg). Nell'inverno 2021 è avvenuto un lieve incremento nella maggior parte delle stazioni rispetto al survey precedente, in particolar modo nei controlli K1 (58,33 mg/kg) e K2 (59,41 mg/kg) e nelle stazioni A7 (59,61 mg/kg), A8 (62,82 mg/kg), CL NE (63,59 mg/kg), B2 (64,04 mg/kg) e B7 (62,61 mg/kg). I tenori medi lungo i transetti e presso la piattaforma rimangono comunque omogenei (A: 57,05±6,94; B: 61,29±2,06; CL: 54,56±7,24; K: 62,32±4,03 mg/kg) e confrontabili o inferiori rispetto al pre-survey, escludendo l'influenza della piattaforma su questo elemento.

Zinco – Le concentrazioni di zinco rilevate nel pre-survey entro 60 m dal punto di installazione oscillavano tra 67,24 mg/kg (CL NE) e 81,54 mg/kg (CL NW), risultando leggermente inferiori o in linea con la media dei controlli (76,03±4,37 mg/kg). I valori erano pertanto bassi, molto al di sotto dell'LCRN.

La situazione è rimasta piuttosto stabile nel tempo e le anomalie rilevate sono state sporadiche e insufficienti per testimoniare uno stato di contaminazione dell'area.

La prima era stata segnalata durante i lavori di installazione in corrispondenza di CL SE, dove era stato registrato un picco (129,69 mg/kg) circa doppio rispetto alla media dei riferimenti; si trattava comunque di un'anomalia modesta che peraltro non è stata confermata nel 1° post lavori.

Nel 2° post lavori era stato segnalato un nuovo picco in B5 (190,15 mg/kg, massimo assoluto dell'intero periodo), corrispondente a 2,5 volte la media dei riferimenti, mentre nel monitoraggio successivo era comparsa una nuova alterazione in CL SE (137,10 mg/kg, circa 1,8 volte la media dei controlli). Infine, un'ultima anomalia è stata osservata in A2 in estate 2020. Questi quattro casi appena descritti rappresentano gli unici superamenti dell'LCRN.

A partire dal 3° post lavori le concentrazioni di zinco sono sempre risultate inferiori o in linea con i riferimenti e paragonabili al pre-survey eccetto in A2 in estate 2020, escludendo un ruolo di Clara NW nel determinare la dinamica di questo metallo.

3.3.4.1 Estrazione sequenziale del bario

Per quanto concerne il bario, pur non essendo un metallo normato dal DM 173-2016 e non sia noto per la tossicità ambientale, essendo le concentrazioni rilevate nei siti CL NW e CL SW nell'inverno 2021 più che doppie rispetto alla media del pre-survey (83,94±34,74 mg/kg) si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità (Tab. 3-XI).

Dai risultati ottenuti è possibile evidenziare che la frazione non biodisponibile costituisce il 79,6% (CL SW) e l'87,6% (CL NW) del totale.

Tab. 3-XI – Risultati dell'estrazione sequenziale del bario eseguita nell'inverno 2021. 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.

	mg/kg s.s.					Percentuale			
	F1	F2	F3	Residua	Somma Fasi	F1	F2	F3	Residua
CLNW	2,89	11,67	42,87	406,43	463,86	0,6	2,5	9,2	87,6
CLSW	3,92	28,22	41,68	287,97	361,79	1,1	7,8	11,5	79,6

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate nel pre-survey erano meno elevate lungo i transetti e presso il punto di installazione della piattaforma rispetto ai controlli, tra i quali veniva raggiunto il massimo del campionamento (K4: 40700 mg/kg; Tab. 3-XII e fig. 3.34).

Durante le operazioni di posa in opera della struttura questa variabile aveva mostrato un leggero incremento di entità simile tra siti entro 60 m e riferimenti (60 m: 32625±1459;

CL: 37350±2559; K: 39650±3750 mg/kg;), tanto che le variazioni erano state imputate alla naturale dinamica ambientale.

Nel 1° monitoraggio post lavori di installazione era stato registrato un decremento generalizzato, più evidente lungo i transetti e presso Clara NW rispetto ai controlli (A: 13543±6057; B: 18305±1681; CL NW: 18126±1660; K: 24464±1674 mg/kg).

Nell'estate 2016 (2° post lavori), al contrario, era stato osservato un aumento complessivo con una omogeneizzazione delle concentrazioni medie (A: 23578±3870; B: 30820±2397; CL NW: 29555±1346; K: 30395±3173 mg/kg) e il raggiungimento di tenori in linea con quelli del pre-survey.

Nell'inverno 2017 si era verificata di nuovo una riduzione. Anche in quel monitoraggio le concentrazioni dei gruppi di stazioni erano mediamente confrontabili (A: 20263±3503; B: 23328±1397; CL: 19354±3568; K: 22893±1396 mg/kg). Come nell'anno precedente in estate era invece avvenuto un incremento, soprattutto ai controlli e nelle stazioni dei transetti. Le variazioni presso i siti CL erano apparse molto più tenui e le concentrazioni inferiori a quelle dei riferimenti (rispettivamente 23585±3572 e 37473±6701 mg/kg). Dopo un lieve decremento generalizzato in inverno 2018, nella stagione successiva è avvenuto un nuovo aumento, anch'esso praticamente ovunque. Le concentrazioni medie dei vari gruppi di siti (A: 33372±3129; B: 37646±5656; CL: 30824±3279; K: 35732±5462 mg/kg) indicavano, anche in questo monitoraggio, una buona omogeneità, e l'andamento generale una certa stagionalità (con incrementi in estate e decrementi in inverno più o meno evidenti) indipendente dalla presenza della piattaforma.

Nell'inverno 2019 le medie sono rimaste confrontabili tra transetti e riferimenti (A: 35842±4270; B: 45904±20249; K: 41301±14354 mg/kg), mentre presso Clara NW sono stati registrati valori più modesti (28732±2695 mg/kg). Sono stati tuttavia evidenziati dei picchi presso B7 (76144 mg/kg) e B8 (74937 mg/kg) superiori, anche se di non molto, al controllo K3 caratterizzato dal contenuto di sostanza organica maggiore tra i riferimenti (62678 mg/kg). In questi tre siti sono stati raggiunti i massimi assoluti dell'intero periodo di indagine. Tali anomalie non sono state infatti confermate nell'estate 2019 quando la massima concentrazione rilevata in A8 (57857 mg/kg) è stato l'unico caso di superamento dei tenori dei riferimenti.

Nel 10° survey post lavori (estate 2020) è avvenuto un leggero incremento nella maggior parte delle stazioni ma non nei controlli, con due picchi in A8 (54298 mg/kg), come

nell'estate precedente, e in B6 (55181 mg/kg), pari a circa 1,5 volte la media dei riferimenti K (36334±554 mg/kg) e 1,8 volte la media del pre-survey, seguiti da quelli in A6 e B8. Nel complesso le concentrazioni medie dei transetti e dei controlli sono rimaste confrontabili, ma le anomalie registrate, seppur modeste, indicavano che nell'area circostante la piattaforma è aumentato il carico organico seppure in un numero limitato di stazioni. Nell'ultimo monitoraggio è avvenuto un incremento generalizzato che non ha interessato solo pochi siti caratterizzati invece da una riduzione, tra cui CL SW. Nel complesso, comunque, le medie dei transetti e dei controlli sono rimaste confrontabili (A: 39973±7347; B: 44986±3580; CL: 37024±13312; K: 46855±3842 mg/kg) e le concentrazioni delle singole stazioni superiori alle corrispondenti del pre-survey, eccetto quella di CL SE risultata inferiore a fine periodo.

Tab. 3-XII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati prima (PS), durante (DL) e dopo (PL) le operazioni di installazione di Clara NW. In rosso le stazioni campionate presso la piattaforma. Si ricorda che a causa del lockdown per COVID-19 non sono disponibili i dati dell'inverno 2020 (9° post lavori). Il survey è stato ripetuto in inverno 2021 (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			15748	23407	21367	24227	25823	32843	37980	35751	35539	38728
A2			18385	23950	22553	26771	24697	28012	35890	32340	36417	44509
A3	25300	32100	14994	23687	21921	37308	24498	33483	34134	33487	36566	40410
A4			14438	26196	20962	25545	30230	33525	31295	31622	26445	38026
CL NW	31400	39200	17253	31063	24421	20577	28411	29228	32346	45391	25920	45183
CL SE	27900	39800	16254	30042	16871	20673	19278	33712	27134	28583	18650	21808
A5			2335	19405	18866	20116	30813	30051	35359	15335	33566	23717
A6	25400	31700	6252	16707	12090	25811	31350	35720	30152	32309	46328	41498
A7			16448	27306	21896	31252	29489	35890	38276	26640	33735	45640
A8			19740	27970	22445	44872	32402	37449	43647	57857	54298	47255
B1			18480	33433	23732	47165	36125	35805	37850	42270	43405	51284
B2			18157	30184	23053	37735	32276	45917	34205	35690	37587	44383
B3	25300	31900	17395	30904	23737	35983	31106	41562	48883	37732	45537	44152
B4			18106	27540	22590	28453	22938	32333	18885	33798	30543	40302
CL NE	28300	34500	19154	29239	19287	25274	26173	33407	26284	30960	27372	50767
CL SW	28900	35900	19842	27875	16836	27815	27526	26990	29163	29813	38171	30339
B5			15060	27832	20877	42751	34492	31444	43279	30411	32069	40647
B6	28000	34800	19099	30604	22624	29599	32174	41166	33047	37633	55181	45948
B7			19221	34348	24475	30536	35212	31229	76144	38677	44357	45535
B8			20925	31710	25540	37210	36072	41710	74937	40348	50692	47633
K1	29300	37500	22553	34495	22855	45946	33452	39633	33564	45757	36813	50986
K2	34200	35500	24132	27155	20951	39591	32457	32814	32449	42503	35539	43814
K3	33900	43300	24555	28839	24120	31095	33080	40955	62678	43849	36417	43362
K4	40700	42300	26617	31090	23648	33260	25253	29527	36515	50337	36566	49257

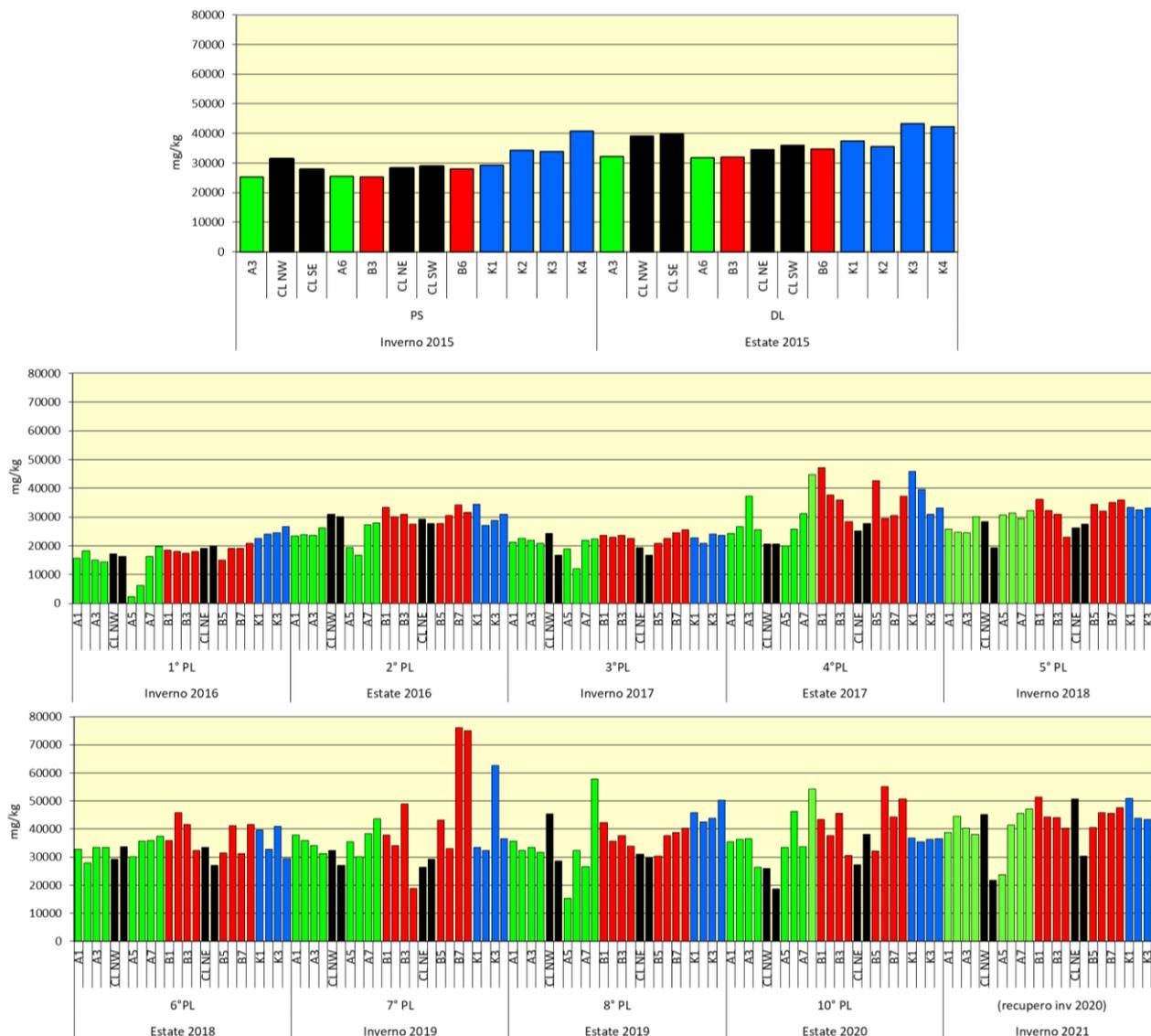


Fig. 3.34 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Clara NW. PS = pre-survey; DL = durante lavori; PL = post lavori.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Durante il pre-survey il TOC era stato rilevato unicamente in B3, CL NE e nei controlli K4 e K1. In quest'ultimo sito si registrava il massimo pari a 4700 mg/kg (Tab. 3-XIII e fig. 3.35). Durante i lavori questa variabile è stata osservata ovunque: entro i 60 m dalla piattaforma appariva omogeneamente distribuita eccetto in CL SE dove il tenore (4780 mg/kg) era molto più basso. Una situazione simile era stata riscontrata anche tra i controlli, dove K4 (3790 mg/kg) risultava notevolmente inferiore agli altri siti.

Nell'inverno 2016 (1° post lavori) era avvenuto un deciso decremento e si osservava una

certa variabilità lungo i transetti, dove quasi ovunque le concentrazioni apparivano maggiori della media dei controlli con picchi in A3 e B6 pari, rispettivamente, a 5 e 4 volte tale media. In piattaforma i tenori oscillavano da 8100 (CL NW) a 27000 mg/kg (CL SE).

Nell'estate 2016 era avvenuto un nuovo aumento che, tuttavia, non aveva riportato il TOC ai livelli registrati durante i lavori di installazione. Il picco in B6 era troppo modesto se raffrontato con i controlli per indicare uno stato di alterazione.

In inverno 2017 i tenori erano risultati mediamente confrontabili tra i vari gruppi di siti ma, analizzando le singole stazioni, si notava un trend crescente dalla piattaforma verso quelle più lontane lungo B, mentre lungo A le concentrazioni in CL NW e CL SE erano inferiori a quelle del tratto A1-A4 e comparabili a quelle a SE (eccetto A6 caratterizzato dal minimo stagionale). In estate le variazioni non erano state consistenti eccetto in B3 dove si registrava un picco (8490 mg/kg) tuttavia inferiore ai tenori del durante lavori.

Tab. 3-XIII – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS), durante (DL) e dopo (PL) le operazioni di installazione di Clara NW. In rosso i siti della piattaforma. Loq = limite di quantificazione. Si ricorda che a causa del lockdown non sono disponibili i dati dell'inverno 2020 (9° PL), survey recuperato in inverno 2021 (11° PL).

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	10° PL
A1			1900	6120	5310	6110	6660	5880	6900	5650	4740	6710
A2			2300	6060	5270	6030	6265	5880	7030	5730	4810	6540
A3	<loq	8850	6600	5720	5810	5680	6190	5850	7130	5620	4790	6140
A4			2100	5690	5470	5530	5970	5680	6890	5270	4710	5860
CL NW	<loq	8640	810	5480	4160	5260	5580	5580	7070	5470	4480	5060
CL SE	<loq	4780	2700	4870	4180	4250	4300	5350	8130	4010	4810	3770
A5			1800	3980	4610	4190	5980	4880	7040	2320	5110	3790
A6	<loq	9600	1900	3080	2930	5440	4860	5720	6580	5250	5650	6330
A7			3400	5540	4260	6110	6120	5880	6830	3990	5970	6200
A8			1500	5840	4730	6150	6180	6350	6880	5850	5730	6470
B1			1500	6160	5880	5920	6460	5820	6750	6120	5860	7280
B2			3600	5970	5790	6720	6240	5790	7730	6050	6120	6550
B3	2900	8790	1400	5460	5290	8490	5810	5650	6730	6290	5610	6690
B4			1300	4460	5460	5510	3770	3420	7260	5140	4630	5750
CL NE	2200	8450	1400	5280	5090	4920	5010	4820	6430	4270	4680	4850
CL SW	<loq	7850	970	3660	5120	5560	4870	4380	6250	5130	4810	4880
B5			970	5680	5330	5660	6260	4910	6640	4910	6220	5580
B6	<loq	8950	5800	5350	5770	5760	6560	5850	6880	5790	5690	6520
B7			1500	7800	6090	5620	6280	5790	6430	5820	4760	6290
B8			2200	4160	6240	5810	6410	6010	6990	6060	5700	6540
K1	4700	10300	1700	4300	6490	5980	6820	6230	7020	5890	5070	6580
K2	<loq	7840	820	3860	5580	6280	6240	6320	7160	5520	5340	6450
K3	<loq	8400	1100	5000	6390	7250	6520	6030	6740	6070	4810	6870
K4	2600	3790	1600	5840	6130	7180	6900	6840	7520	6460	6580	7490

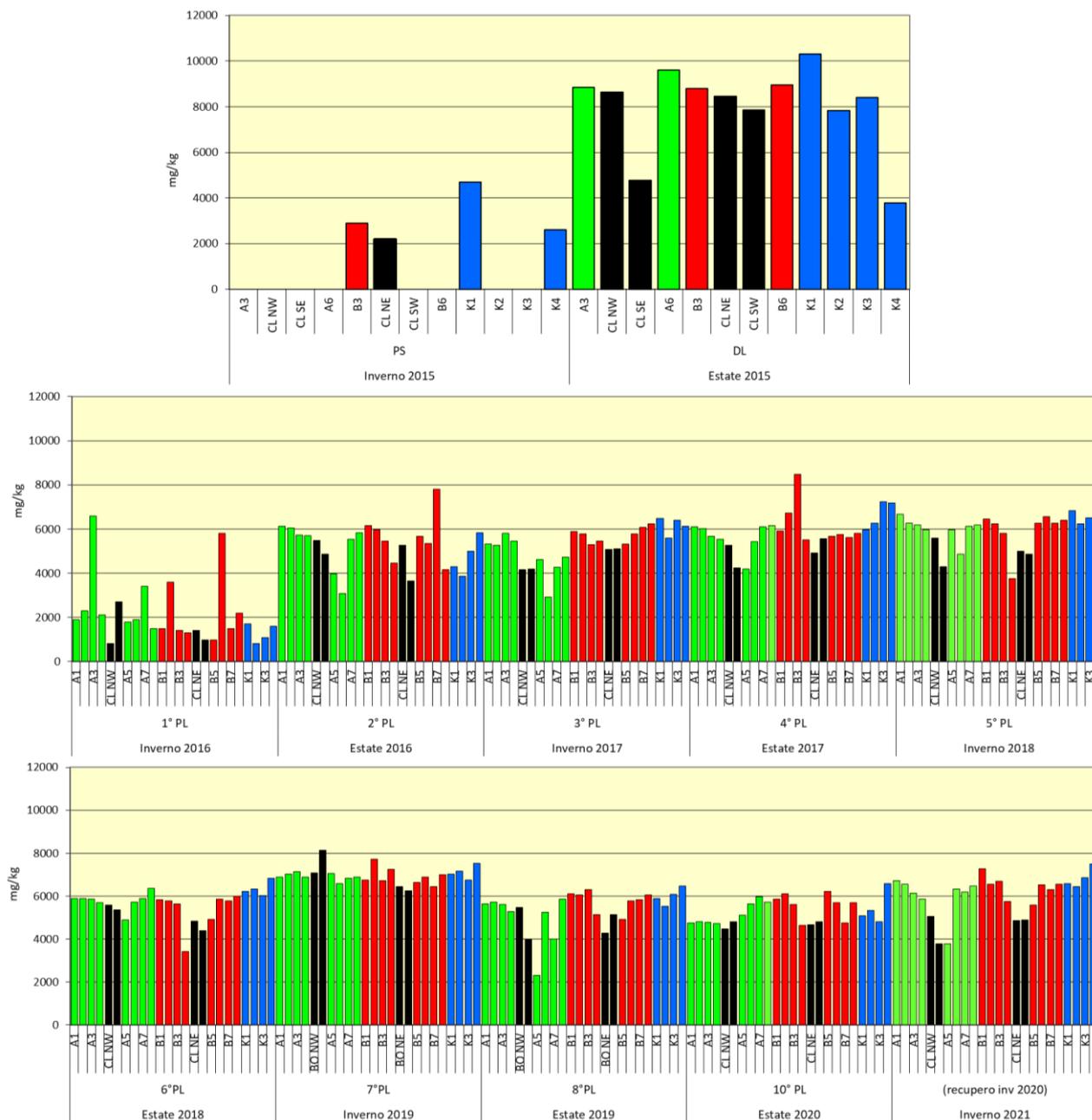


Fig. 3.35 - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) nei sedimenti relative all'intero periodo di indagine. In nero i siti campionati presso Clara NW. PS = pre-survey; DL = durante lavori; PL = post lavori.

Nei due survey del 2018 non è stata rilevata alcuna differenza nei tenori medi di transetti, piattaforma e controlli e non sono state osservate anomalie, così come nel 2019 e nell'estate 2020. Nell'inverno 2021 è avvenuto un incremento generale lungo i transetti e nei riferimenti, con le medie ancora confrontabili (A: $6005 \pm 932,63$; B: $6400 \pm 537,45$; K: $6847,50 \pm 462,92$ mg/kg). Presso la struttura le concentrazioni sono state inferiori rispetto ai riferimenti ($4640 \pm 587,37$ mg/kg) e in linea (o inferiori) con quelle del survey precedente.

3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

Si ricorda che nell'inverno 2021 è stato recuperato il survey del 2020 per il quale, a causa del lockdown nazionale, non era stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per che li aveva resi inutilizzabili.

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, alla massima concentrazione sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio condotto 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 effettuato nell'inverno 2021. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

campione	Salinità (‰)	pH	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
A3	34	8,22	-5,19	≥ 90	>100%	Assente
A4	34	8,24	-1,86	≥ 90	>100%	Assente
CL NW	34	8,33	2,97	≥ 90	>100%	Assente
CL SE	34	8,18	-3,15	≥ 90	>100%	Assente
A5	34	8,25	4,64	≥ 90	>100%	Assente
A6	34	8,22	1,86	≥ 90	>100%	Assente
B3	34	8,30	-1,11	≥ 90	>100%	Assente
B4	34	8,28	-0,74	≥ 90	>100%	Assente
CL NE	34	8,24	1,11	≥ 90	>100%	Assente
CL SW	34	8,21	4,08	≥ 90	>100%	Assente
B5	34	8,27	5,57	≥ 90	>100%	Assente
B6	34	8,34	-7,05	≥ 90	>100%	Assente
K1	34	8,24	-3,90	≥ 90	>100%	Assente
K2	34	8,30	-2,41	≥ 90	>100%	Assente
K3	34	8,19	-4,08	≥ 90	>100%	Assente
K4	34	8,24	-3,34	≥ 90	>100%	Assente

Confronto con i survey precedenti – Nell'intero periodo di indagine non sono mai stati rilevati segnali di tossicità per questo saggio (Tab. 3-XV).

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

Sito	PS I-15	DL E-15	1° PL I-16	2° PL E-16	3° PL I-17	4° PL E-17	5° PL I-18	6° PL E-18	7° PL I-19	8° PL E-19	10° PL E-20	11° PL I-21
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
CLNW									Assente	Assente	Assente	Assente
CL 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
CLNE									Assente	Assente	Assente	Assente
CLSW									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*

QA-QC – Nell'inverno 2021 il valore di EC50 (15') = 10,26 mg/l (LC=9,22 e UC=11,45) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati relativi all'inverno 2021 sono riportati in Tab. 3-XVI, assieme 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 le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Salinità (‰)	pH	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
A3	34	8,22	-1,91	-3,28	≥90	≥90	Assente
A4	34	8,24	-1,22	-1,75	≥90	≥90	Assente
CL NW	34	8,33	-0,76	-0,94	≥90	≥90	Assente
CL SE	34	8,18	-0,44	-3,4	≥90	≥90	Assente
A5	34	8,25	-3,42	-8,24	≥90	≥90	Assente
A6	34	8,22	-2,50	-4,43	≥90	≥90	Assente
B3	34	8,30	-4,38	-3,27	≥90	≥90	Assente
B4	34	8,28	-5,13	-4,76	≥90	≥90	Assente
CL NE	34	8,24	-1,66	-4,88	≥90	≥90	Assente
CL SW	34	8,21	-4,30	-4,72	≥90	≥90	Assente
B5	34	8,27	-4,18	-5,84	≥90	≥90	Assente
B6	34	8,34	-4,00	-4,72	≥90	≥90	Assente
K1	34	8,24	-5,30	-5,48	≥90	≥90	Assente
K2	34	8,30	-3,18	-3,48	≥90	≥90	Assente
K3	34	8,19	-5,43	-9,41	≥90	≥90	Assente
K4	34	8,24	-8,80	-9,96	≥90	≥90	Assente

Confronto con i survey precedenti – Nell'intero periodo di indagine non sono mai stati rilevati segnali di tossicità per questo saggio (Tab. 3-XVII).

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

Sito	PS I-15	DL E-15	1° PL I-16	2° PL E-16	3° PL I-17	4° PL E-17	5° PL I-18	6° PL E-18	7° PL I-19	8° PL E-19	10° PL E-20	11° PL I-21
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
CLNW									Assente	Assente	Assente	Assente
CL 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
CLNE									Assente	Assente	Assente	Assente
CLSW									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 di Clara NW la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50} = 3,24$ ($\text{LC} = 2,96 \text{ mg/l}$ e $\text{UC} = 3,54 \text{ mg/l}$) 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 – Nel complesso i dati suggeriscono una situazione di assenza di tossicità, anche se non sono mancate le eccezioni (Tab. 3-XX). Nei primi tre monitoraggi eseguiti dopo l'installazione della piattaforma era stata rilevata sporadicamente (uno o due siti) una bassa tossicità e, in 2 casi su 4, aveva riguardato il controllo K4. Nel 4° post lavori, invece, la tossicità era apparsa diffusa ma comunque bassa, tranne in B6 dove risultava media.

Nel monitoraggio successivo la situazione era rimasta quasi invariata. In entrambi questi

survey anche i siti di controllo avevano esibito tossicità, testimoniando che il fenomeno non era strettamente correlato alla presenza della piattaforma risultata invece priva di tossicità. Dall'estate 2018 (6° post lavori) sino a fine periodo nessun sito ha più mostrato tossicità, analogamente a quanto era stato osservato prima della posa della piattaforma.

Tab. 3-XVIII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all'inizio e alla fine del test condotto nell'inverno 2021 (11° 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	15 ± 1	36	8,22	0-0,5	> 85	14 ± 1	36	8,24	0	> 85
A3		36	8,10	0			37	8,08	0	
A4		36	8,09	0			36	8,06	0	
CL NW		36	8,07	0,5			37	8,10	0	
CL SE		36	8,16	0,5			36	8,12	0,5	
A5		36	8,10	0,5			36	8,16	0	
A6		36	8,14	0			36	8,10	0	
B3		36	8,10	0			36	8,07	0,5	
B4		36	8,06	0,5			37	8,10	0-0,5	
CL NE		36	8,11	0			36	8,15	0-0,5	
CL SW		36	8,09	1			36	8,11	0-0,5	
B5		36	8,14	0			37	8,11	0	
B6		36	8,03	0,5			36	8,09	0	
K2		36	8,15	0			36	8,10	0	
K3		36	8,10	0			36	8,10	0	
K4		36	8,19	0			36	8,13	0	
K4	36	8,16	0	36	8,11	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	1 ± 3,18	0	-
A3	100	3 ± 3,18	2	Assente
A4	100	9 ± 6,09	8	Assente
CL NW	100	11 ± 6,09	10	Assente
CL SE	100	11 ± 3,18	10	Assente
A5	100	7 ± 6,09	6	Assente
A6	100	6 ± 3,67	5	Assente
B3	100	5 ± 6,09	4	Assente
B4	100	7 ± 6,09	6	Assente
CL NE	100	12 ± 5,19	11	Assente
CL SW	100	8 ± 5,19	7	Assente
B5	100	1 ± 3,18	0	Assente
B6	100	13 ± 3,18	12	Assente
K1	100	7 ± 6,09	6	Assente
K2	100	12 ± 5,19	11	Assente
K3	100	9 ± 6,09	8	Assente
K4	100	6 ± 3,67	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; PL = post lavori. I = inverno; E = estate.

Sito	PS I-15	DL E-15	1° PL I-16	2° PL E-16	3° PL I-17	4° PL E-17	5° PL I-18	6° PL E-18	7° PL I-19	8° PL E-19	10° PL E-20	11° PL I-21
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente	Assente
CLNW									Assente	Assente	Assente	Assente
CL 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
CLNE									Assente	Assente	Assente	Assente
CLSW									Assente	Assente	Assente	Assente
B5									Assente	Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Media	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

3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

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

Risultati del saggio – Questo saggio ha rilevato una diffusa bassa tossicità che interessato l'area prossima a Clara NW (tranne CL SW) e le stazioni B3 e A3 poste a 60 da essa, oltre a tutti controlli (Tab. 3-XXI). Altrove non è stata rilevata tossicità.

Confronto con i survey precedenti – L'area di indagine non aveva mostrato tossicità sugli esemplari di *C. gigas* nel pre-survey (Tab. 3-XXII). Durante l'installazione della piattaforma, invece, era stata segnalata ovunque una bassa tossicità (media in K1).

Nei monitoraggi successivi alla posa in opera della struttura, dall'inverno 2016 fino all'estate 2017, una tossicità bassa o media era stata rilevata solo in alcune occasioni, interessando sempre almeno anche un controllo, e risultando particolarmente diffusa tra i riferimenti nel 1° post lavori.

Nell'inverno 2018, invece, i dati avevano mostrato tossicità (media) unicamente in B3, che comunque non veniva confermata nell'estate successiva quando era stata rilevata una tossicità bassa esclusivamente in K2.

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 50 25	57 \pm 1,53 71 \pm 1,53 84 \pm 2,00	43 29 16	35 20 5	54,7	\geq 100	Bassa
A4	100 50 25	69 \pm 1,53 80 \pm 1,53 85 \pm 1,53	31 20 15	22 9 3	\geq 90	\geq 100	Assente
CL NW	100 50 25	68 \pm 0,58 77 \pm 1,53 84 \pm 1,53	32 23 16	23 12 5	85,1	\geq 100	Bassa
CL SE	100 50 25	62 \pm 1,53 76 \pm 1,53 84 \pm 1,53	38 24 16	29 14 5	68,6	\geq 100	Bassa
A5	100 50 25	71 \pm 1,53 80 \pm 1,53 84 \pm 1,53	29 20 16	20 10 5	\geq 90	\geq 100	Assente
A6	100 50 25	72 \pm 1,53 80 \pm 1,53 85 \pm 1,15	28 20 15	19 9 3	\geq 90	\geq 100	Assente
B3	100 50 25	67 \pm 1,53 78 \pm 1,53 84 \pm 2,08	33 22 16	24 12 5	82,4	\geq 100	Bassa
B4	100 50 25	74 \pm 1,53 80 \pm 1,53 85 \pm 1,73	26 20 15	16 9 4	\geq 90	\geq 100	Assente
CL NE	100 50 25	57 \pm 1,53 71 \pm 2,08 83 \pm 1,53	43 29 17	35 20 6	53,5	\geq 100	Bassa
CL SW	100 50 25	59 \pm 1,15 75 \pm 1,53 85 \pm 1,00	41 25 15	33 15 4	\geq 90	\geq 100	Assente
B5	100 50 25	75 \pm 1,53 80 \pm 2,00 84 \pm 1,53	25 20 16	15 9 5	\geq 90	\geq 100	Assente
B6	100 50 25	77 \pm 1,00 80 \pm 1,53 86 \pm 1,15	23 20 14	15 9 3	\geq 90	\geq 100	Assente
K1	100 50 25	50 \pm 1,53 68 \pm 2,08 83 \pm 2,00	50 32 17	44 23 6	46,8	\geq 100	Bassa
K2	100 50 25	65 \pm 1,15 72 \pm 2,08 84 \pm 2,08	35 28 16	26 19 5	66,2	\geq 100	Bassa
K3	100 50 25	54 \pm 1,53 65 \pm 1,53 84 \pm 1,53	46 35 16	39 26 5	46,3	\geq 100	Bassa
K4	100 50 25	48 \pm 1,53 65 \pm 1,53 84 \pm 1,15	52 35 16	46 26 5	45,1	\geq 100	Bassa

Nell'inverno 2019 è stata rilevata una tossicità bassa nel tratto CL NE - B6 oltre che in CL NW, B3 e nel controllo K2. In estate è stato rilevato un peggioramento in A3 e CL NW e un miglioramento in B3; altrove la situazione è rimasta stabile.

Nell'estate 2020 è avvenuto un lieve miglioramento nelle stazioni a SW della piattaforma, in A3 e, maggiore, in CL NW, mentre nei restanti siti del transetto A è avvenuto un peggioramento altrettanto lieve eccetto in A6 in cui è stato più consistente. Anche nei controlli K2 e K3 sono state registrate variazioni analoghe.

Nell'ultimo monitoraggio la situazione è rimasta stabile o è migliorata nell'area circostante la piattaforma (eccetto in CL NW in cui è lievemente peggiorata), mentre sono apparsi leggermente più disturbati i controlli.

Rispetto al pre-survey i dati relativi al termine delle indagini suggeriscono che vi è ancora uno stato solo leggermente perturbato non riconducibile alla presenza di Clara NW riguardando anche i controlli.

Tab. 3-XXII – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. gigas* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori; PL = post lavori. I = inverno; E = estate.

Sito	PS I-15	DL E-15	1° PL I-16	2° PL E-16	3° PL I-17	4° PL E-17	5° PL I-18	6° PL E-18	7° PL I-19	8° PL E-19	10° PL E-20	11° PL I-21
A3	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa
A4									Assente	Assente	Bassa	Assente
CLNW									Bassa	Media	Assente	Bassa
CL SE	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Bassa
A5									Assente	Assente	Bassa	Assente
A6	Assente	Bassa	Assente	Media	Assente							
B3	Assente	Bassa	Assente	Media	Bassa	Assente	Media	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Bassa
B4									Assente	Assente	Bassa	Assente
CLNE									Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
CLSW									Bassa	Bassa	Assente	Assente
B5									Bassa	Bassa	Assente	Assente
B6	Assente	Bassa	Media	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente
K1	Assente	Media	Media	Media	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa
K2	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Assente	Bassa
K3	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa						
K4	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa

3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

Si ricorda che nell'inverno 2021 è stato recuperato il survey del 2020 per il quale, a causa del lockdown nazionale, non era stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi che li aveva resi inutilizzabili.

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 simili a quella evidenziata 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 effettuato nell'inverno 2021. In rosso i siti della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	18,0 ± 2,0	34	8,22	0,5	98,5 ± 1,0	18,5 ± 1,5	35	8,21	0,3	97 ± 4
A3		34	8,21	0,5			35	8,21	0,3	
A4		34	8,21	0,5			35	8,23	0,3	
CL NW		34	8,22	0,5			35	8,20	0,3	
CL SE		34	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
A5		34	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
A6		34	8,21	0,5			35	8,21	0,3	
B3		34	8,22	0,5			34	8,20	0,3	
B4		35	8,22	0,5			35	8,20	0,3	
CL NE		34	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
CL SW		34	8,22	0,5			35	8,20	0,3	
B5		34	8,23	0,5			35	8,20	0,3	
B6		34	8,22	0,5			35	8,20	0,3	
K1		34	8,22	0,5			34	8,21	0,3	
K2		35	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
K3		34	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
K4		34	8,22	0,5			34	8,21	0,3	

Tab. 3-XXIV - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* registrate nell'inverno 2021. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti alla struttura.

campione	N. organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
A3	20	10,0
A4	20	10,0
CL NW	20	10,0
CL SE	20	10,0
A5	20	10,0
A6	20	10,0

campione	N. organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
B3	20	10,0
B4	20	10,0
CL NE	20	10,0
CL SW	20	10,0
B5	20	10,0
B6	20	10,0

campione	N. organismi esposti	% organismi morti
Controllo	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 in percentuale tra le concentrazioni dei metalli pesanti registrate 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 **alluminio** (CL NE, CL SW e B3) **ferro** (siti CL, transetto B, K1 e K4), **silicio** (K4) e **zinco** (CL NW, CL SE e CL NE). Il bioaccumulo di **bario**, non quantificabile percentualmente non essendo stato rilevato nel bianco, è sicuramente correlabile alle attività della piattaforma, analogamente allo zinco. Tutti gli altri metalli ricercati o non sono stati rilevati, o hanno presentato negli organismi testati concentrazioni inferiori o comparabili 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 Clara NW. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. nr = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	1,76	7,9	nr	0,073	nr	22,6	474,5	2,1	nr	0,65	87,5	nr	171,5	0,093
Controllo	1,87	9,2	nr	0,093	nr	23,7	469,3	2,5	nr	0,72	90,7	nr	211,5	0,099
A3	1,89	8,0	1,9	0,074	nr	25,1	566,9	1,3	nr	0,53	95,1	nr	146,3	0,088
A4	1,82	8,1	1,7	0,067	nr	25,8	564,2	1,3	nr	0,51	95,5	nr	145,5	0,089
CL NW	2,00	8,6	13,1	0,055	nr	24,5	590,7	1,8	nr	0,56	91,8	nr	218,6	0,078
CL SE	2,06	8,7	13,0	0,062	nr	24,9	601,9	1,8	nr	0,54	93,8	nr	212,8	0,088
A5	1,89	8,1	1,5	0,060	nr	24,0	561,0	1,3	nr	0,48	95,1	nr	144,6	0,088
A6	1,75	7,9	2,5	0,067	nr	21,9	517,7	1,2	nr	0,56	97,3	nr	131,3	0,079
B3	2,25	7,9	3,0	0,067	nr	21,2	617,3	1,6	nr	0,56	95,0	nr	117,1	0,080
B4	1,92	8,8	2,8	0,067	nr	21,4	588,2	1,6	nr	0,59	95,5	nr	121,4	0,080
CL NE	2,22	8,5	13,0	0,062	nr	24,6	598,7	1,8	nr	0,60	89,1	nr	215,2	0,080
CL SW	2,29	8,7	13,0	0,062	nr	24,5	601,5	1,8	nr	0,53	91,6	nr	202,4	0,085
B5	1,99	7,4	2,6	0,068	nr	22,2	583,8	1,8	nr	0,50	103,9	nr	120,9	0,085
B6	1,82	8,6	3,1	0,066	nr	22,9	609,8	1,8	nr	0,45	94,6	nr	121,3	0,083
K1	1,68	8,7	nr	0,069	nr	24,1	572,3	1,6	nr	0,54	81,4	nr	133,6	0,080
K2	1,97	9,2	nr	0,065	nr	22,0	553,8	1,6	nr	0,57	92,5	nr	121,6	0,065
K3	1,68	8,3	nr	0,063	nr	22,2	621,0	1,5	nr	0,59	101,0	nr	120,4	0,079
K4	1,62	8,5	nr	0,062	nr	21,4	567,6	1,6	nr	0,57	105,3	nr	126,7	0,074

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 i siti corrispondenti a Clara NW. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. nc = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	6	16	nc	27	nc	5	-1	19	nc	11	4	nc	23	6
A3	7	1	nc	1	nc	11	19	-38	nc	-18	9	nc	-15	-5
A4	3	3	nc	-8	nc	14	19	-38	nc	-22	9	nc	-15	-4
CL NW	14	9	nc	-25	nc	8	24	-14	nc	-14	5	nc	27	-16
CL SE	17	10	nc	-15	nc	10	27	-14	nc	-17	7	nc	24	-5
A5	7	3	nc	-18	nc	6	18	-38	nc	-26	9	nc	-16	-5
A6	-1	0	nc	-8	nc	-3	9	-43	nc	-14	11	nc	-23	-15
B3	28	0	nc	-8	nc	-6	30	-24	nc	-14	9	nc	-32	-14
B4	9	11	nc	-8	nc	-5	24	-24	nc	-9	9	nc	-29	-14
CL NE	26	8	nc	-15	nc	9	26	-14	nc	-8	2	nc	25	-14
CL SW	30	10	nc	-15	nc	8	27	-14	nc	-18	5	nc	18	-9
B5	13	-6	nc	-7	nc	-2	23	-14	nc	-23	19	nc	-30	-9
B6	3	9	nc	-10	nc	1	29	-14	nc	-31	8	nc	-29	-11
K1	-5	10	nc	-5	nc	7	21	-24	nc	-17	-7	nc	-22	-14
K2	12	16	nc	-11	nc	-3	17	-24	nc	-12	6	nc	-29	-30
K3	-5	5	nc	-14	nc	-2	31	-29	nc	-9	15	nc	-30	-15
K4	-8	8	nc	-15	nc	-5	20	-24	nc	-12	20	nc	-26	-20

Confronto con i survey precedenti - Nel complesso il fenomeno del bioaccumulo è risultato moderato e non esteso a tutti i metalli considerati (Tab. 3-XXVII). Inoltre, nessun elemento ha presentato bioaccumulo per tutta la durata del monitoraggio. **As**, **Ni** e **Si** hanno mostrato un netto miglioramento a partire dal 2019. Anche **Hg** negli ultimi due survey è nettamente migliorato dopo una presenza diffusa nel 2019. Analoga situazione, anche se più attenuata, per **Al** che, nell'estate 2019, aveva presentato per la prima volta un bioaccumulo molto esteso che aveva coinvolto anche i controlli e che a fine periodo sembra limitato a pochi siti posizionati lungo l'asse NE-SW. **Zn** è stato accumulato a partire dal 2019 e nell'ultimo campionamento ha mostrato un miglioramento, pur permanendo un effetto da parte della piattaforma. Il bioaccumulo di **Fe** riscontrato nel 2021 è piuttosto esteso ma, interessando anche due siti di controllo, non è esclusivamente correlabile alla piattaforma. **Ba** è l'unico metallo in controtendenza poiché nelle due stagioni estive del 2019 e 2020 e nell'inverno 2021 è stato rilevato solo negli organismi testati sui sedimenti prelevati presso la struttura e lungo i transetti. Gli altri elementi ricercati o non hanno mostrato particolari variazioni a fine periodo, o hanno confermato l'assenza di biodisponibilità o non sono stati affatto rilevati.

Tab. 3-XXVII - Confronto tra le differenze delle concentrazioni dei metalli pesanti con il bianco rilevate nel pre-survey (PS), nel durante lavori (DL) e nei monitoraggi post lavori (PL). Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° post lavori) non è stato possibile condurre tale tipologia di indagine per il lockdown da COVID-19. Per una più immediata lettura il bioaccumulo è indicato dalle caselle rosse, mentre le concentrazioni inferiori o confrontabili con il bianco sono indicate in verde. n.c. = non calcolabile in quanto il metallo è risultato non rilevabile. n.c.* = non calcolabile in quanto rilevato nei sedimenti da testare ma non nel bianco, per cui non è stato possibile stimare il rapporto.

	ALLUMINIO											ARSENICO											BARIO														
	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	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	
A3	n.c.	n.c.																																			
A4	n.c.	n.c.																																			
CL NW																																					
CL SE	n.c.	n.c.																																			
A5	n.c.	n.c.																																			
A6	n.c.	n.c.																																			
B3	n.c.	n.c.																																			
B4	n.c.	n.c.																																			
CL NE																																					
CL SW																																					
B5	n.c.	n.c.																																			
B6	n.c.	n.c.																																			
K1	n.c.	n.c.																																			
K2	n.c.	n.c.																																			
K3	n.c.	n.c.																																			
K4	n.c.	n.c.																																			

	CADMIO											CROMO											RAME														
	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	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	
A3																																					
A4																																					
CL NW																																					
CL SE																																					
A5																																					
A6																																					
B3																																					
B4																																					
CL NE																																					
CL SW																																					
B5																																					
B6																																					
K1																																					
K2																																					
K3																																					
K4																																					

Tab. 3-XXVII - Continuo.

	FERRO											NICHEL											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	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	
A3																																					
A4																																					
CL NW																																					
CL SE																																					
A5																																					
A6																																					
B3																																					
B4																																					
CL NE																																					
CL SW																																					
B5																																					
B6																																					
K1																																					
K2																																					
K3																																					
K4																																					

	PIOMBO											SILICIO											VANADIO														
	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	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	11° PL	
A3																																					
A4																																					
CL NW																																					
CL SE																																					
A5																																					
A6																																					
B3																																					
B4																																					
CL NE																																					
CL SW																																					
B5																																					
B6																																					
K1																																					
K2																																					
K3																																					
K4																																					

Tab. 3-XXVII - Continuo.

	ZINCO											MERCURIO												
	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
A3	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green							
A4	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
CL NW	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
CL SE	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
A5	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
A6	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
B3	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
B4	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
CL NE	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
CL SW	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
B5	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
B6	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
K1	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
K2	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
K3	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						
K4	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green						

3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXVIII sono riportati i valori dei biomarker analizzati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti e relativi ai survey condotti nel 2019, nell'estate 2020 e nell'inverno 2021.

3.5.2.1 Micronuclei

I risultati del test dei micronuclei hanno evidenziato nell'inverno 2021 una distribuzione di frequenze di micronuclei nei celomociti omogenea tra i siti investigati, compresa tra $0,8 \pm 0,2\%$ e $1,1 \pm 0,2\%$ (fig. 3.36), senza differenze significative tra le diverse stazioni investigate (Tab. 3-XXIX). La distribuzione osservata tende ad ipotizzare la scarsa genotossicità indotta nei policheti da parte della matrice ambientale testata, analogamente alle stagioni precedenti. 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).

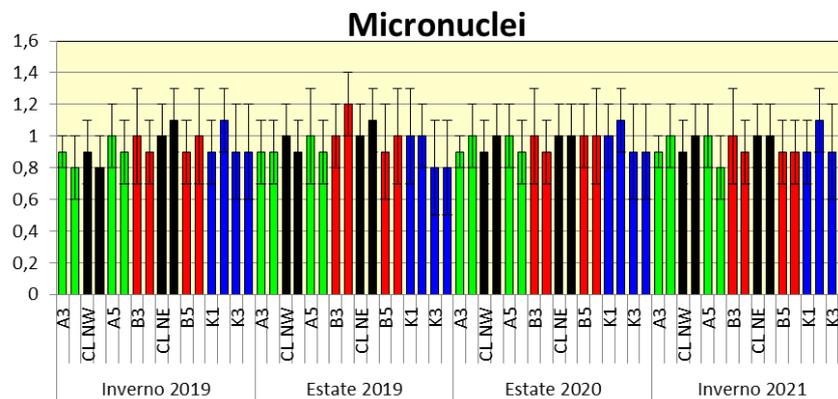


Fig. 3.36 – Valori medi (\pm dev.st.) delle frequenze di micronuclei (frequenza %) riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXVIII - Risultati degli indici sub-letali di stress evidenziati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e nell'inverno 2021. Nell'inverno 2020 questa indagine non è stata effettuata a causa del lockdown da COVID-19. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

INVERNO 2019	Unità di misura	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	0,9±0,1	0,8±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,0±0,2	1,1±0,2	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,1±0,2	0,9±0,3	0,9±0,3
Catalasi	μmol/min/mg di prot	49,6±12,7	50,7±7,5	48,0±7,0	51,0±6,5	53,7±7,7	55,2±7,0	53,0±11,0	59,0±12,5	50,1±5,7	51,5±7,0	55,0±7,5	59,6±8,4	63,5±8,2	60,0±13,7	59,6±11,4	58,1±7,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	31,2±7,1	36,9±8,0	35,2±10,5	33,2±8,5	30,2±6,0	38,4±8,8	33,2±9,6	32,1±6,6	39,8±13,7	51,2±4,8	38,1±9,6	50,5±2,4	37,5±8,6	33,4±12,6	29,5±9,1	31,7±8,3
Stabilità lisosmiale	min	105,0±13,0	102,2±10,0	79,9±8,1	80,2±5,5	98,5±8,0	107,6±13,5	99,2±11,0	81,9±15,4	77,1±9,6	86,1±8,0	85,9±6,0	99,0±5,5	102,5±5,5	95,1±9,5	101,0±10,0	99,3±8,9
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	82±12,0	71±12,1	69,2±9,1	55,1±7,1	65,3±11,0	73,0±14,2	84,0±16,4	80,0±15,1	71,2±9,9	75,5±9,1	86,0±12,0	70,1±6,2	77±14,0	78,1±16,0	71,0±10,2	73,6±16,0
Metallotioneine	μg/mg prot	30,4±9,1	22,9±6,1	34,2±4,5	31,8±2,5	19,7±6,0	14,9±8,0	26,8±6,9	30,8±4,5	32,1±4,7	36,2±3,7	24,7±3,6	21,8±1,8	20,8±8,5	17,8±5,5	12,8±5,5	16,3±8,5
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	11,1±3,5	11,3±2,0	16,1±3,5	12,1±1,5	13,3±1,0	9,3±1,9	6,0±2,1	8,1±2,4	11,1±5,5	25,1±3,7	13,1±2,8	8,1±2,5	11,7±7,5	8,9±1,5	9,8±3,2	6,2±2,7

ESTATE 2019	Unità di misura	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	0,9±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,0±0,2	1,2±0,2	1,0±0,2	1,1±0,2	0,9±0,3	1,0±0,3	1,0±0,3	1,0±0,2	0,8±0,3	0,8±0,3
Catalasi	μmol/min/mg di prot	51,2±14,7	52,7±9,5	54,0±5,5	50,0±7,5	55,8±9,7	60,4±8,5	52,0±9,0	80,1±8,1	52,2±8,5	53,5±8,8,0	50,5±6,9	61,4±9,0	51,0±8,6	52,1±10,5	60,0±9,3	60,3±5,5
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	45,3±9,1	43,7±6,0	45,2±12,5	42,2±11,5	42,2±11,0	45,4±12,5	49,5±12,6	41,0±10,6	47,8±12,7	54,2±9,1	42,1±11,6	51,0±8,4	42,6±7,2	40,5±11,4	40,6±11,1	45,5±11,3
Stabilità lisosmiale	min	90,0±11,0	91,5±11,5	80,0±8,1	81,5±5,5	99,3±8,7	95,6±10,2	100,5±10,0	72,9±8,5	75,2±10,6	82,1±7,5	86,7±15,0	90,0±5,5	92,3±8,1	93,1±11,5	99,0±11,0	98,3±7,9
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	70±10,0	61±9,1	59,2±8,1	54,1±6,1	65,3±9,0	63,0±8,2	64,0±8,4	70,0±9,1	61,2±8,9	65,5±10,1	66,0±9,0	60,1±8,2	67±9,0	68,1±9,0	61,0±8,2	63,6±6,0
Metallotioneine	μg/mg prot	27,4±9,1	20,9±7,1	36,2±5,1	35,0±3,3	20,7±7,2	19,9±7,1	20,8±7,0	35,8±5,5	37,1±7,2	35,2±5,3	20,7±4,8	20,7±5,5	21,6±8,8	21,8±6,5	19,5±9,5	19,9±9,5
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	12,1±4,5	14,3±3,6	14,1±4,6	13,1±3,5	12,3±3,0	10,3±1,9	9,0±4,5	9,1±4,4	15,1±3,8	10,1±4,9	11,1±3,7	9,1±3,5	9,5±5,3	9,9±2,5	10,8±4,2	9,2±3,7

Tab. 3-XXVIII - Continuo.

ESTATE 2020	Unità di misura	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	B3	B4	CL NE	CL 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	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,3	1,0±0,2	1,1±0,2	0,9±0,3	0,9±0,3
Catalasi	μmol/min/mg di prot	48,5±11,5	51,7±8,5	49,5±6,5	52,1±5,5	52,3±6,5	52,0±5,5	50,9±10,5	55,0±10,0	52,2±7,7	50,5±8,0	53,0±6,5	57,0±9,8	60,1±7,2	62,0±10,0	55,9±13,0	57,0±8,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	41,5±8,1	45,9±11,0	42,2±11,5	40,7±6,5	41,2±8,3	45,4±6,3	42,7±11,6	42,7±5,2	44,5±10,7	41,8±5,4	44,5±11,2	48,5±8,4	47,5±5,6	49,4±10,6	45,7±11,7	48,7±9,2
Stabilità lisosmiale	min	99,0±10,0	95,2±9,0	65,9±6,5	71,2±5,5	89,5±8,0	95,6±13,5	96,2±11,8	74,9±10,4	68,1±5,6	77,1±5,5	78,9±6,5	84,0±5,5	98,5±5,8	86,1±9,8	91,0±10,8	89,3±8,9
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	80,0±112,4	81,0±113,0	69,0±14,1	65,1±12,1	85,3±12,0	82,0±11,0	81,4±13,5	86,0±14,9	81,2±13,9	84,5±10,1	94,5±12,1	80,1±10,6	87,0±11,3	88,3±11,3	81,2±13,2	83,5±12,2
Metallotioneine	μg/mg prot	35,4±6,5	29,8±6,0	44,0±3,5	41,8±3,5	29,7±6,5	25,0±8,5	22,8±7,1	35,8±5,5	42,1±3,5	36,2±3,0	34,3±5,5	31,9±5,5	20,6±4,5	27,3±5,0	22,8±5,0	26,3±6,3
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	12,9±5,5	14,0±3,5	13,1±2,5	13,1±2,5	12,3±3,0	13,3±4,0	10,0±3,0	9,1±3,5	14,4±4,5	18,0±4,0	12,9±3,8	10,5±3,0	9,9±5,5	9,2±2,5	9,6±4,2	7,2±3,0

INVERNO 2021	Unità di misura	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	B3	B4	CL NE	CL 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	0,8±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	1,1±0,2	0,9±0,3	0,8±0,3
Catalasi	μmol/min/mg di prot	51,5±10,5	49,5±8,5	51,5±6,8	53,1±4,9	52,9±6,5	50,0±8,5	50,6±10,5	51,8±10,0	52,2±6,7	50,5±7,5	53,0±6,5	57,0±9,8	62,1±7,2	60,0±9,9	55,9±11,0	57,2±8,1
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	54,5±9,1	56,9±11,1	53,2±9,5	54,7±6,5	52,2±8,0	56,4±7,9	54,7±9,5	53,7±11,6	52,5±10,0	50,8±7,2	56,5±8,7	54,5±8,4	53,5±7,6	54,4±8,5	52,7±8,8	53,7±9,3
Stabilità lisosmiale	min	89,1±7,2	85,3±8,2	75,5±5,5	81,5±3,5	99,9±7,5	85,0±12,6	87,4±10,3	84,2±9,5	78,3±6,6	82,2±4,5	88,8±7,8	94,1±6,8	98,3±7,3	96,2±7,9	91,1±9,9	99,2±8,4
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	82,5±12,7	83,6±13,2	65,4±14,1	63,4±12,1	86,8±12,1	83,7±11,5	83,6±13,5	85,2±9,9	86,4±13,9	82,8±10,0	84,3±9,1	81,9±8,6	88,6±13,0	87,3±9,3	84,7±10,2	86,4±10,2
Metallotioneine	μg/mg prot	34,5±5,5	31,4±6,1	51,2±3,8	49,7±3,7	30,6±6,4	29,2±5,2	28,4±8,5	31,5±7,5	40,2±3,9	55,3±2,0	32,6±6,5	33,5±6,5	26,5±5,5	29,2±5,1	25,6±4,2	24,5±6,0
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	10,9±5,3	11,0±3,3	9,1±2,3	9,1±2,5	9,3±3,1	10,3±4,2	8,0±3,1	8,1±3,2	10,4±4,2	11,0±4,1	11,9±3,0	9,5±3,1	8,2±5,4	8,4±2,0	9,0±4,1	7,1±4,1

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

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

3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi nell'inverno 2021 è risultata compresa tra $49,5 \pm 8,5$ (A4) e $62,1 \pm 7,2$ $\mu\text{moli}/\text{min mg}$ di proteine totali (K1; fig. 3.37). In nessun caso sono state osservate differenze significative tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti prelevati (Tab. 3-XXX). Le risposte biologiche osservate durante l'intero monitoraggio hanno evidenziato l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato, con l'unica eccezione del sito B4 in estate 2019. Esse risultano simili o inferiori a quelle riportate dalla letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Douhri *et al.*, 2009; Solè *et al.*, 2008; Bouraoui *et al.*, 2010; Ghribi *et al.*, 2019).

3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutazione transferasi

L'attività della glutazione transferasi misurata nei tessuti dei policheti è risultata omogenea tra i siti nell'inverno 2021 e compresa tra $50,8 \pm 7,2$ (CL SE) e $56,4 \pm 11,1$ $\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ di prot. (A4; fig. 3.38 e Tab. 3-XXXI), senza particolari differenze con i dati delle due stagioni precedenti. Le risposte osservate risultano simili o inferiori a quelle riportate dalla letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Durou *et al.*, 2007; Douhri *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).

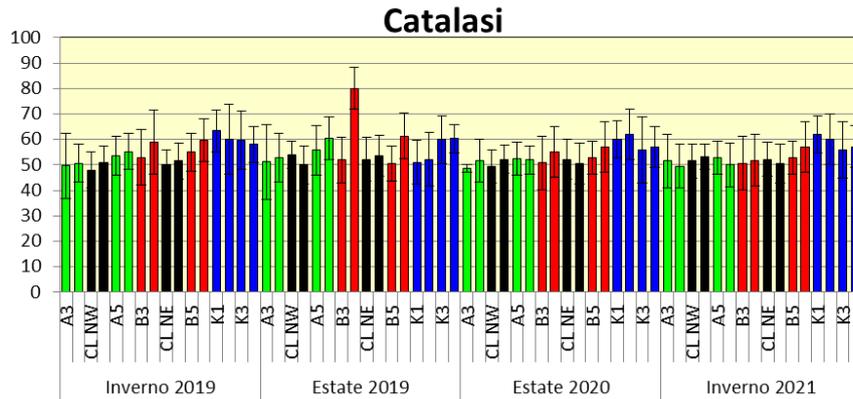


Fig. 3.37 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività di catalasi ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ di proteine) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW dal 2019 al 2021.

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

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

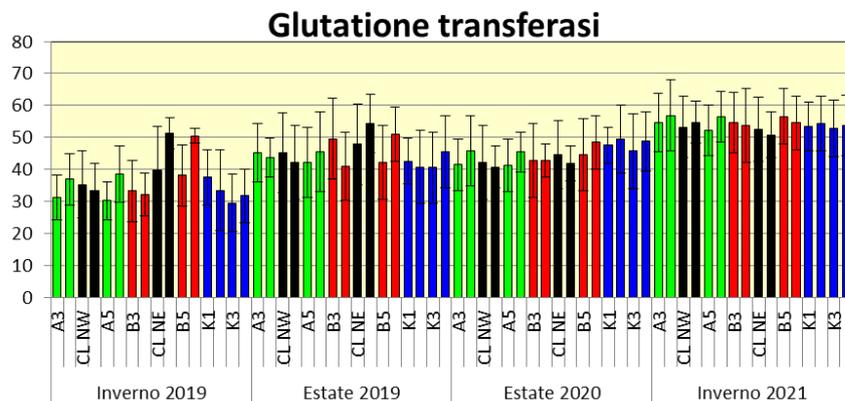


Fig. 3.38 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della glutazione transferasi ($\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ di prot proteine totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXXI - Analisi statistica associata ai livelli dell'attività del glutatione transferasi evidenziati nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2021. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali

Nell'inverno 2021 sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra $75,5 \pm 5,5$ min (CL NW) e $99,2 \pm 7,5$ min (A5; fig. 3.39). Confrontando la distribuzione dei valori osservati, gli organismi esposti ai sedimenti dei 4 siti CL hanno evidenziato una diminuzione significativa rispetto a tre controlli, analogamente a quanto riscontrato precedentemente, ad A5 e B6 (Tab. 3-XXXII).

Nel complesso i tempi di destabilizzazione osservati confermano una moderata condizione di stress e valori simili a quelli rinvenuti in altri studi (Molledo *et al.*, 2019; Galloway *et al.*, 2010).

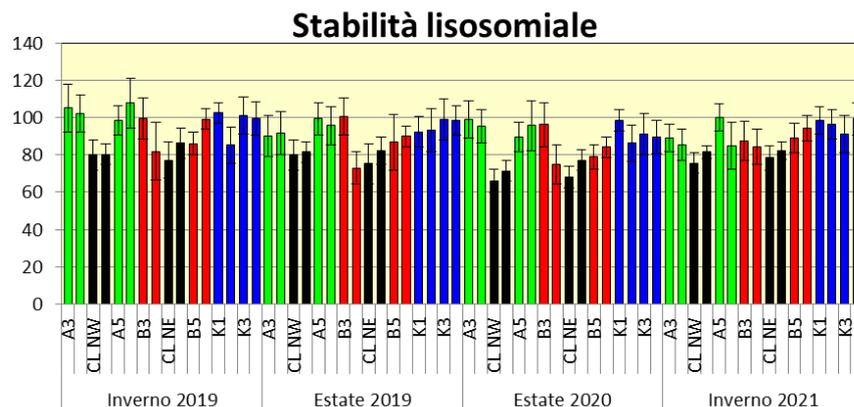


Fig. 3.39 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW dal 2019 al 2021.

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

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

3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

Nell'ultimo survey i livelli medi di attività mitocondriale misurata sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti investigati sono risultati compresi tra $63,4 \pm 12,1$ e $88,6 \pm 13,0$ Intensità/ μm^2 , osservati rispettivamente presso CL SE e K1. Seppur evidenziando una diminuzione dell'attività mitocondriale presso alcuni siti in vicinanza del pozzo, in nessun caso vengono osservate differenze significative tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti (fig. 3.40; Tab. 3-XXXIII).

Tale risultato tende a indicare l'assenza di effetto sulla funzionalità dei mitocondri nei celomociti dei policheti come precedentemente.

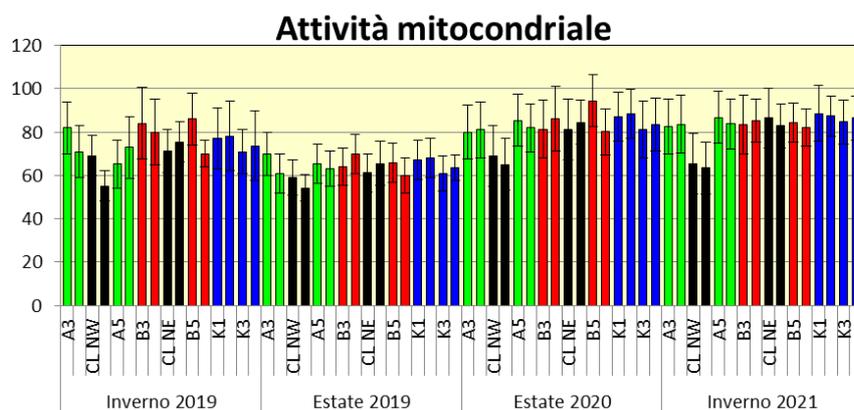


Fig. 3.40 - Valori medi (\pm dev.st.) di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXXIII - Confronto statistico (Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo) tra i valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2021.

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

3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

Nell'inverno 2021 è stato osservato un aumento di metallotioneine nei 4 siti CL rispetto ai controlli, analogamente ai survey del 2019 e 2020, e tre di essi (CL NW, CL SE e CL SW) hanno presentato livelli di metallotioneine significativamente superiori anche rispetto ai siti dei transetti (fig. 3.41 e Tab. 3-XXXIV). La distribuzione dei valori evidenzia pertanto la presenza di uno stress limitato spazialmente, poiché tutti gli altri siti dei transetti risultano confrontabili con almeno un riferimento come in precedenza. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).

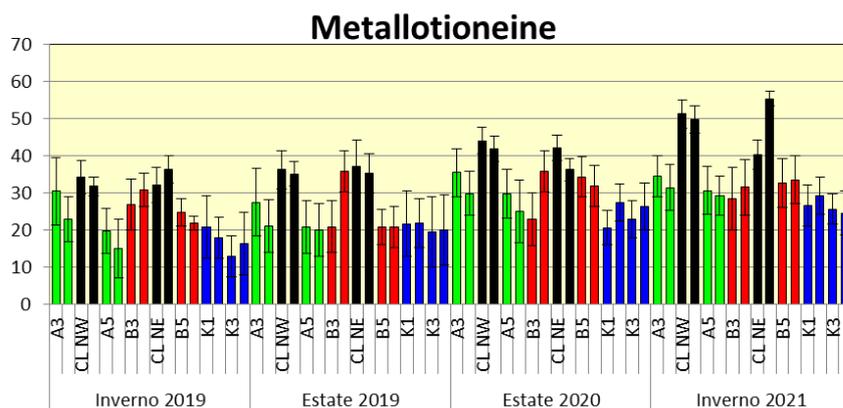


Fig. 3.41 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXXIV - Confronto statistico (Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo) dei valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2021.

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

3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

La distribuzione dei livelli di composti aromatici relativa al campionamento invernale del 2021 ha mostrato valori compresi tra $7,1 \pm 4,1$ (K4) e $11,9 \pm 3,0$ unità di densità ottica/pixel (B5; fig. 3.42), indicando una distribuzione omogenea come in estate 2019 (Tab. 3-XXXV). Quanto osservato nell'ultimo monitoraggio tende a ipotizzare l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi.

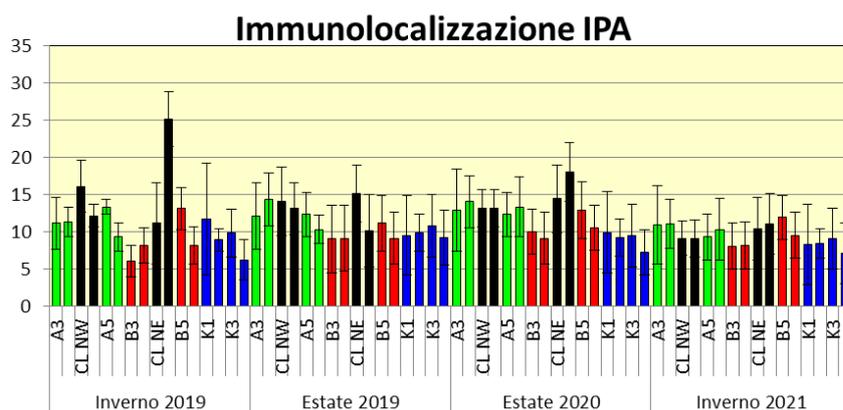


Fig. 3.42 - Valori medi (\pm dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW dal 2019 al 2021.

Tab. 3-XXXV - Confronto statistico (Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2021.

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

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

Si ricorda che nell'inverno 2021 è stato recuperato il survey del 2020 durante il quale non era stato possibile effettuare il prelievo di esemplari per l'improvviso blocco delle attività a seguito del lockdown nazionale. Si riportano qui di seguito i risultati conseguiti nell'ultimo triennio (2019-2021). Per i precedenti consultare Fabi *et al.*, 2019b.

3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Nell'inverno del 2021 il contenuto di MOE nei mitili campionati presso la piattaforma Clara NW è risultato del tutto paragonabile a quello dei mitili di controllo e in generale più alto dei livelli misurati nelle campagne di indagine precedenti a partire da quella dell'inverno 2019, con valori sempre compresi tra circa 10% e 12% (fig.3.43; Tab. 3-XXXVI). Tale incremento potrebbe riflettere semplicemente una fluttuazione stagionale.

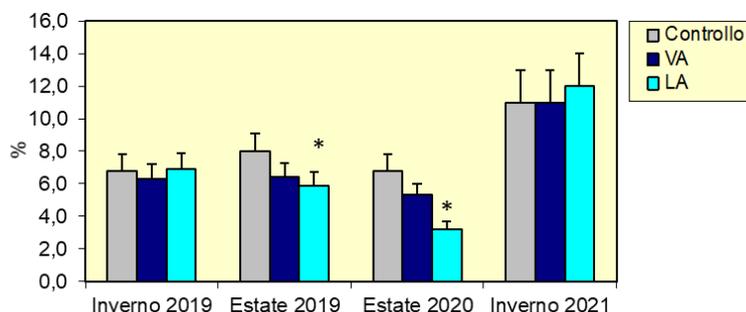


Fig. 3.43 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0.05$).

Tab. 3-XXXVI - Distribuzione MOE (%) rilevata nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

MOE	Controllo	VA	LA
Inverno 2019	6,8 ± 1,0	6,3 ± 0,9	6,9 ± 1,0
Estate 2019	8,0 ± 1,1	6,4 ± 0,9	5,9 ± 0,8
Estate 2020	6,8 ± 1,0	5,3 ± 0,7	3,2 ± 0,5
Inverno 2021	11,0 ± 2,0	11,0 ± 2,0	12,0 ± 2,0

3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

In fig. 3.44 e in Tab. 3-XXXVII vengono riportati i livelli degli IA dal C15 al C31 e la loro sommatoria misurati nei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e al controllo. Per quanto riguarda il campionamento condotto nell'inverno 2021, i livelli di IA nel segmento C15-C31 sono risultati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità nei mitili provenienti dalla piattaforma Clara NW (VA e LA) e misurabili negli organismi di riferimento, con una sommatoria totale pari a circa 90 mg/Kg (p.s.). Questo valore può essere considerato del tutto in linea con le concentrazioni che spesso vengono misurate in organismi di riferimento o comunque provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di contaminazione (Benedetti *et al.*, 2014; Etiope *et al.*, 2014).

Se da un lato, quindi, quanto osservato nei mitili della piattaforma consente di escludere la presenza di impatto antropico, come del resto era stato già evidenziato nell'ambito della campagna di monitoraggio del 2020, la comparsa di concentrazioni misurabili negli organismi di riferimento potrebbe semplicemente riflettere una differente condizione trofica, considerando che spesso livelli simili di idrocarburi alifatici riflettono fenomeni naturali di decomposizione di alghe e piante marine (Benedetti *et al.*, 2014; Etiope *et al.*, 2014).

Considerando che nell'estate del 2020 i livelli sono risultati ovunque inferiori al valore di LOD come in inverno 2021 presso la piattaforma, per questi casi non è stato possibile misurare gli indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici (Tab. 3-XXXVIII).

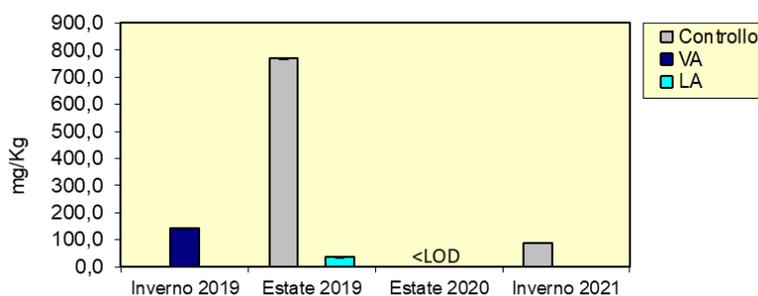


Fig. 3.44 - Concentrazioni di IA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Clara NW e nel sito di riferimento nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXXVII - Distribuzione degli IA (mg/kg; \pm dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 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 \pm 4	<1	<1	<1	<1	<1	1,6 \pm 0,5	<1	<1
C18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,1 \pm 0,6	<1	<1
C19	<1	<1	<1	200 \pm 59	<1	<1	<1	<1	<1	2,9 \pm 0,9	<1	<1
C20	<1	<1	<1	<1	<1	3,9 \pm 1,2	<1	<1	<1	1,8 \pm 0,5	<1	<1
C21	<1	<1	<1	120 \pm 35	<1	7,3 \pm 2,2	<1	<1	<1	9,2 \pm 2,8	<1	<1
C22	<1	<1	<1	<1	<1	4,5 \pm 1,4	<1	<1	<1	7,9 \pm 2,4	<1	<1
C23	<1	<1	<1	140 \pm 41	<1	3,2 \pm 1	<1	<1	<1	12 \pm 4	<1	<1
C24	<1	19 \pm 6	<1	<1	<1	1,6 \pm 0,5	<1	<1	<1	8,2 \pm 2,4	<1	<1
C25	<1	17 \pm 5	<1	110 \pm 33	<1	3,8 \pm 1,1	<1	<1	<1	9,0 \pm 2,7	<1	<1
C26	<1	26 \pm 8	<1	<1	<1	3,0 \pm 0,9	<1	<1	<1	6,7 \pm 2	<1	<1
C27	<1	18 \pm 5	<1	<1	<1	3,0 \pm 0,9	<1	<1	<1	6,3 \pm 1,9	<1	<1
C28	<1	19 \pm 6	<1	<1	<1	2,5 \pm 0,8	<1	<1	<1	12 \pm 4	<1	<1
C29	<1	17 \pm 5	<1	2,9 \pm 0,9	<1	1,9 \pm 0,6	<1	<1	<1	3,3 \pm 1,0	<1	<1
C30	<1	13 \pm 4	<1	26 \pm 8	<1	1,7 \pm 0,5	<1	<1	<1	3,1 \pm 0,9	<1	<1
C31	<1	14 \pm 4	<1	160 \pm 48	<1	<1	<1	<1	<1	3,4 \pm 1,0	<1	<1
Pristano	nd	nd	nd	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fitano	nd	nd	nd	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ΣIA	<1	143	<1	770,9	<1	36,4	<1	<1	<1	89,5	<1	<1

Nei monitoraggi in cui si disponeva di dati era sempre emerso un valore del rapporto LMW/HMW inferiore all'unità che indicava il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati, mentre per l'indice CPI i valori erano risultati quasi sempre superiori all'unità.

Tab. 3-XXXVIII - Indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti molli di mitili *M. galloprovincialis* prelevati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 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
MH	n.c.	C26	n.c.	C19	n.c.	C21	n.c.	n.c.	n.c.	C23 - C28	n.c.	n.c.
LMW/HMW	n.c.	0,04	n.c.	0,38	n.c.	0,27	n.c.	n.c.	n.c.	0,12	n.c.	n.c.
CPI	n.c.	0,7	n.c.	17,8	n.c.	1,16	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.	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.	n.c.

3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Per quanto riguarda gli IPA totali, i livelli relativi all'inverno 2021 sono stati pari a circa 68 ng/g (p.s.) nei tessuti dei mitili di riferimento e rispettivamente 197 e 175 ng/g (p.s.) negli organismi prelevati dai siti VA e LA della piattaforma Clara NW (Tab. 3-XXXIX; fig. 3.45). In generale sia i valori degli organismi di controllo, sia quelli dei mitili della piattaforma possono essere considerati del tutto modesti e bassi, simili a quelli che normalmente vengono osservati in organismi provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di impatto antropico (Bocchetti *et al.*, 2008).

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 come già indicato i valori totali di IPA siano tali da non destare particolare attenzione, è bene mettere in evidenza che i livelli di alcuni congeneri ad alto

peso molecolare, tra i quali benzo(a)pirene e fluorantene sia nei mitili di riferimento che in quelli della piattaforma, pirene nei soli mitili di piattaforma e indeno(1,2,3-dc)pirene negli organismi del sito VA, mostrano concentrazioni degne di nota: se infatti non preoccupano i livelli totali osservati, lo squilibrio del rapporto tra IPA ad alto e basso peso molecolare potrebbe indicare un'origine antropica di questi idrocarburi.

Questo aspetto in parte era stato già osservato in occasione della precedente campagna di monitoraggio del 2020, laddove a margine di livelli totali del tutto modesti, erano state rilevate concentrazioni degne di nota di crisene e fluorantene nei soli mitili del sito LA.

Tab. 3-XXXIX - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nei campionamenti condotti nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. Valori espressi in ng/g p.s. \pm incertezza. 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 \pm 28	130 \pm 45	< 52	69 \pm 24	<17	<19	<13	25 \pm 9	28 \pm 10	15 \pm 5	<23	<25
Acenaftene	200 \pm 71	370 \pm 130	310 \pm 110	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<6,8	<23	<25
Acenaftilene	< 31	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<6,8	<23	<25
Antracene	< 31	< 53	< 52	56 \pm 20	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Benzo (a) antracene	62 \pm 22	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Benzo (a) pirene	210 \pm 73	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	42 \pm 15	84 \pm 29	85 \pm 30
Benzo (b) fluorantene	180 \pm 62	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Benzo (g,h,i) perilene	76 \pm 3	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Benzo (k) fluorantene	150 \pm 52	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Crisene	94 \pm 33	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	24 \pm 8	<10	<23	<25
Dibenzo (a,e) pirene	< 31	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Dibenzo (a,h) antracene	< 31	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Dibenzo (a,h) pirene	< 31	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Fenantrene	40 \pm 14	< 53	< 52	67 \pm 23	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Fluorantene	96 \pm 33	< 53	< 52	40 \pm 14	<17	<19	<13	<13	70 \pm 25	11 \pm 4	42 \pm 15	45 \pm 16
Fluorene	< 31	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	<23	<25
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	73 \pm 26	< 53	< 52	<16	<17	<19	<13	<13	<14	<10	36 \pm 13	<25
Pirene	110 \pm 39	< 53	< 52	30 \pm 10	<17	<19	<13	13 \pm 5	52 \pm 18	<10	35 \pm 12	45 \pm 16
Σipa	1371	500	310	262				38	174	68	197	175

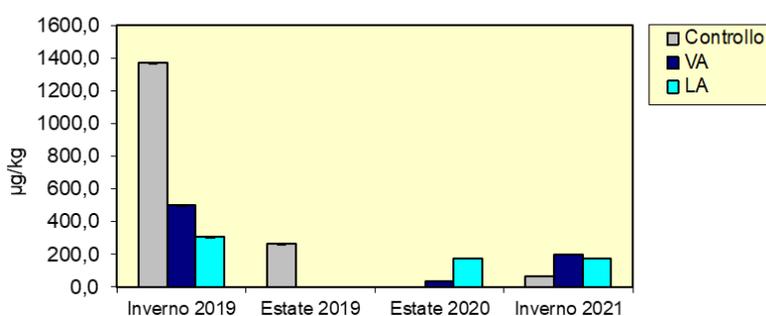


Fig. 3.45 - Concentrazioni di IPA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.1.4 Metalli pesanti

In fig. 3.46 e in Tab. 3-XL sono riportati i risultati ottenuti per gli elementi in traccia rinvenuti nei tessuti dei mitili provenienti dal controllo e dai siti VA e LA di Clara NW.

Le concentrazioni misurate nella campagna del 2021 possono essere considerate, in linea generale, del tutto modeste, perfettamente rientranti nei normali range di variazione stagionale tipici per mitili provenienti da aree costiere di riferimento o da installazioni off-shore del mare Adriatico (Fattorini *et al.*, 2008).

Si evidenzia, tuttavia, l'**arsenico** che mostra livelli tendenzialmente elevati nel sito LA della piattaforma Clara NW e pari a circa 35 $\mu\text{g/g}$ (p.s.); questi livelli si posizionano infatti al margine superiore dell'intervallo naturale di variabilità anche se risultano confrontabili rispetto a quelli misurati negli organismi di riferimento in considerazione del limite di incertezza. Questo elemento normalmente può variare stagionalmente da poche unità fino a circa 40 $\mu\text{g/g}$ (p.s.); tale variabilità è legata fortemente alle condizioni riproduttive, alla disponibilità alimentare e alla salinità. Inoltre, i livelli di questo elemento nei tessuti dei mitili si trovano prevalentemente (se non esclusivamente) sotto forma di composti organici di origine naturale (come arsenobetaina), e assolutamente privi di tossicità. Le differenze osservate tra i mitili di riferimento e quelli prelevati in piattaforma potrebbero riflettere un differente stadio di maturazione dei mitili, tale da influenzare la capacità di accumulare arsenico in tessuti ricchi di sostanze lipidiche.

Vale la pena inoltre evidenziare che il **cadmio** (Cd) mostra livelli maggiori nei siti VA e soprattutto LA, rispetto ai valori ottenuti al controllo. Tuttavia tali valori, inclusi in un range pari a circa 1-1,5 $\mu\text{g/g}$ (p.s.), rientrano perfettamente nei limiti normalmente misurati i mitili provenienti da aree non contaminate, pertanto le differenze osservate probabilmente riflettono solamente fluttuazioni fisiologiche, in relazione allo sviluppo dei tessuti degli organismi.

Per quanto concerne gli altri metalli, laddove sono presenti delle piccole oscillazioni tra i gruppi di mitili analizzati, queste rientrano comunque sempre all'interno dei normali range di fluttuazione stagionale noti per i mitili (Fattorini *et al.*, 2008), e sono pertanto anch'esse da imputarsi probabilmente ad un differente stato del normale ciclo biologico degli organismi di riferimento rispetto a quelli provenienti dalla piattaforma, che come noto è in grado di influenzare notevolmente l'andamento dei livelli di molti elementi in traccia. Non

si evidenziano, in aggiunta, differenze degni di nota tra i livelli ottenuti durante la presente campagna (2021) e le precedenti.

In aggiunta, non si evidenziano criticità degne di nota 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 cui concentrazioni misurate nei mitili di questa piattaforma sono risultate sempre più basse. Per quanto riguarda le concentrazioni di mercurio (Hg), il valore misurato è inferiore anche rispetto al valore di riferimento EQS (Environmental Quality Standard o SQA, Standard di qualità ambientale), 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.

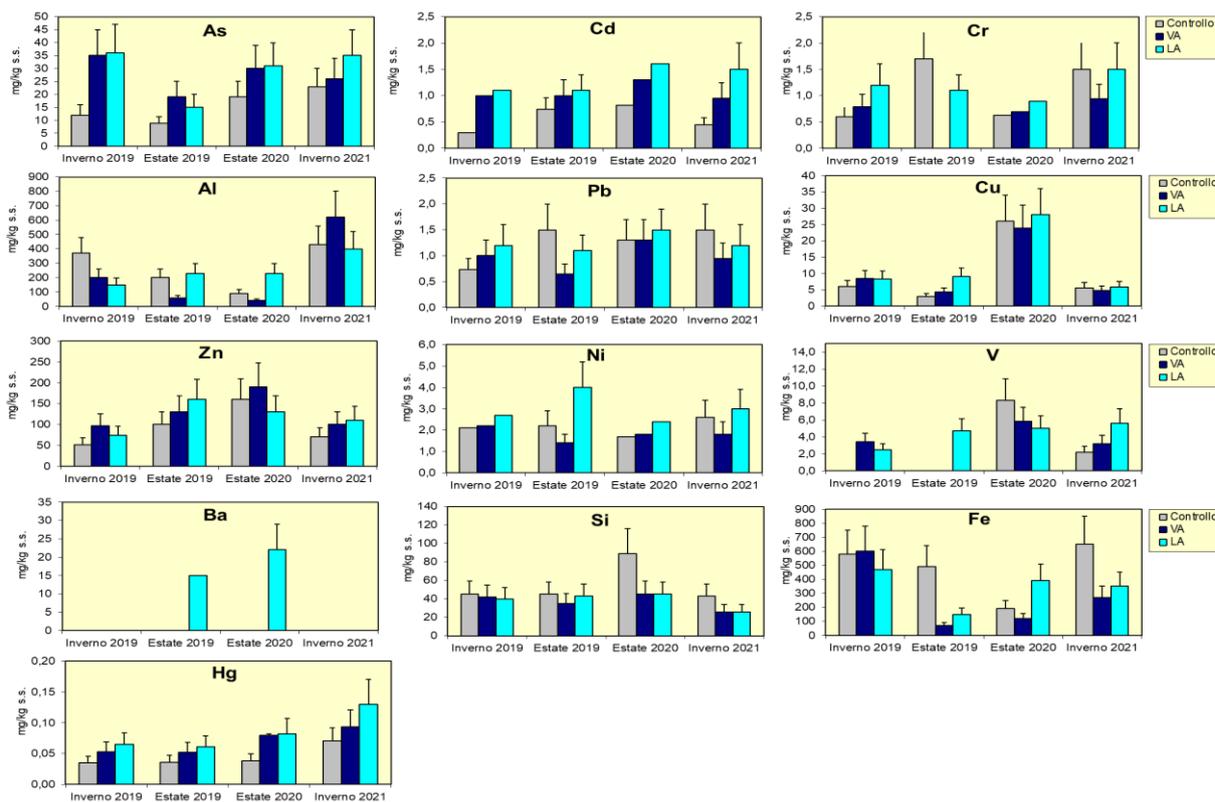


Fig. 3.46 - Concentrazioni (mg/kg p.s. \pm incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non è riportato l'indio in quanto inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

Tab. 3-XL - Distribuzione dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Valori espressi in mg/kg p.s. \pm incertezza. LOD = limite di quantificazione strumentale.

	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
As	12 \pm 4	35 \pm 10	36 \pm 11	8,8 \pm 2,6	19 \pm 6	15 \pm 5	19 \pm 6	30 \pm 9	31 \pm 9	23 \pm 7	26 \pm 8	35 \pm 10
Cd	0,29 \pm 0,09	1,0 \pm 0,3	1,1 \pm 0,3	0,74 \pm 0,22	1 \pm 0,3	1,1 \pm 0,3	0,82	1,3	1,6	0,45 \pm 0,13	0,95 \pm 0,29	1,5 \pm 0,5
Cr	0,6 \pm 0,18	0,79 \pm 0,24	1,2 \pm 0,4	1,7 \pm 0,5	< LOD	1,1 \pm 0,3	0,63	0,69	0,89	1,5 \pm 0,5	0,94 \pm 0,28	1,5 \pm 0,5
Al	370 \pm 110	200 \pm 59	150 \pm 46	200 \pm 59	58 \pm 18	230 \pm 69	89 \pm 27	41 \pm 12	230 \pm 68	430 \pm 130	620 \pm 180	400 \pm 120
Hg	0,035 \pm 0,011	0,053 \pm 0,016	0,065 \pm 0,019	0,036 \pm 0,011	0,052 \pm 0,016	0,061 \pm 0,018	0,038 \pm 0,012	0,080 \pm 0,024	0,082 \pm 0,025	0,071 \pm 0,021	0,093 \pm 0,028	0,13 \pm 0,04
Pb	0,73 \pm 0,22	1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5	0,65 \pm 0,19	1,1 \pm 0,3	1,3 \pm 0,4	1,3 \pm 0,4	1,5 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5	0,95 \pm 0,29	1,2 \pm 0,4
Cu	6 \pm 1,8	8,4 \pm 2,5	8,3 \pm 2,5	2,9 \pm 0,9	4,3 \pm 1,3	9 \pm 2,7	26 \pm 8	24 \pm 7	28 \pm 8	5,6 \pm 1,7	4,8 \pm 1,4	5,8 \pm 1,7
Zn	52 \pm 16	97 \pm 29	74 \pm 22	100 \pm 30	130 \pm 39	160 \pm 48	160 \pm 49	190 \pm 58	130 \pm 39	71 \pm 21	100 \pm 30	110 \pm 34
Ni	2,1	2,2	2,7	2,2 \pm 0,7	1,4 \pm 0,4	4 \pm 1,2	1,7	1,8	2,4	2,6 \pm 0,8	1,8 \pm 0,6	3,0 \pm 0,9
V	< LOD	3,4 \pm 1	2,5 \pm 0,7	< LOD	< LOD	4,7 \pm 1,4	8,3 \pm 2,5	5,8 \pm 1,7	5,0 \pm 1,5	2,2 \pm 0,7	3,2 \pm 1,0	5,6 \pm 1,7
Ba	< LOD	15	< LOD	< LOD	22 \pm 7	< LOD	< LOD	< LOD				
Si	45 \pm 14	42 \pm 13	40 \pm 12	45 \pm 13	35 \pm 12	43 \pm 13	89 \pm 27	45 \pm 14	45 \pm 13	43 \pm 13	26 \pm 8	26 \pm 8
Fe	580 \pm 170	600 \pm 180	470 \pm 140	490 \pm 150	71 \pm 21	150 \pm 44	190 \pm 58	120 \pm 37	390 \pm 120	650 \pm 200	270 \pm 82	350 \pm 100
In	< LOD	< LOD										

3.6.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XLI sono riportati i risultati relativi ai mitili analizzati nel 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. A seguire verranno descritti in maniera più dettagliata i risultati dei biomarker ottenuti nell'ultima campagna di indagine che verranno confrontati con quelli già analizzati negli stessi siti nei precedenti periodi di campionamento.

3.6.2.1 Stress on Stress

I risultati del test di sopravvivenza all'aria (Stress su Stress) vengono mostrati in fig. 3.47. I livelli di LT50 in inverno 2021 risultano simili nei mitili campionati presso LA e nel sito di controllo (10 vs 12 giorni), mentre questo valore risulta più alto per i mitili campionati nel sito della piattaforma VA (16 giorni). In generale i risultati confermano ancora una volta l'assenza di uno stress fisiologico generale degli organismi prelevati dai piloni della piattaforma rispetto a quelli del sito di riferimento, così come già osservato in tutte le campagne di indagine precedenti, con livelli di sopravvivenza all'aria addirittura maggiori nei mitili della piattaforma rispetto a quelli di controllo.

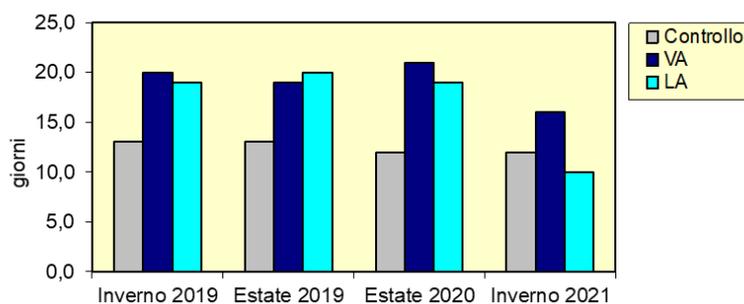


Fig. 3.47 – Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* analizzati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XLI -Valori medi dei biomarker (\pm dev.st.) determinati nei mitili campionati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021 nel sito di controllo e sulla piattaforma Clara NW, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio.

Biomarker	Unità di misura	Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020			Inverno 2021		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	20	19	13	19	20	12	21	19	12	16	10
Micronuclei	frequenza ‰	0 \pm 0	0,5 \pm 0,5	0,83 \pm 0,44	0,2 \pm 0,27	0,353 \pm 0,16	0,29 \pm 0,13	0,75 \pm 0,25	1,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,24	0,167 \pm 0,167	1,33 \pm 0,33	1,17 \pm 0,33
Lipofuscine	Intensità/ μm^2	77,57 \pm 19,48	85,63 \pm 8,06	103,06 \pm 31,52	63,51 \pm 12,48	20,39 \pm 11,70	34,77 \pm 17,97	55,79 \pm 4,66	101,31 \pm 22,35	68,74 \pm 10,00	31,04 \pm 8,00	68,58 \pm 7,93	86,43 \pm 5,78
Lipidi neutri	Intensità/ μm^2	119,61 \pm 14,69	30,13 \pm 1,23	39,52 \pm 18,01	55,63 \pm 11,15	35,65 \pm 22,26	43,28 \pm 3,86	59,54 \pm 9,78	71,91 \pm 0,36	109,13 \pm 25,13	65,99 \pm 26,31	103,12 \pm 12,06	180,01 \pm 4,58
Stabilità lisosmiale	minuti	100,04 \pm 6,46	53,43 \pm 36,80	69,18 \pm 11,14	83,51 \pm 10,77	74,95 \pm 14,05	67,09 \pm 10,53	59,87 \pm 11,29	58,00 \pm 7,01	44,69 \pm 17,15	79,17 \pm 11,08	57,43 \pm 1,4	57,51 \pm 3,18
Catalasi	$\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ di proteine	25,97 \pm 7,30	34,39 \pm 7,42	24,63 \pm 3,92	11,060 \pm 0,64	19,79 \pm 5,53	17,99 \pm 9,28	11,63 \pm 1,13	8,38 \pm 4,11	9,09 \pm 0,67	16,31 \pm 6,46	15,22 \pm 5,40	20,83 \pm 4,98
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	75,1 \pm 33,42	43,07 \pm 21,92	53,14 \pm 27,54	72,74 \pm 62,42	71,99 \pm 32,60	132,28 \pm 48,08	34,74 \pm 13,09	58,82 \pm 15,11	36,03 \pm 13,84	32,92 \pm 13,31	71,22 \pm 50,88	48,32 \pm 25,53
Metallotioneine	$\mu\text{mol}/\text{mg}$ di proteine	1,42 \pm 0,23	4,79 \pm 0,87	3,70 \pm 0,32	6,01 \pm 1,27	6,25 \pm 1,95	7,26 \pm 1,70	2,52 \pm 0,92	4,21 \pm 0,15	7,18 \pm 3,19	3,64 \pm 1,67	6,70 \pm 2,23	7,56 \pm 2,52
qPCR _{MT10}	n°copie	7604 \pm 4405	2332 \pm 2195	4595 \pm 4872	27850 \pm 16318	14122 \pm 7557	40741 \pm 17062	22951 \pm 22113	6689 \pm 7362	6165 \pm 2538	7431 \pm 2527	19307 \pm 13853	14332 \pm 13594
qPCR _{MT20}	n°copie	n.d	n.d	n.d	115 \pm 63	6408 \pm 2974	1835 \pm 728	n.d	n.d	16 \pm 28	n.d	n.d	11 \pm 10

3.6.2.2 Micronuclei

I risultati relativi all'inverno 2021 mostrano livelli statisticamente più alti di questo parametro nei mitili prelevati in piattaforma rispetto a quelli di riferimento, con livelli paragonabili a quello riscontrato nel sito VA nell'estate 2020 (fig. 3.48). Questi livelli di danno genotossico sono generalmente soggetti alle normali variazioni stagionali (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; Pisanelli *et al.*, 2009); nonostante l'alterazione di una singola risposta biologica non possa da sola dimostrare l'insorgenza di un impatto antropico nel sito di piattaforma, per meglio comprendere il significato di questo risultato è stata effettuata una valutazione olistica integrandolo con le risposte ottenute per gli altri biomarker analizzati (analisi di integrazione WOE; vedi Cap. 3.7).

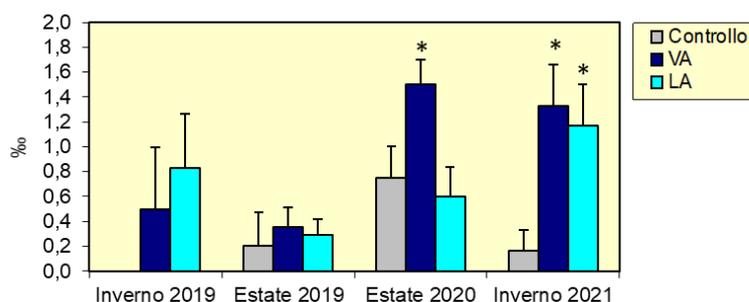


Fig. 3.48 - Frequenza dei micronuclei (media \pm dev.st) ottenuta nei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute in un sito 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 lipofuscine, principali prodotti della perossidazione lipidica, nell'inverno 2021 i risultati hanno evidenziato valori statisticamente maggiori nei mitili campionati in piattaforma rispetto a quelli di controllo (fig. 3.49) analogamente a quanto avvenuto nell'estate 2020. Questi livelli rientrano tuttavia all'interno di un normale range di variabilità stagionale di questo parametro biologico (Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011), risultano simili a quelli misurati nelle campagne precedenti e paragonabili a quelli rilevabili nei diversi periodi stagionali in aree di riferimento (Bocchetti e Regoli, 2006).

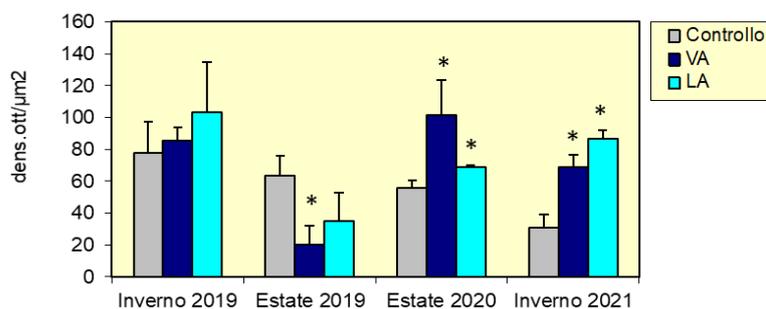


Fig. 3.49 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021 dalle parti sommerse di Clara NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) 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 mostrano livelli di lipidi neutri statisticamente maggiori in LA confermando un risultato già osservato nell'estate 2020 (fig. 3.50). 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. Come molte risposte biologiche anche l'accumulo di lipidi neutri è tuttavia soggetto a fluttuazioni stagionali, con conseguente variazione nei livelli basali di questo parametro (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012; Gomiero *et al.*, 2015).

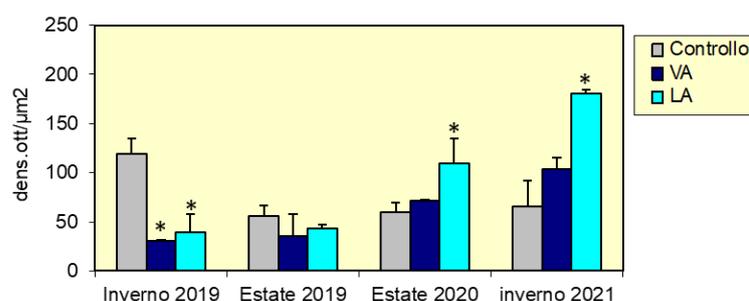


Fig. 3.50 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipidi neutri ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I risultati relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali, misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nei mitili, sono riportati in fig. 3.51. In generale gli esemplari provenienti dalla piattaforma Clara NW mostrano livelli statisticamente maggiori di alterazione delle membrane lisosomiali rispetto a quelli di

riferimento. Tuttavia, i valori registrati sono comparabili a quelli già osservati nelle stagioni di campionamento precedenti, a quelli riscontrati in organismi del medio Adriatico (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti e Regoli, 2006) o in mitili provenienti da altri impianti di estrazione off-shore dell'Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008).

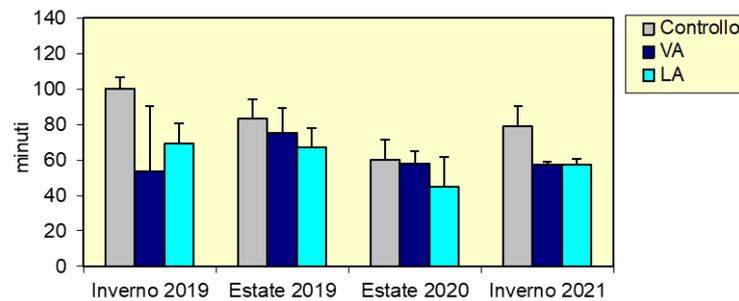


Fig. 3.51 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021 dalle parti sommerse di Clara NW e dal sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

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 2021 i livelli di attività di questo enzima sono risultati del tutto simili a quelli di controllo (fig. 3.52). In generale i valori misurati, anche per questo parametro, rientrano in un range di variabilità che non suggerisce alcun effetto legato alla contaminazione da parte delle attività della piattaforma (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

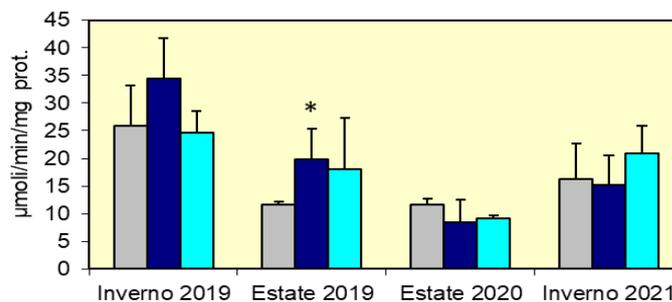


Fig. 3.52 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021 dalle parti sommerse di Clara NW e dal controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica 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 i livelli di malondialdeide, i livelli ottenuti nei mitili campionati sulla piattaforma Clara NW nell'inverno 2021 mostrano valori del tutto comparabili a quelli del sito di riferimento e a quelli osservati nei survey precedenti (fig. 3.53). Sono inoltre paragonabili ai livelli descritti per organismi del medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

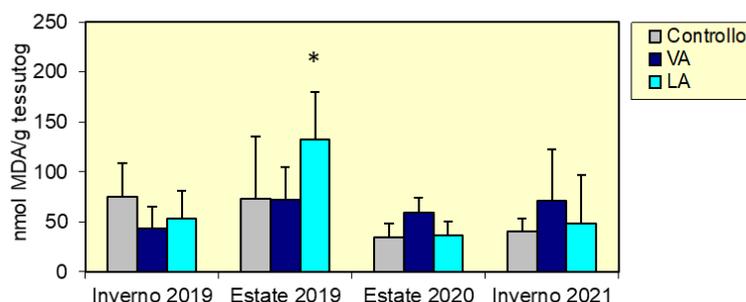


Fig. 3.53 - Valori medi (\pm dev.st.) di malondialdeide ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

Nell'inverno 2021 il livello medio di metallotioneine registrato in entrambi i siti della piattaforma Clara NW è risultato maggiore rispetto a quello del riferimento anche se le variazioni non risultano mai statisticamente significative, confermando lo stesso trend già osservato in inverno 2019 e in estate 2020 (fig. 3.54).

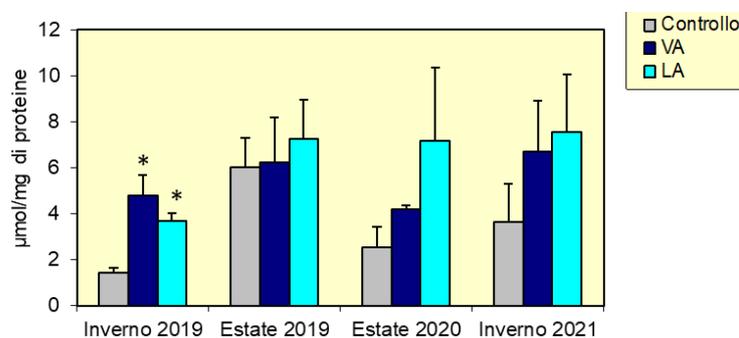


Fig. 3.54 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

Nonostante queste differenze, i valori ottenuti risultano sempre comparabili a quelli osservati in medio Adriatico e a quelli di organismi provenienti da impianti di estrazione off-shore in Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

3.6.2.9 Livelli mRNA delle metallothioneine MT10 e MT20

In questo studio è stata analizzata la quantificazione delle due sequenze geniche MT10 e MT20, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallothioneine (Dondero *et al.*, 2005). Le due isoforme di metallothioneine 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 MT20 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 MT10 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 in media livelli più alti di MT10 nei mitili campionati sulla piattaforma Clara NW rispetto al controllo, variazioni che tuttavia non risultano statisticamente significative anche a causa delle elevate deviazioni standard osservate per questo parametro. I livelli rilevati rientrano sempre in un range di variabilità stagionale e risultano paragonabili a quelli osservati nelle campagne di indagine precedenti (fig. 3.55).

Per quanto concerne l'isoforma MT20, nell'inverno 2021 essa è risultata al di sotto dei limiti di rilevabilità nei mitili di controllo e in quelli della piattaforma VA, mentre è appena al di sopra del limite di rilevabilità nei mitili LA. Livelli del tutto simili erano stati rilevati nell'estate del 2020, escludendo quindi condizioni di induzioni di questo parametro legate alla esposizione dei mitili a metalli pesanti.

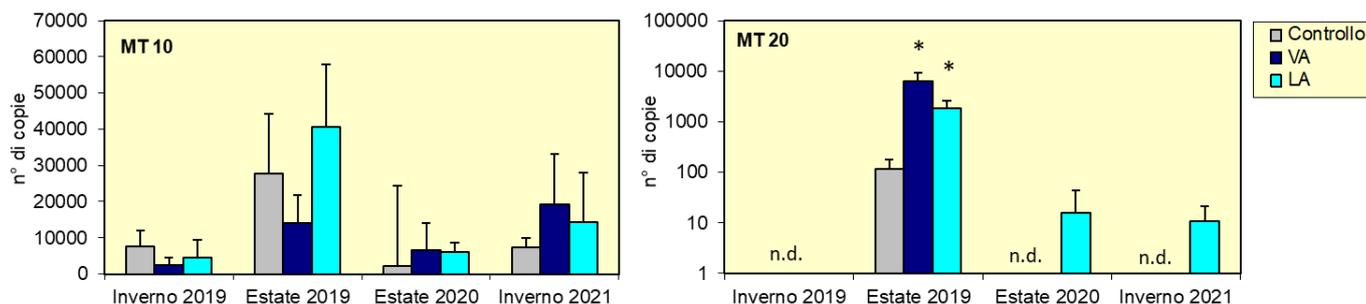


Fig. 3.55 - qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due campagne effettuate nelle due stagioni del 2019, nell'estate 2020 e in inverno 2021. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo; n.d.= not detectable. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

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

3.7.1. 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 e i valori L1 e L2 del DM 173/2016.

Come riportato nella Tab. 3-XLII, 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 in tutti i campioni di sedimento, con l'eccezione del campione A5 dove è stata elaborato un livello di pericolo chimico Basso. L'analita che ha fornito il contributo percentualmente superiore all'indice complessivo finale è il Nichel. La classe di pericolo elaborata nei confronti di L2 (DM 173/2016) è risultata sempre Assente, ad eccezione del campione A5 per il quale è stato ottenuto un livello di pericolo chimico Trascurabile dovuto a un lieve superamento del limite normativo della classe di contaminanti C>12, livello normativo presente solo nei riferimenti L2 (DM 173/2016).

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

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	59,4% Ni	2	15	33	3,54	MEDIO	59,4% Ni	2	22	33	3,51	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
A2	58,8% Ni	2	15	33	3,43	MEDIO	58,8% Ni	2	22	33	3,4	MEDIO	-	-	19	33	0,16	ASSENTE
A3	58,5% Ni	2	15	33	3,53	MEDIO	58,5% Ni	2	22	33	3,5	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
A4	58,2% Ni	2	15	33	3,29	MEDIO	58,2% Ni	2	22	33	3,26	MEDIO	-	-	19	33	0,16	ASSENTE
CL NW	59,5% Ni	2	15	33	3,1	MEDIO	59,5% Ni	2	22	33	3,09	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
CL SE	59,6% Ni	2	15	33	2,68	MEDIO	59,6% Ni	2	22	33	2,68	MEDIO	-	-	19	33	0,13	ASSENTE
A5	100% Ni	1	15	33	1,24	BASSO	100% Ni	1	22	33	1,51	BASSO	100% C>12	1	19	33	1,26	TRASCURABILE
A6	59% Ni	2	15	33	3,42	MEDIO	59% Ni	2	22	33	3,39	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
A7	44,2% Ni	3	15	33	4,43	MEDIO	44,2% Ni	3	22	33	4,42	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
A8	45,2% Ni	3	15	33	4,65	MEDIO	45,2% Ni	3	22	33	4,64	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
B1	44,9% Ni	3	15	33	4,71	MEDIO	44,9% Ni	3	22	33	4,7	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
B2	59% Ni	2	15	33	3,72	MEDIO	59% Ni	2	22	33	3,69	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
B3	58,7% Ni	2	15	33	3,55	MEDIO	58,7% Ni	2	22	33	3,53	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
B4	59% Ni	2	15	33	3,21	MEDIO	59% Ni	2	22	33	3,21	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
CL NE	58,5% Ni	2	15	33	3,37	MEDIO	58,5% Ni	2	22	33	3,36	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
CL SW	58,4% Ni	2	15	33	3,03	MEDIO	58,4% Ni	2	22	33	3,01	MEDIO	-	-	19	33	0,16	ASSENTE
B5	43,3% Ni	3	15	33	4,29	MEDIO	43,3% Ni	3	22	33	4,28	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
B6	44,6% Ni	3	15	33	4,38	MEDIO	44,6% Ni	3	22	33	4,37	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
B7	43,6% Ni	3	15	33	4,79	MEDIO	43,6% Ni	3	22	33	4,78	MEDIO	-	-	19	33	0,19	ASSENTE
B8	45,7% Ni	3	15	33	4,7	MEDIO	45,7% Ni	3	22	33	4,68	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
K1	45% Ni	3	15	33	4,49	MEDIO	45% Ni	3	22	33	4,47	MEDIO	-	-	19	33	0,18	ASSENTE
K2	59,9% Ni	2	15	33	3,59	MEDIO	59,9% Ni	2	22	33	3,56	MEDIO	-	-	19	33	0,17	ASSENTE
K3	45,1% Ni	3	15	33	4,99	MEDIO	45,1% Ni	3	22	33	4,99	MEDIO	-	-	19	33	0,2	ASSENTE
K4	45,5% Ni	3	15	33	4,81	MEDIO	45,5% Ni	3	22	33	4,8	MEDIO	-	-	19	33	0,2	ASSENTE

3.6.2. 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 ai diversi campioni di sedimento.

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

Tab. 3-XLIII - Risultati della elaborazione del pericolo biodisponibilità relativo ai metalli accumulati nei tessuti di *H. diversicolor* esposti a sedimenti. Dati raccolti 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
CL NW	13	0	1 - Ba	0	0	2,62	BASSO
CL SE	13	0	1 - Ba	0	0	2,30	BASSO
A5	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
A6	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
B3	13	1 - Fe	0	0	0	1,32	BASSO
B4	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
CL NE	13	0	1 - Ba	0	0	2,60	BASSO
CL SW	13	0	1 - Ba	0	0	2,60	BASSO
B5	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
B6	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
K1	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
K2	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
K3	13	1 - Fe	0	0	0	1,32	BASSO
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 Clara NW e confrontati ai valori di bioaccumulo ottenuti negli esemplari prelevati dal sito di controllo; l'integrazione ponderata ha confermato un livello di bioaccumulo Basso sia nei mitili del campione "vicino anodo", sia nel campione "lontano anodo" (Tab. 3-XLIV).

Tab. 3-XLIV - Risultati dell'elaborazione complessiva del pericolo di bioaccumulo di metalli, idrocarburi policiclici aromatici ed idrocarburi alifatici nei tessuti di mitili campionati in inverno 2021.

Campione	N. parametri					HQ	Livello di pericolo per la biodisponibilità
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto		
Vicino anodo	24	1	3 - Cd, Fluor., Σ IPA	0	0	12,3	BASSO
Lontano Anodo	24	1	2 - Fluor., Σ IPA	0	0	9,69	BASSO

3.6.3. RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOMARKER (LOE3)

Tutti i risultati dei biomarker ottenuti nei mitili prelevati presso la piattaforma Clara 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-XLV. Il pericolo elaborato per i biomarker è stato Medio ed Alto, rispettivamente, nel sito d'indagine "vicino anodo" e "lontano anodo". I biomarker che hanno fornito il contributo percentualmente superiore al livello di pericolo complessivo sono i micronuclei, i lipidi neutri e la lipofuscina.

Tab. 3-XLV - Risultati dell'elaborazione complessiva del pericolo relativo ai biomarker nei mitili. Analisi basata sui dati raccolti nell'inverno 2021.

Campione	N. parametri					Livello di pericolo
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto	
Vicino anodo	6	0	1 - Lipofuscina	0	1 - Micronuclei	MEDIO
Lontano Anodo	3	2	1 - Lipidi neutri		1 - Micronuclei	ALTO

3.6.4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE4)

La Tab. 3-XLVI 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'elaborazione ponderata di tutta la batteria ha evidenziato un livello complessivo di pericolo ecotossicologico Assente per tutti i campioni di sedimenti.

Tab. 3-XLVI - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo ecotossicologico mediante criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi costituite da *C. orientale*, *C. gigas*, *D. tertiolecta* e *V. fischeri*. Dati relativi all'inverno 2021.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
A3	<i>Corophium orientale</i>	2.19	0,49	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.07		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.53		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
A4	<i>Corophium orientale</i>	0.19	0,35	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1.34		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.46		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
CL NW	<i>Corophium orientale</i>	0	0,37	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1.41		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.7		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
CL SE	<i>Corophium orientale</i>	0.32	0,62	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1.83		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	1.41		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
A5	<i>Corophium orientale</i>	1.2	0,26	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.28		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
A6	<i>Corophium orientale</i>	1.13	0,24	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.27		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
B3	<i>Corophium orientale</i>	1.48	0,31	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.16		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.11		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
B4	<i>Corophium orientale</i>	0.99	0,23	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.28		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.08		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
CL NE	<i>Corophium orientale</i>	0	0,65	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	2.19		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	1.56		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
CL SW	<i>Corophium orientale</i>	0	0,43	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.4		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	2.05		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		

Tab. 3-XLVI - Continuo.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
B5	<i>Corophium orientale</i>	0.92	0,16	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
B6	<i>Corophium orientale</i>	0.78	0,56	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1.7		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.73		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
K1	<i>Corophium orientale</i>	2.68	0,59	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.28		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.4		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
K2	<i>Corophium orientale</i>	1.62	0,60	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1.56		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.25		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
K3	<i>Corophium orientale</i>	2.4	0,57	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.46		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.42		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		
K4	<i>Corophium orientale</i>	2.82	0,60	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	0.27		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.34		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0		

3.6.5. ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

Tutti i risultati ottenuti ed elaborati per le diverse tipologie di analisi effettuate (LOE1, LOE2, LOE3 e LOE4) sono stati elaborati mediante l'approccio Weight Of Evidence (WOE) che assegna a ciascuna tipologia di dati 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 la caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE1), 1,2 per la biodisponibilità dei metalli associati ai sedimenti per il polichete *H. diversicolor* (LOE2), 1,0 per i biomarker (LOE3) e 1,2 per la batteria di saggi ecotossicologici (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 tre linee di evidenza (LOE1, LOE2 e LOE).

In Tab. 3-XLVII 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 LOE1, 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 Basso ovunque eccetto in A5 dove è stato elaborato un livello di rischio complessivo Assente.

Un ulteriore livello di elaborazione complessiva è stato effettuato integrando i risultati ottenuti per siti riferiti al punto "Clara NW" (CL NW, CL SE, CL NE e CL SW) e per le quattro linee di evidenza (LOE1 chimica dei sedimenti, LOE2 bioaccumulo (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*), LOE3 biomarker (*Mytilus galloprovincialis*) e LOE4 saggi ecotossicologici).

Anche in questo caso l'indice di rischio complessivo WOE è risultato Basso (Tab. 3- XLVIII e fig. 3.56), confermando di poter escludere situazioni compromesse nel sito della piattaforma investigata come già emerso sia nel 2019 che nel 2020 (Spagnolo *et al.*, 2021b; 2022b).

Tab. 3-XLVII - Risultati relativi alle singole elaborazioni ponderate (LOE1, LOE2, LOE4 e LO5) ed integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence).

Campione	LOE1	LOE2	LOE4	WOE	
A3	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A4	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
CL NW	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
CL SE	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A5	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
A6	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B3	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
B4	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
CL NE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
CL SW	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
B5	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B6	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K1	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K2	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K3	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
K4	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	

Tab. 3-XLVIII - 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 Clara NW.

Campione	LOE1	LOE2	LOE3	LOE4	WOE
	(Chimica sedimenti)	(Biodisponibilità)	(Biomarker)	(Saggi ecotossicologici)	(Weight of Evidence)
Clara NW	MEDIO	BASSO	MEDIO	ASSENTE	BASSO 

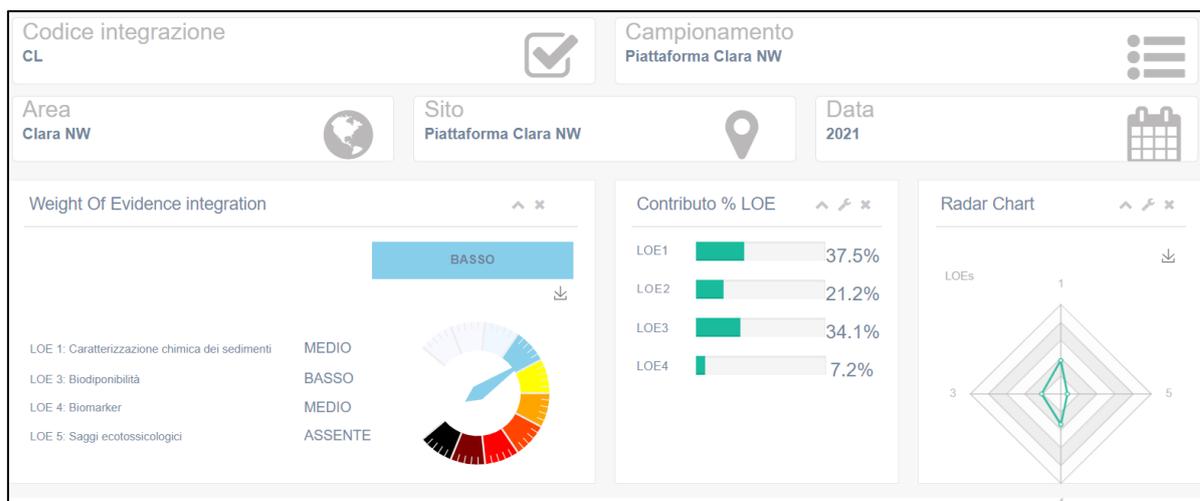


Fig. 3.56 – Output modello Sediquasoft: integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Clara NW.

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. Tale monitoraggio 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 da indagare 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-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione offshore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 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 Clara NW.

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

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno della fase di produzione di Clara NW. Si ricorda che a partire dal 6° anno sarebbero dovute proseguire solo le indagini inerenti alla colonna d'acqua. Tuttavia, poiché nel 1° semestre 2020 parte delle attività previste (analisi sedimentologiche, ecotossicologiche, bioaccumulo e biomarker in organismi marini) non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 (Spagnolo *et al.*, 2021d), esse sono state ripetute nel 2021 e qui si riportano i relativi risultati.

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 Clara NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018; 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b; 2021b; 2021c; 2022b).

Nel primo semestre 2021 le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'Adriatico (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze significative tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza. Tutti i nutrienti hanno presentato generalmente concentrazioni medie contenute. Rispetto agli anni precedenti, il contenuto medio di nitriti e silicati è risultato comparabile a quello del 1° semestre 2019. La concentrazione media di nitrati e fosfati è risultata comparabile a quella registrata nel 1° semestre sia del 2019 che del 2020, mentre quella dell'ammonio è risultata confrontabile con il 2020 e più contenuta rispetto al 2019.

Il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti, risultando in media moderatamente più basso rispetto allo stesso periodo dei due anni precedenti. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, in particolare a febbraio e a maggio, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Le concentrazioni medie di clorofilla *a*, clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi - Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono

risultate simili a quelle rilevate nel 1° semestre dei due anni precedenti e sono rientrate nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998); inoltre, non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

In definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Clara NW, confermando i risultati precedenti.

Per l'analisi degli inquinanti, nel corso del 1° semestre 2021 non si sono riscontrate particolari criticità e non è emersa una differenziazione significativa tra stazioni poste a 1000 m di distanza dalla piattaforma e quelle a 2000 m e considerate di controllo. Molti degli inquinanti ricercati sono risultati non rilevabili o presenti in concentrazioni speso maggiori nei controlli.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che anche 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 sull'ambiente marino.

Misure correntometriche - Le registrazioni effettuate nel 1° semestre 2021 hanno confermato quanto rilevato sino al 2020 (Fabi *et al.*, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c, 2022b), ovvero che l'areale in cui è installata la piattaforma Clara NW è caratterizzato da un regime delle correnti molto variabile in direzione, tra Nord e Sud, e di intensità generalmente debole, anche se in alcuni brevi periodi tra marzo e aprile è stata registrata un'intensificazione fino a 0,5 m/s analogamente al medesimo periodo del 2020.

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti – Nell'intero periodo di monitoraggio la granulometria dei sedimenti ha subito consistenti rimaneggiamenti. Tuttavia, a 5 anni e mezzo dalla posa in opera la composizione granulometrica del fondale circostante la piattaforma Clara NW è risultata abbastanza confrontabile a quella rilevata prima della sua installazione.

Gli Idrocarburi policiclici aromatici hanno mostrato scarse alterazioni dovute alla presenza della piattaforma. La prima anomalia degna di nota è stata rilevata nel 1° survey post lavori (inverno 2016) a 250 m a NW della struttura (sito A1), dove erano state registrate la maggiore presenza di composti e la maggiore concentrazione di IPA totali, tuttavia pari a

meno della metà del Livello Chimico di Base (LCB) indicato nel Manuale ICRAM-APAT (2007). L'unico sfioramento era rappresentato dal Dibenzo(a,h)antracene il cui tenore era circa 7 volte l'LCB. Nell'estate 2016 si era verificato un brusco decremento di questi contaminanti seguito di un nuovo aumento nell'inverno successivo, sebbene i tenori di tutti composti presenti fossero molto inferiori agli LCB. Faceva eccezione il Naftalene presente in molti siti con concentrazioni maggiori, fino al picco registrato in A6 (60 m a SE della piattaforma) che risultava 11 volte più elevato rispetto al limite. Ciononostante, in nessun caso erano state registrate concentrazioni di IPA totali maggiori dell'LCB (900 mg/kg).

Una tale situazione non è più stata rilevata nei monitoraggi successivi. L'unica anomalia riscontrata ha riguardato ancora il Naftalene il quale, nell'estate 2017 (4° survey post lavori di installazione) aveva lievemente superato l'LCB nella stazione CL NE. A partire dal 5° survey post lavori (inverno 2018) sino a fine periodo (inverno 2021) non sono più state registrate alterazioni, per cui si conferma che questi contaminanti non sono affatto influenzati dalla presenza della piattaforma.

Per quanto concerne gli Idrocarburi totali, quelli leggeri ($C < 12$) non sono mai stati quantificati e quelli pesanti ($C > 12$) hanno raggiunto le concentrazioni maggiori nel pre-survey, risultando poi presenti successivamente con tenori modesti e inferiori a quelli iniziali. Nell'estate 2020 era avvenuto un lieve incremento generalizzato, un po' più evidente nei siti della piattaforma, che aveva tuttavia portato a valori molto inferiori rispetto a quelli del monitoraggio ante-operam. L'ultimo campionamento è stato caratterizzato da una riduzione delle concentrazioni, in particolare in corrispondenza della struttura, e da una omogeneità tra piattaforma, transetti e siti di controllo.

I metalli pesanti non risultano sostanzialmente influenzati dalla presenza di Clara NW: i tenori nell'area circostante la piattaforma sono infatti risultati complessivamente bassi e in linea con quelli dei riferimenti per tutta la durata del monitoraggio. Solo arsenico, cromo e nichel hanno molto spesso presentato concentrazioni superiori rispetto ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (LCRN) indicati nel DM 173 del 2016, ma tale situazione si è verificata anche prima dell'installazione e ha riguardato sempre anche i controlli, per cui non è imputabile alla presenza della piattaforma. Gli altri metalli per i quali esiste un riferimento normativo (cadmio, rame, mercurio, piombo, zinco) hanno sempre presentato concentrazioni notevolmente inferiori ai rispettivi limiti, eccetto lo zinco in tre unici casi

sotto specificati; l'indio non è stato affatto quantificato a partire dal 2° monitoraggio post lavori di installazione.

Nel tempo sono state comunque osservate alcune anomalie per alcuni metalli qui di seguito descritte.

Nell'estate 2016 (2° survey post lavori di installazione) a 30 m a SW della piattaforma (stazione B5) erano stati rilevati picchi di cadmio (comunque inferiore al LCRN), ferro e zinco; quest'ultimo in particolare presentava un tenore maggiore del LCRN, fatto osservato unicamente in CL SE durante i lavori di installazione e nel 3° survey post lavori e in A2 (120 m a NW della piattaforma) in estate 2020. Le anomalie in B5 non sono più state osservate nelle campagne successive.

Altre difformità relative a molti metalli (arsenico, rame, ferro, nichel, piombo, silicio, zinco) sono state rilevate nell'estate 2020 in A2. Si è comunque trattato di un singolo caso, non verificatosi nei survey precedenti né nell'ultimo condotto nel 2021, pertanto insufficiente per ritenere l'area contaminata.

L'arsenico ha mostrato un leggero incremento sino al 3° anno successivo l'installazione (2018) per poi ridursi lievemente, sebbene con alcune eccezioni, raggiungendo tenori confrontabili a quelli antecedenti la posa in opera a fine periodo. Il picco osservato nell'estate 2020 in A2 precedentemente menzionato è stato uno di più alti dell'intero periodo di studio. L'estrazione sequenziale del metallo effettuata a seguito di tale picco ha comunque evidenziato una predominanza della frazione non biodisponibile. A fine periodo (inverno 2021) risultano assenti le alterazioni per questo metallo.

A differenza degli altri metalli, il bario risulta influenzato dalla presenza di Clara NW. Infatti esso, pur conservando tenori bassi per tutta la durata del monitoraggio, ha mostrato alcune anomalie riconducibili alla piattaforma sebbene sempre spazialmente limitate. I primi segnali di alterazione presso la struttura erano stati segnalati durante i lavori di installazione, mentre nell'inverno successivo (1° survey post lavori) le anomalie riguardavano A4 e A5, stazioni poste a 30 m dalla piattaforma rispettivamente a NW e SE. Nell'estate 2016 (2° post lavori) i tenori maggiori erano localizzati presso Clara NW (siti CL NW e CL SE) e a 30 m da essa (A4, A5 e B5, sito quest'ultimo posto a SW), anche se i valori erano troppo bassi per testimoniare uno stato di contaminazione dell'area. Nel 3° e 4° post lavori la situazione era rimasta pressoché invariata, mentre nel 5° post lavori (inverno 2018) il bario aveva mostrato un deciso incremento, sia lungo i transetti sia,

soprattutto, presso la piattaforma. Questo dato, però, non veniva confermato nel monitoraggio successivo. Niente da segnalare nel 2019. Nell'estate 2020 sono state osservate anomalie in CL SW e in minor misura in CL NW con tenori maggiori rispetto alla media dei controlli rispettivamente di 11,6 e 1,8 volte. L'estrazione sequenziale aveva tuttavia evidenziato la non pericolosità del metallo essendo la frazione non biodisponibile prevalente su quella biodisponibile. Nell'inverno 2021 i picchi in CL SW e CL NW sono stati confermati, il primo inferiore a quello del 2020 il secondo superiore. In questo caso essi sono stati pari rispettivamente a 5 e 4 volte la media dei riferimenti confermando l'effetto della piattaforma su questo elemento. L'estrazione sequenziale condotta per questi due siti ha tuttavia di nuovo confermato la prevalenza della frazione non biodisponibile.

Prima dell'installazione il contenuto medio di sostanza organica era risultato leggermente superiore nei siti di controllo rispetto all'area destinata ad accogliere la piattaforma. Nei monitoraggi successivi si sono verificate delle fluttuazioni stagionali con concentrazioni medie generalmente confrontabili tra transetti, siti della piattaforma e controlli, ma sono state evidenziate delle anomalie in inverno 2019 presso i siti B7 e B8 posizionati a 120 e a 250 m a SW di Clara NW e in estate 2019 in A8 (250 m a SE). A fine periodo le concentrazioni medie sono state confrontabili tra di esse e quelle delle singole stazioni inclusi i controlli superiori alle corrispondenti del pre-survey, eccetto quella di CL SE risultata inferiore, e non si rilevano effetti da parte della struttura.

Per quanto concerne infine il Total Organic Carbon (TOC), le variazioni di maggiore interesse si sono verificate nelle prime campagne di indagine. In particolare, è avvenuto un evidente incremento di TOC durante i lavori di posa in opera, fatto tuttavia riguardante sia l'area circostante la struttura, sia i controlli, con il massimo presso uno di essi (K1) rimasto il tenore in assoluto più elevato dell'intero periodo di indagine. Subito dopo l'entrata in produzione di Clara NW si era verificata un'inversione di tendenza con un decremento generalizzato ma erano rimaste anomalie positive, tra le quali le più eclatanti erano quelle registrate a 60 m dalla struttura verso NW e verso SW (siti A3 e B6). Nell'estate 2016 (2° post lavori) vi è stato un incremento generalizzato che ha portato a una maggiore omogeneità dell'area indagata, mantenuta fino a fine periodo nonostante delle fluttuazioni, con tenori sempre inferiori alla concentrazione rilevata durante i lavori di installazione presso il controllo K1. Da un'analisi complessiva si ritiene che questa variabile non sia condizionata dalla presenza della piattaforma.

Ecotossicologia dei sedimenti - I sedimenti circostanti Clara NW si sono rivelati ottimali nell'intero periodo di osservazione, dal pre-survey sino all'inverno 2021, per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta*, per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri* e per la sopravvivenza di *Corophium orientale*. Solo per quest'ultimo organismo era stata osservata una tossicità diffusa bassa nel 2° semestre del 2° anno post lavori (2017) e nel 1° semestre del 3° anno che aveva interessato anche i controlli, con un solo caso di tossicità media a 60 m a SW in estate 2017.

Una situazione differente è stata riscontrata per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*. In questo caso, infatti, a partire dai lavori di installazione si sono registrati vari casi di tossicità bassa o media sia nell'area circostante la struttura che nei riferimenti. Nell'estate 2020 l'area circostante la piattaforma nelle direzioni verso Nord e verso SE è stata interessata da una tossicità prevalentemente bassa, suggerendo che tali zone si trovassero ancora in uno stato leggermente perturbato. Verso SW rispetto alla struttura, invece, è avvenuto un miglioramento che ha portato all'assenza di tossicità indicando un ripristino delle condizioni iniziali che è confermato nell'ultimo campionamento del 2021. Altrove attorno alla piattaforma la situazione è rimasta stabile rispetto all'estate 2020 con una tossicità di basso grado o è migliorata (tossicità scomparsa), mentre nei controlli è lievemente peggiorata essendo tutti caratterizzati da una tossicità bassa. Complessivamente questo saggio ha sempre presentato risultati più pessimistici rispetto agli altri test utilizzati ma non sono state mai evidenziate nel tempo situazioni critiche riconducibili esclusivamente alla presenza della piattaforma.

Analisi di inquinanti e biomarker in *Hediste diversicolor* - Nell'ultimo monitoraggio è stato osservato un bioaccumulo di alluminio e zinco negli esemplari testati sui sedimenti prelevati nelle vicinanze della piattaforma che, comunque, si è ridotto per questi metalli in termini di numero di siti coinvolti. E' stata confermata l'influenza della struttura per quanto concerne il bioaccumulo di bario; 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 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.

Il bioaccumulo del ferro è stato rilevato anche nei controlli, pertanto non è correlabile alla presenza della struttura. Tutti gli altri metalli sono risultati non quantificabili o non biodisponibili.

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 evidenziata una lieve forma di stress associata alla stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati nelle vicinanze della piattaforma. In modo analogo, la risposta biologica associata alla biodisponibilità di metalli pesanti (livelli di metallotioneine) ha confermato alcuni segnali di stress presso i siti della struttura. Il test di localizzazione via immuno-fluorescenza suggerisce l'assenza di accumulo di composti organici aromatici e non è stato rilevato rischio genotossico.

Analisi di biomarker e inquinanti in *Mytilus galloprovincialis* - L'analisi del bioaccumulo di idrocarburi alifatici (IA), di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di elementi in traccia, ha evidenziato livelli inferiori ai LOD, oppure bassi e comunque sempre rientranti all'interno dei normali range di variazione nota per mitili provenienti da aree costiere o offshore non soggette da fenomeni di contaminazione, confermando anche per la campagna di indagine del 2021 l'assenza di criticità degne di nota nei mitili della piattaforma Clara NW. Alcune eccezioni si riferiscono alle concentrazioni alcuni IPA ad alto peso molecolare come benzo(a)pirene, fluorantene, pirene e indeno(1,2,3-dc) pirene e alcuni metalli in traccia come As e Cd nei mitili di piattaforma. L'analisi dei biomarker mostra un certo numero di alterazioni significative rilevate nei mitili prelevati dai piloni della piattaforma nell'inverno del 2021 rispetto a quelli di controllo (aumento della frequenza dei micronuclei, dei livelli di lipofuscina e dei lipidi neutri e alterazione della stabilità dei lisosomi). Nonostante questi marker biologici siano normalmente influenzati dalle fluttuazioni stagionali fisiologiche tipiche degli organismi bioindicatori (legate anche a fattori biotici o abiotici locali), tuttavia la l'insorgenza contemporanea di un certo numero di alterazioni potrebbe suggerire una condizione di stress ambientale legato alle attività antropiche della piattaforma. L'integrazione dei risultati dei marker biologici con le indagini chimiche effettuate nel sito di piattaforma (chimica dei sedimenti e livello di bioaccumulo; analisi WOE) hanno comunque chiarito che nelle immediate vicinanze della piattaforma non vi sono situazioni di compromissione (vedi più avanti).

Analisi di rischio ecologico weight of evidence (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.

L'applicazione dei criteri di integrazione ponderata per l'elaborazione dei dati ha permesso di riassumere ampi data-set di risultati scientifici complessi in 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 Clara NW (LOE2), alle risposte biologiche (biomarkers) analizzati negli stessi mitili (LOE3) alle caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti valutate tramite una batteria di saggi biologici (LOE4).

L'analisi di integrazione finale WOE è stata effettuata in prima analisi 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 Basso per tutti i siti ad eccezione del sito A5 (30 m a SE della piattaforma) che mostra un rischio Assente, senza differenze tra l'area circostante Clara NW e i controlli, 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 "Clara 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 Clara 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 la maggior parte dei siti indagati inclusi i controlli, Medio a causa di un livello più alto di Ni rispetto agli SQA (D.Lgs. 172/2015). Tuttavia questo metallo nei sedimenti è sempre



risultato presente in concentrazioni maggiori dei limiti normativi, sia nell'area circostante la piattaforma che nei controlli, sin da prima dell'installazione di Clara NW e pertanto il suo contenuto non è una conseguenza della presenza della piattaforma ma è invece tipico dell'areale.

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 di Clara NW come già affermato negli anni di indagine precedenti.

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., Fattorini D., Pisanelli B., Macchia S., Oliviero L., Pilato F., Pellegrini D., Regoli F. 2008. Contaminant accumulation and biomarker responses in caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, to evaluate bioavailability and toxicological effects of remobilized chemicals during dredging and disposal operations in harbour areas. *Aquatic Toxicology*, 89(4): 257-266.
- 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., R. Fabbri, Vergani, L., Gallo, G 2007. Bisphenol-A alters gene expression and functional parameters in molluscan hepatopancreas. *Mol. Cell. Endocrinol.*, 276(1-2): 36-44.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Dondero F., Piacentini L., Banni M., Reselo M., Burlando B., Viarengo A. 2005. Quantitative PCR analysis of two molluscan metallothionein genes unveils differential expression and regulation. *Gene*, 345: 259–270.
- Douhri H., Sayah F. 2009. The use of enzymatic biomarkers in two marine invertebrates *Nereis*

- diversicolor* and *Patella vulgata* for the biomonitoring of Tangier's bay (Morocco). *Ecotox. Environ. Safety*, 72(2): 394-399.
- Durou C., Poirier L., Amiard J-C., Budzinski H., Gnassia-Barelli M., Lemenach K., Peluhet L., Mouneyrac C., Roméo M., Amiard-Triquet C. 2007. Biomonitoring in a clean and a multi-contaminated estuary based on biomarkers and chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. *Environ. Pollut.*, 148(2): 445-458.
- Etiopio, G., Panieri, G., Fattorini, D., Regoli, F., Vannoli, P., Italiano, F., Locritani, M., Carmisciano, C. 2014. A thermogenic hydrocarbon seep in shallow Adriatic Sea (Italy): Gas origin, sediment contamination and benthic foraminifer. *Mar. Petroleum Geol.*, 57: 283-293.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. *Rapporto conclusivo di due anni di indagine*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + 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., Punzo E., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Pre-survey (dicembre 2014 - aprile 2015). Indagini fisiche e chimiche*

- della colonna d'acqua e dei sedimenti, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XXXII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Kozinkova L., Punzo E., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di posa in opera (maggio dicembre 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 2*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 155 + XXVII pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016). Rapporto n. 3*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + LXIV pp
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 1° anno rapporto finale (gennaio-dicembre 2016). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 179 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno rapporto semestrale (gennaio-giugno 2017). Rapporto n. 6*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Masnadi F., Montagnini L., Scanu M. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno - Rapporto finale. Rapporto n. 8*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 217 + XLV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Masnadi F., Montagnini L., Tassetti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2018). Rapporto n. 11*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 160 + LII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Minelli A., Montagnini L. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto finale (gennaio – dicembre 2018). Rapporto n. 12*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 263 + LIII pp.

- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russo A. Regoli F. 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic sea: A regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities. *Chemosphere*, 72(10): 1524-1533.
- 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*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 76(4): 678-691.
- 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 Clara NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 140 pp.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220-226.
- 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
- Molledo 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.
- 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., Ciaprini 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.
- 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.
- 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., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della*

- piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 4° anno (2019). Rapporto n. 14. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 189 + 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., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 303 + CXIX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 101 + XVIII 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. 2022a. *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.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022b. *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.
- 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.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- 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

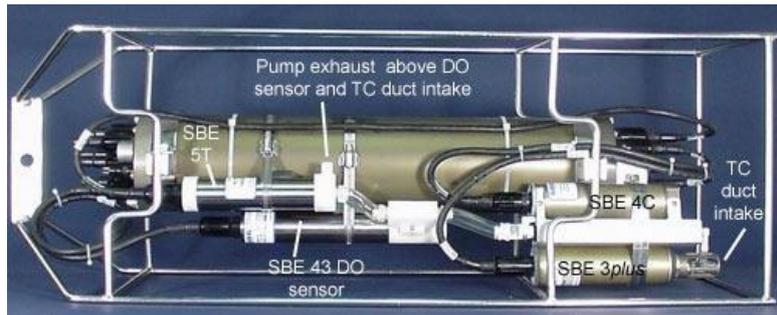
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

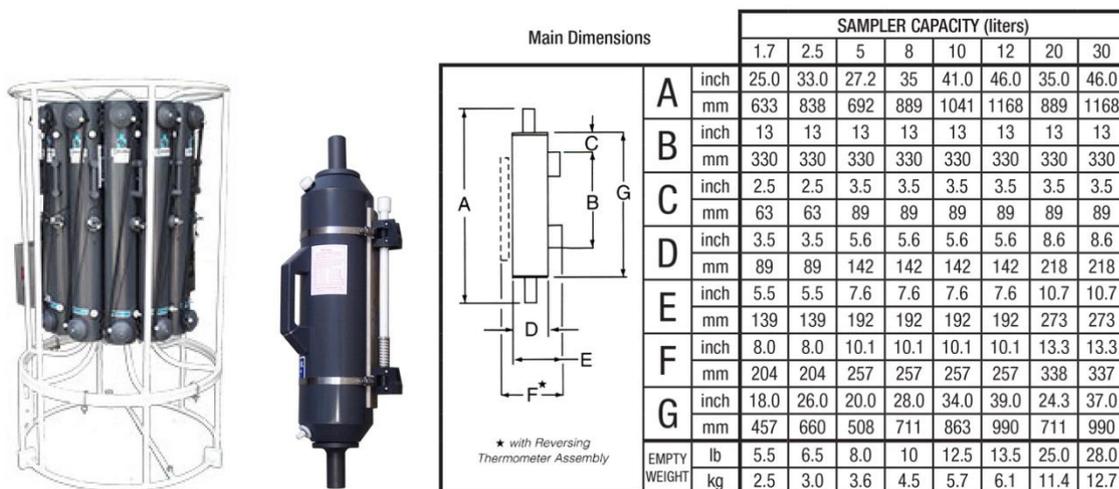
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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
Conducibilità	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

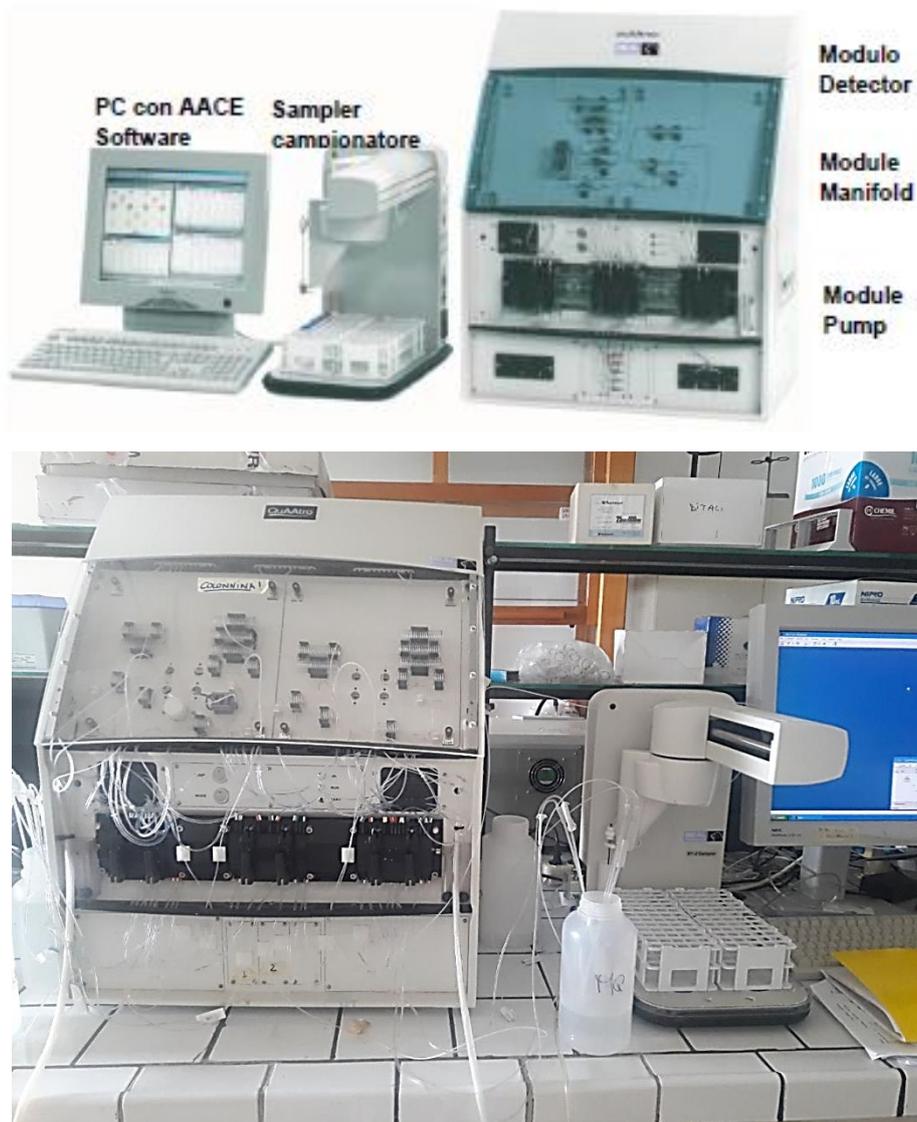
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

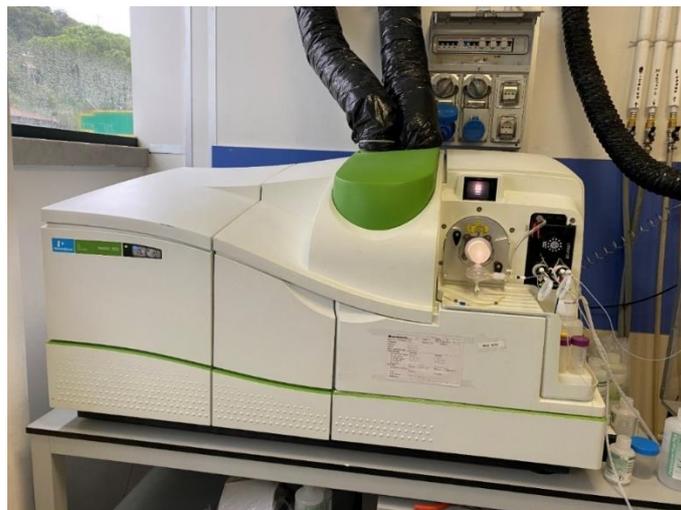
High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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.

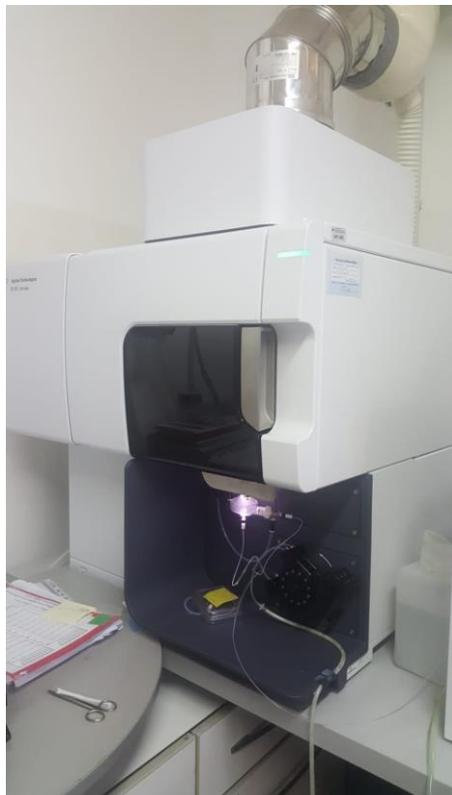
A2-XI ICP-MS Agilent Mod. 7700

Misurazione di INDIO



A2-XII Spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV

Estrazione sequenziale dei metalli



A3

INDAGINI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A3-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



A3-II IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

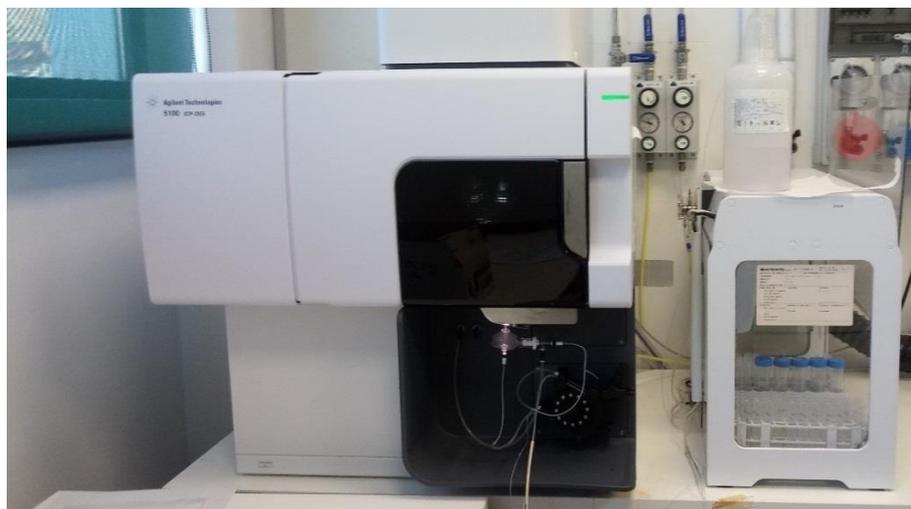


A3-III ANALISI METALLI PESANTI

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



A3-IV CONGELATORI -80°C (conservazione tessuti biologici)

Ultra-congelatori Angelantoni modelli Polar 530 V e Platilab 500



A3-V FRIGORIFERO +4°C (per esecuzione test Sopravvivenza in aria)

Frigorifero modello Elettrolux CT 280



A3-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



A3-VII CRIOSTATO Leica

Criostato LEICA CM1510-1 per preparazione sezioni istologiche



A3-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



A3-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



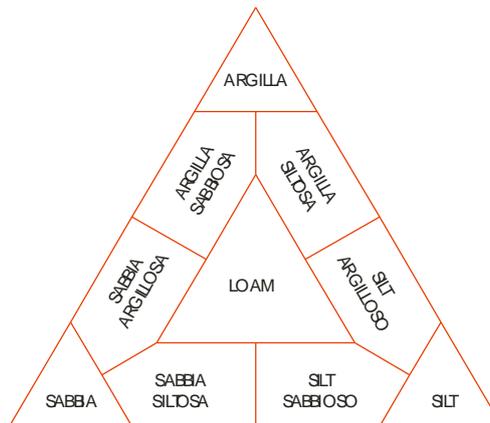
ALLEGATO B

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 (%)	52,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,24
Mediana	M _d	7,26
Classazione	σ	2,60
Asimmetria	S _{ki}	-0,06
Appuntimento	K _G	0,77

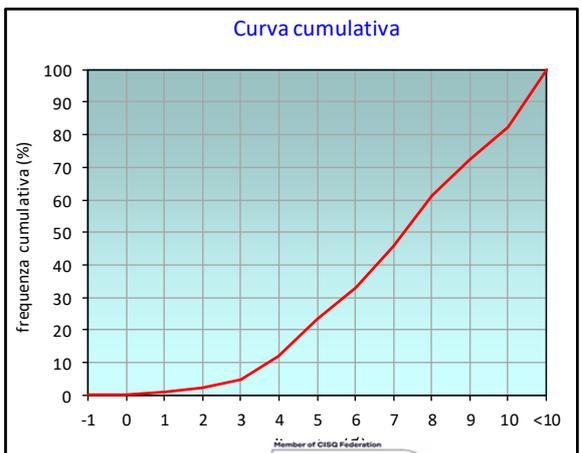
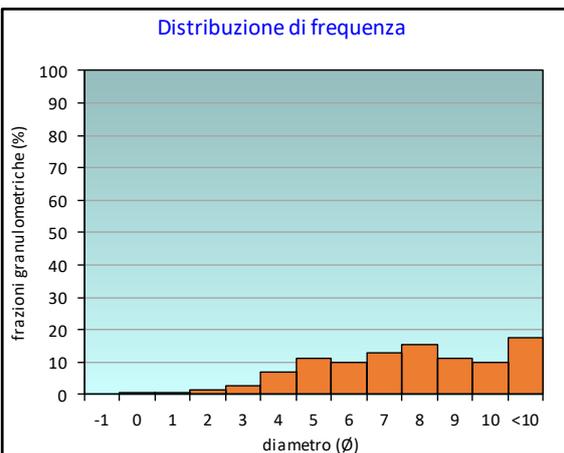
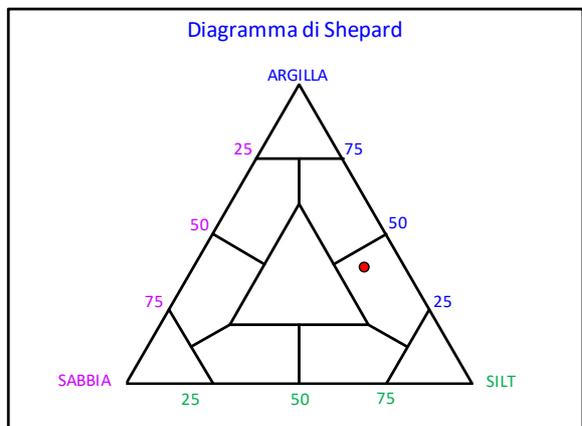
PERCENTILE	φ
5	3,01
16	4,36
25	5,17
50	7,26
75	9,26
84	10,09
95	10,72

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,0	0,0
	1	500	0,7	0,8
	2	250	1,5	2,3
	3	125	2,7	4,9
LIMO	4	62,5	7,0	12,0
	5	31,2	11,3	23,3
	6	15,6	9,9	33,2
	7	7,8	12,7	45,9
ARGILLA	8	3,9	15,5	61,4
	9	2	11,0	72,4
	10	0,98	10,0	82,4
	<10	<0,98	17,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,0	49,4	38,6

NOTE
n.d.

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



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,04
Mediana	M _d	6,92
Classazione	σ	2,66
Asimmetria	S _{ki}	0,01
Appuntimento	K _G	0,74

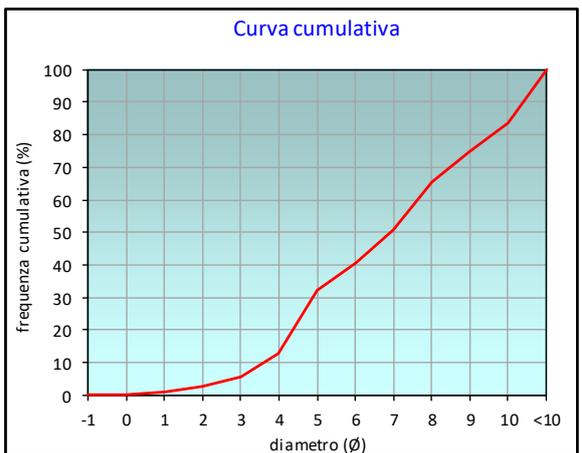
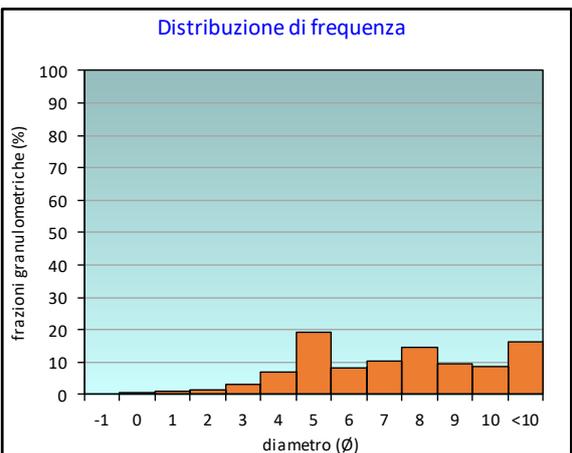
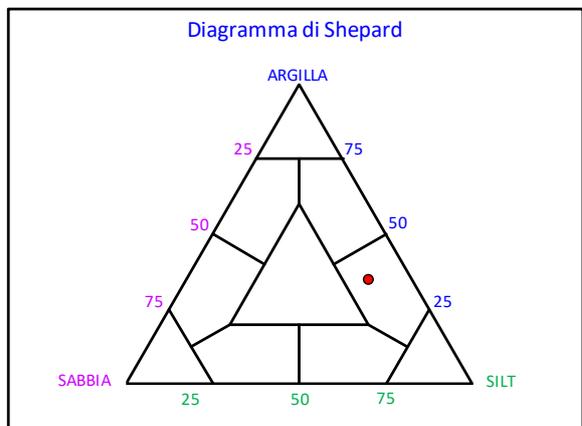
PERCENTILE	φ
5	2,78
16	4,17
25	4,63
50	6,92
75	9,03
84	10,03
95	10,70

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	1,0	1,2
	2	250	1,5	2,7
	3	125	3,0	5,7
LIMO	4	62,5	7,1	12,7
	5	31,2	19,3	32,1
	6	15,6	8,4	40,4
	7	7,8	10,4	50,9
ARGILLA	8	3,9	14,5	65,4
	9	2	9,4	74,7
	10	0,98	8,8	83,6
	<10	<0,98	16,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,7	52,6	34,6

NOTE
n.d.

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



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,55
Mediana	M _d	6,24
Classazione	σ	2,80
Asimmetria	S _{ki}	0,09
Appuntimento	K _G	0,85

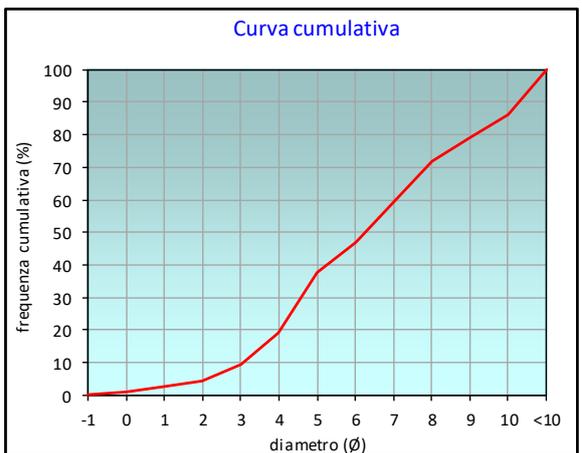
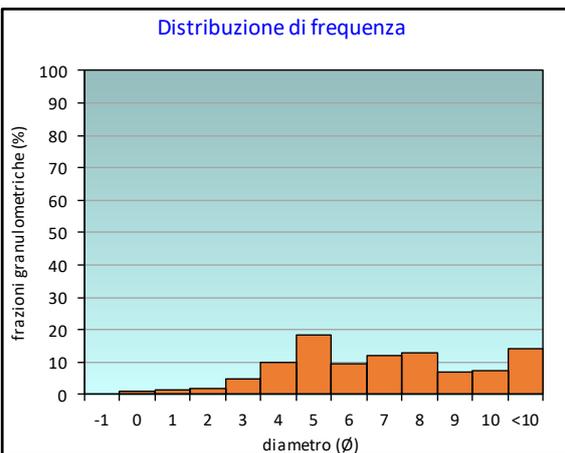
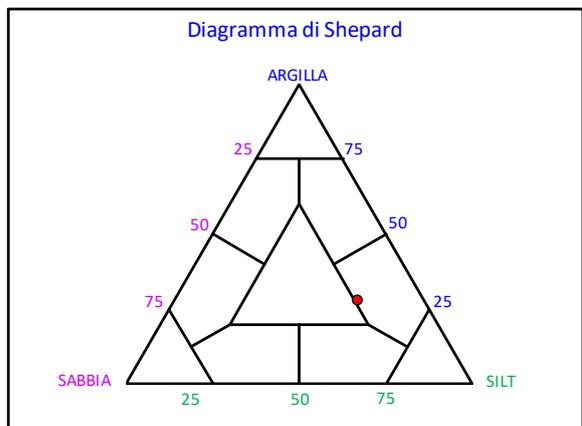
PERCENTILE	φ
5	2,11
16	3,67
25	4,31
50	6,24
75	8,44
84	9,72
95	10,64

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,8	0,8
	1	500	1,6	2,5
	2	250	2,0	4,4
	3	125	4,9	9,3
LIMO	4	62,5	9,9	19,2
	5	31,2	18,5	37,7
	6	15,6	9,3	47,1
	7	7,8	12,0	59,1
ARGILLA	8	3,9	12,9	72,0
	9	2	6,8	78,8
	10	0,98	7,2	86,0
	<10	<0,98	14,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	19,2	52,8	28,0

NOTE
n.d.

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



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,40
Mediana	M _d	6,04
Classazione	σ	2,87
Asimmetria	S _{ki}	0,12
Appuntimento	K _G	0,87

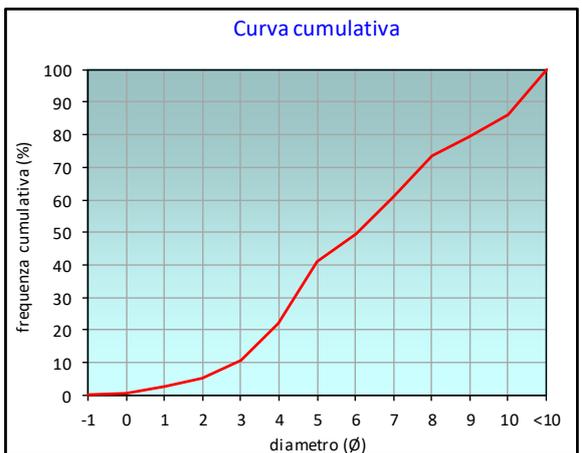
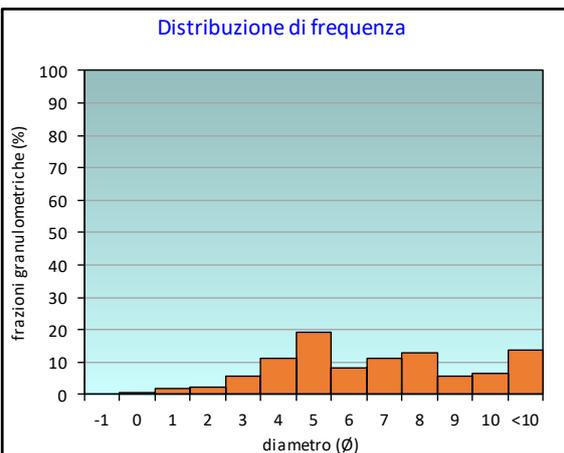
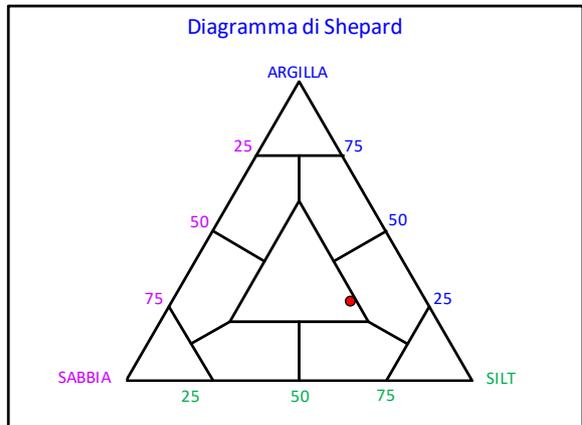
PERCENTILE	φ
5	1,99
16	3,47
25	4,16
50	6,04
75	8,23
84	9,69
95	10,64

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,5	0,5
	1	500	2,0	2,5
	2	250	2,5	5,0
	3	125	5,7	10,7
LIMO	4	62,5	11,3	22,0
	5	31,2	19,1	41,1
	6	15,6	8,4	49,5
	7	7,8	11,3	60,8
ARGILLA	8	3,9	12,8	73,7
	9	2	5,8	79,4
	10	0,98	6,6	86,1
	<10	<0,98	13,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	22,0	51,6	26,3

NOTE
n.d.

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



Stazione CL NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	45,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,43
Mediana	M _d	6,24
Classazione	σ	3,02
Asimmetria	S _{ki}	0,03
Appuntimento	K _G	0,76

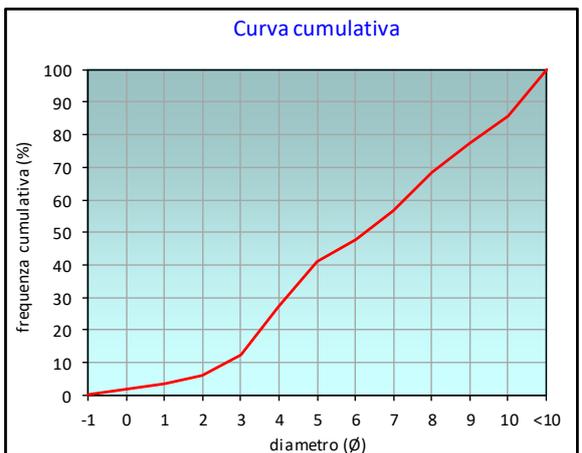
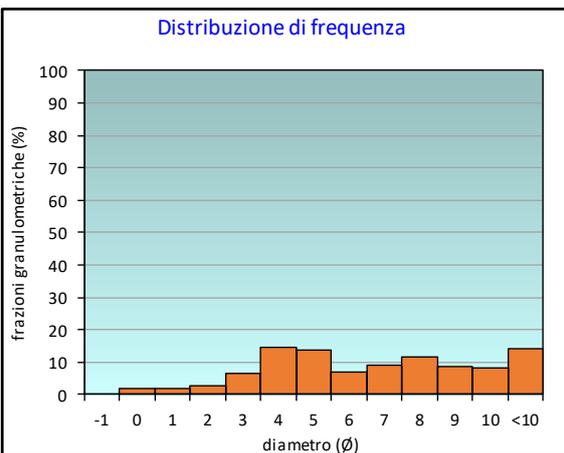
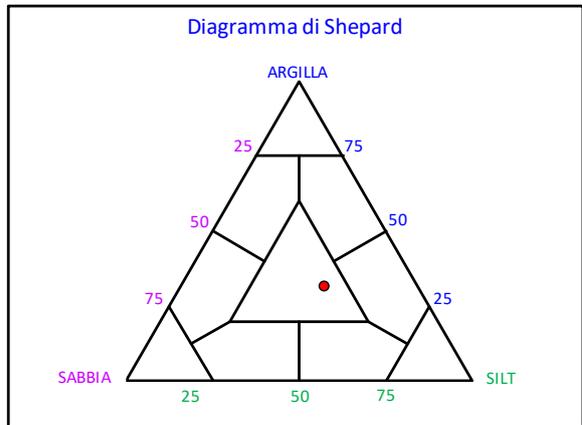
PERCENTILE	φ
5	1,56
16	3,24
25	3,86
50	6,24
75	8,75
84	9,80
95	10,65

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,7	1,7
	1	500	1,9	3,6
	2	250	2,5	6,1
	3	125	6,4	12,5
LIMO	4	62,5	14,5	27,0
	5	31,2	13,9	40,9
	6	15,6	6,9	47,8
	7	7,8	9,1	56,9
ARGILLA	8	3,9	11,6	68,4
	9	2	8,8	77,2
	10	0,98	8,4	85,7
	<10	<0,98	14,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	27,0	41,4	31,6

NOTE
5,77 resrti conchigliari sul 2000μm

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione CL SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	41,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

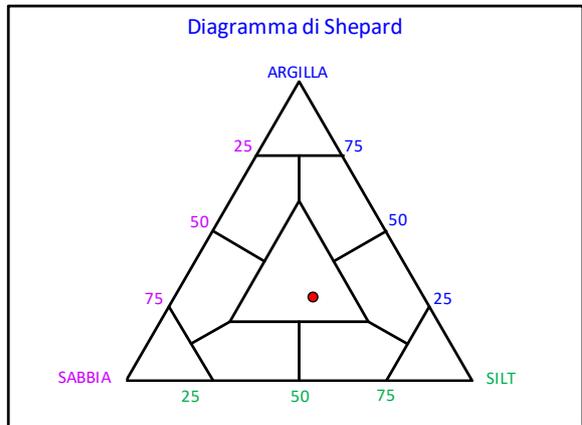
PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,15
Mediana	M _d	5,69
Classazione	σ	3,02
Asimmetria	S _{ki}	0,14
Appuntimento	K _G	0,80

PERCENTILE	φ
5	1,34
16	3,14
25	3,62
50	5,69
75	8,36
84	9,60
95	10,62

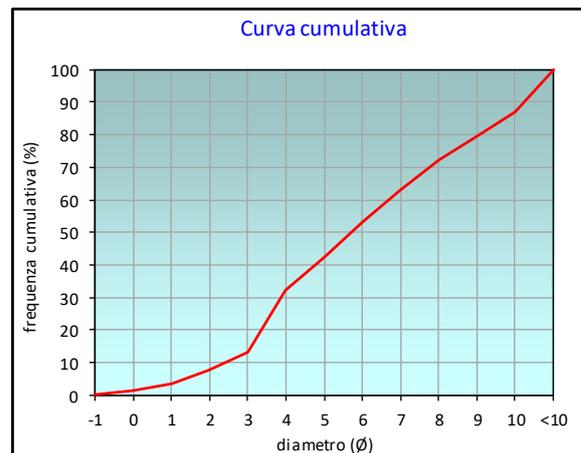
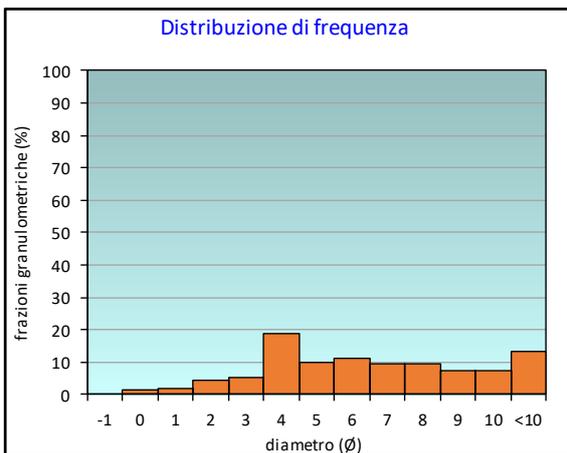
	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,5	1,5
	1	500	2,0	3,6
	2	250	4,3	7,8
	3	125	5,4	13,3
LIMO	4	62,5	18,9	32,2
	5	31,2	10,1	42,3
	6	15,6	11,2	53,5
	7	7,8	9,4	62,8
ARGILLA	8	3,9	9,6	72,4
	9	2	7,2	79,6
	10	0,98	7,3	86,9
	<10	<0,98	13,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	32,2	40,2	27,6

NOTE
1,52 resrti conchigliari sul 2000μm



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



Stazione A5 (30 m SE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,02
Mediana	M _d	5,50
Classazione	σ	2,76
Asimmetria	S _{ki}	0,23
Appuntimento	K _G	0,85

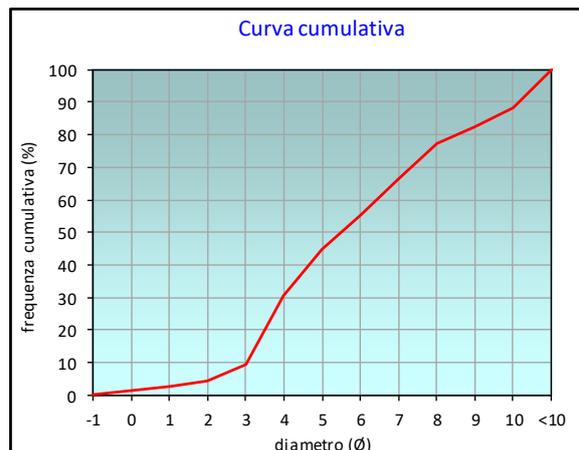
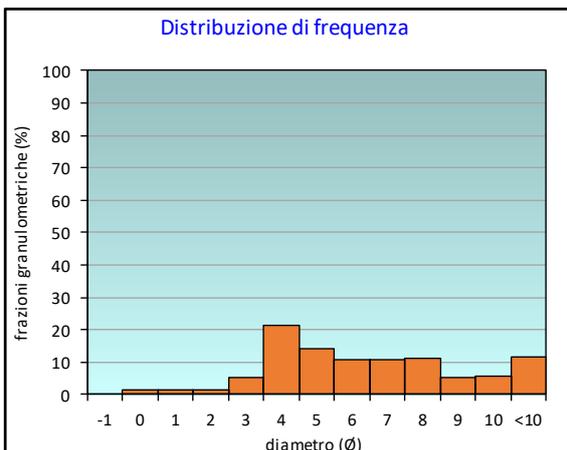
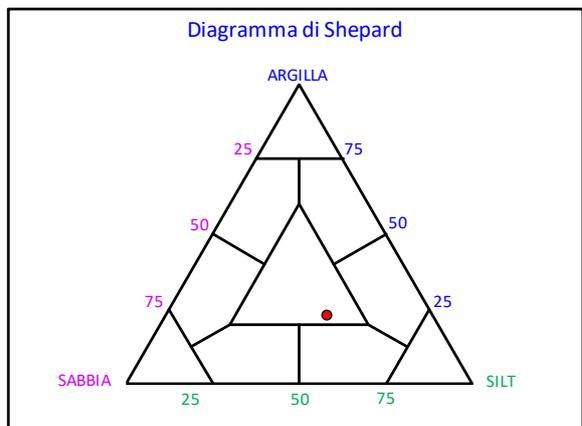
PERCENTILE	φ
5	2,14
16	3,31
25	3,74
50	5,50
75	7,80
84	9,25
95	10,57

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,3	1,3
	1	500	1,4	2,7
	2	250	1,6	4,3
	3	125	5,1	9,4
LIMO	4	62,5	21,2	30,5
	5	31,2	14,1	44,6
	6	15,6	10,8	55,5
	7	7,8	10,7	66,2
ARGILLA	8	3,9	11,1	77,3
	9	2	5,3	82,6
	10	0,98	5,7	88,3
	<10	<0,98	11,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	30,5	46,7	22,7

NOTE
n.d.

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



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,38
Mediana	M _d	5,95
Classazione	σ	2,81
Asimmetria	S _{ki}	0,14
Appuntimento	K _G	0,95

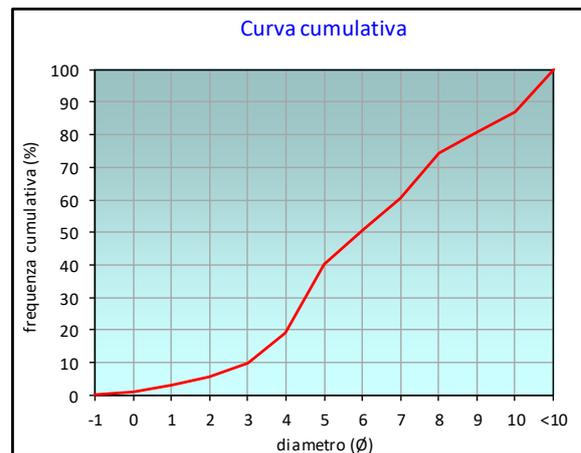
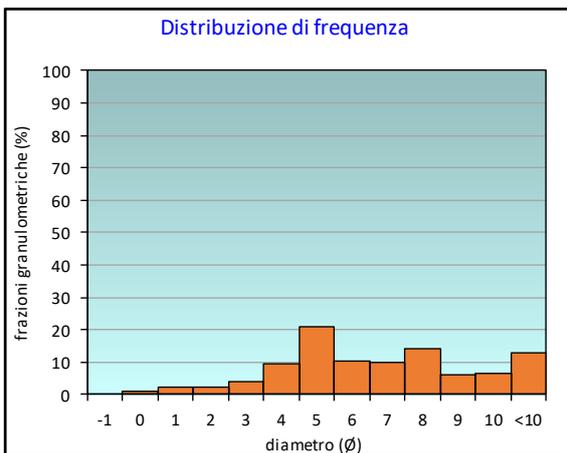
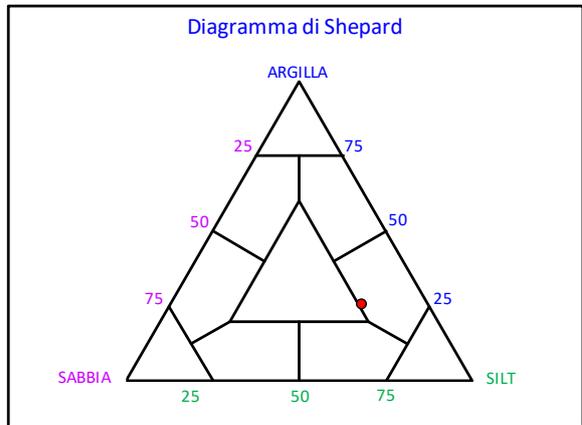
PERCENTILE	φ
5	1,75
16	3,66
25	4,27
50	5,95
75	8,08
84	9,52
95	10,61

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,8	0,8
	1	500	2,4	3,2
	2	250	2,4	5,6
	3	125	4,1	9,7
LIMO	4	62,5	9,6	19,3
	5	31,2	21,1	40,4
	6	15,6	10,2	50,5
	7	7,8	9,8	60,3
ARGILLA	8	3,9	14,2	74,5
	9	2	6,2	80,7
	10	0,98	6,4	87,1
	<10	<0,98	12,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	19,3	55,3	25,5

NOTE
1,01 resrti conchigliari sul 2000μm

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



Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,78
Mediana	M _d	6,46
Classazione	σ	2,61
Asimmetria	S _{ki}	0,11
Appuntimento	K _G	0,82

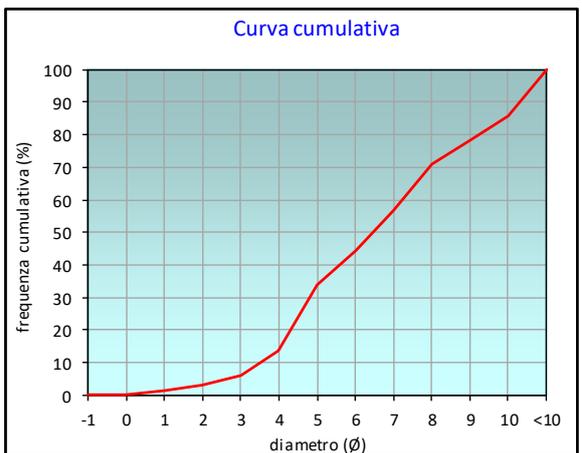
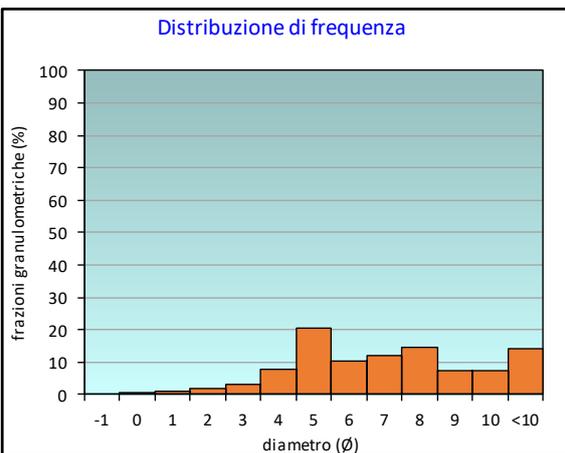
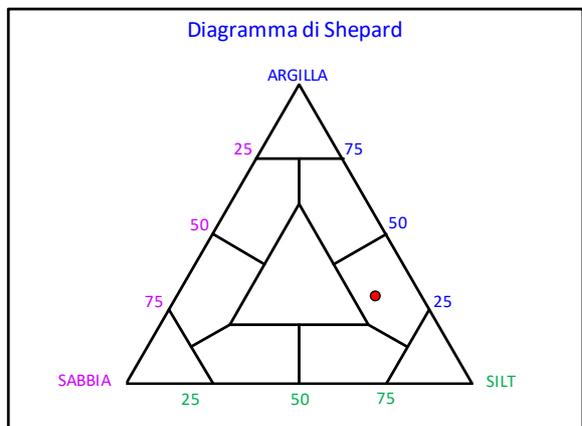
PERCENTILE	φ
5	2,69
16	4,12
25	4,56
50	6,46
75	8,56
84	9,76
95	10,65

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	1,1	1,2
	2	250	1,7	2,9
	3	125	3,0	5,9
LIMO	4	62,5	7,6	13,5
	5	31,2	20,4	34,0
	6	15,6	10,5	44,5
	7	7,8	11,9	56,5
ARGILLA	8	3,9	14,4	70,9
	9	2	7,4	78,3
	10	0,98	7,6	85,8
	<10	<0,98	14,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,5	57,3	29,1

NOTE
n.d.

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



Stazione A8 (250 m SE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,67
Mediana	M _d	6,14
Classazione	σ	2,66
Asimmetria	S _{ki}	0,19
Appuntimento	K _G	0,82

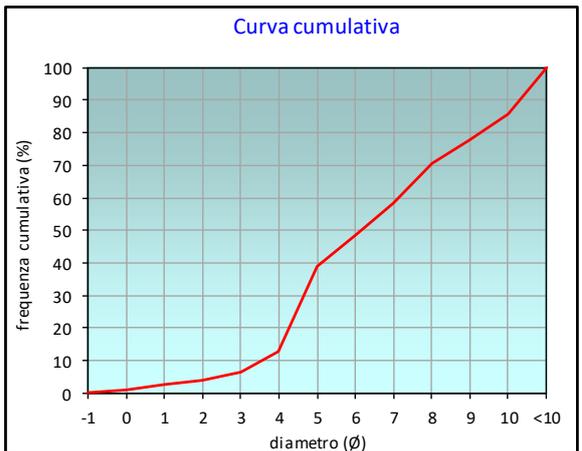
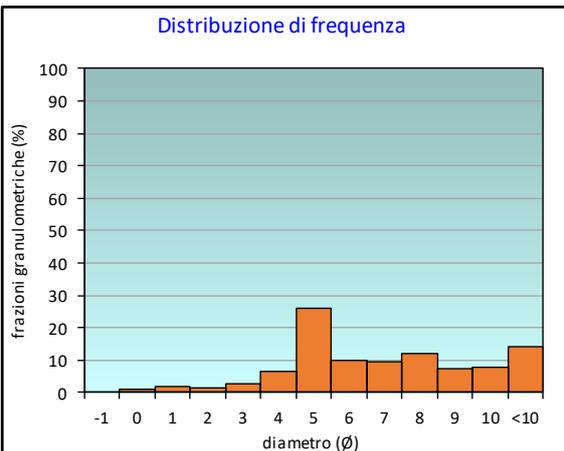
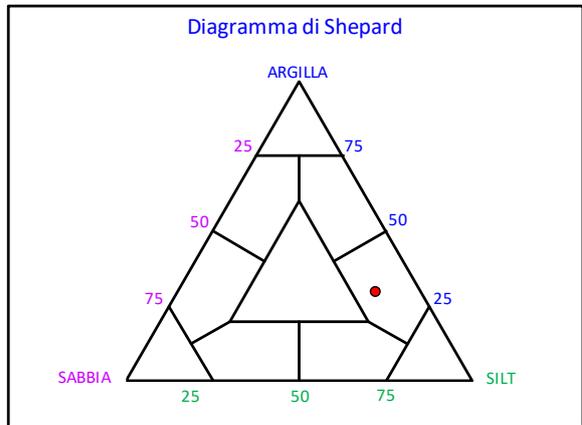
PERCENTILE	φ
5	2,39
16	4,12
25	4,46
50	6,14
75	8,61
84	9,76
95	10,64

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,9	0,9
	1	500	1,8	2,7
	2	250	1,3	4,0
	3	125	2,5	6,5
LIMO	4	62,5	6,4	13,0
	5	31,2	25,9	38,8
	6	15,6	9,8	48,6
	7	7,8	9,7	58,3
ARGILLA	8	3,9	12,2	70,4
	9	2	7,5	77,9
	10	0,98	8,0	85,9
	<10	<0,98	14,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,0	57,4	29,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	45,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,72
Mediana	M _d	6,45
Classazione	σ	2,61
Asimmetria	S _{ki}	0,08
Appuntimento	K _G	0,88

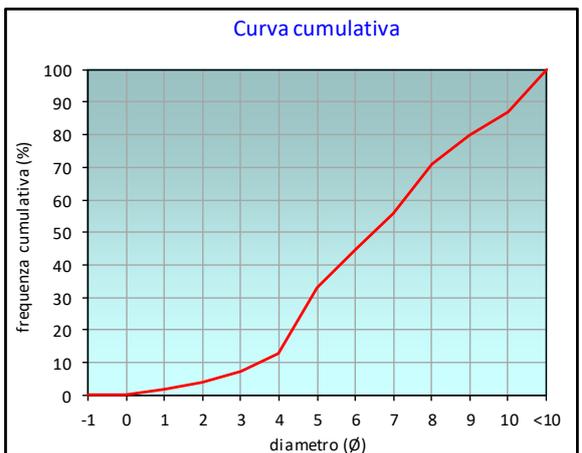
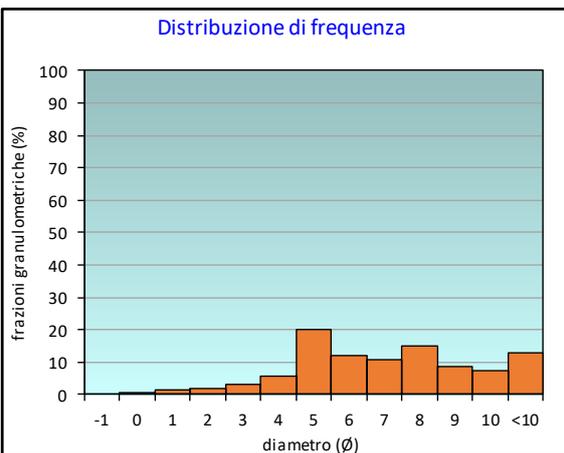
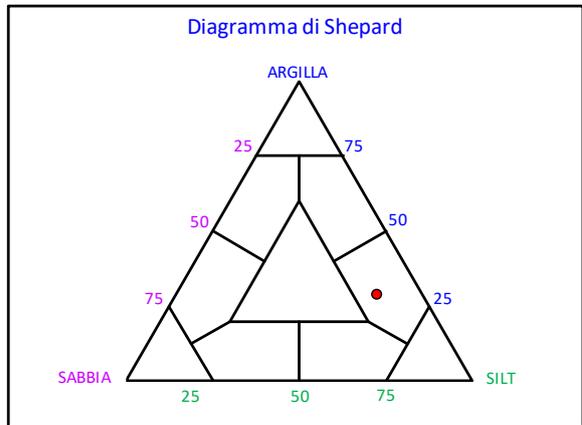
PERCENTILE	φ
5	2,35
16	4,15
25	4,60
50	6,45
75	8,45
84	9,57
95	10,61

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	1,6	1,8
	2	250	2,1	3,9
	3	125	3,2	7,1
LIMO	4	62,5	5,8	12,9
	5	31,2	20,2	33,1
	6	15,6	11,9	45,0
	7	7,8	10,9	56,0
ARGILLA	8	3,9	15,1	71,1
	9	2	8,7	79,8
	10	0,98	7,3	87,2
	<10	<0,98	12,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,9	58,2	28,9

NOTE
n.d.

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



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,22
Mediana	M _d	7,23
Classazione	σ	2,66
Asimmetria	S _{ki}	-0,04
Appuntimento	K _G	0,67

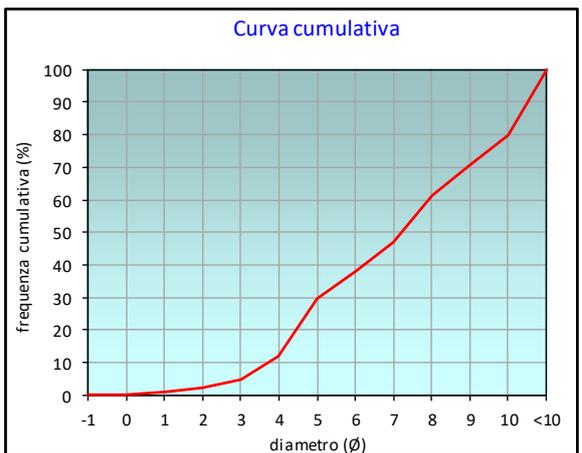
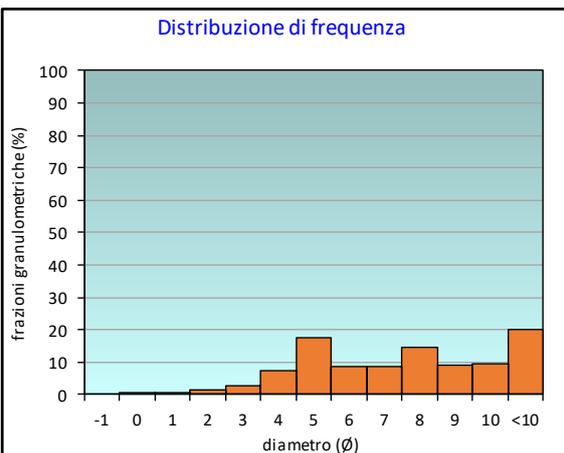
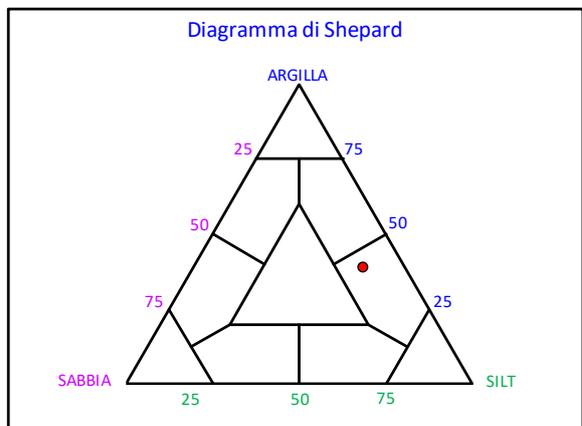
PERCENTILE	φ
5	3,04
16	4,23
25	4,74
50	7,23
75	9,49
84	10,21
95	10,75

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,7	0,8
	2	250	1,3	2,0
	3	125	2,7	4,7
LIMO	4	62,5	7,3	12,0
	5	31,2	17,5	29,5
	6	15,6	8,6	38,1
	7	7,8	8,6	46,7
ARGILLA	8	3,9	14,5	61,2
	9	2	9,2	70,4
	10	0,98	9,3	79,8
	<10	<0,98	20,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,0	49,2	38,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Molto platicurtica



Stazione B3 (60 m NE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,86
Mediana	M _d	6,65
Classazione	σ	2,77
Asimmetria	S _{ki}	0,03
Appuntimento	K _G	0,78

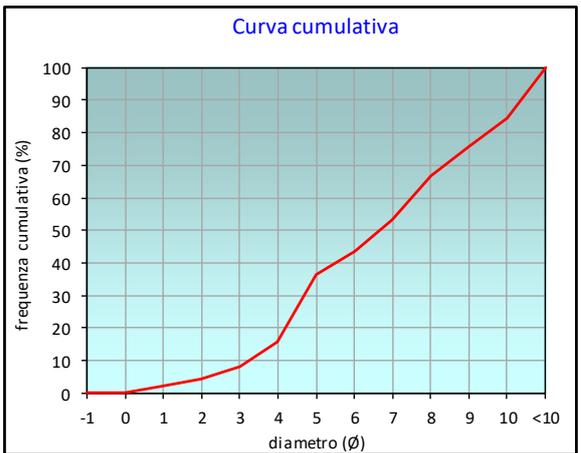
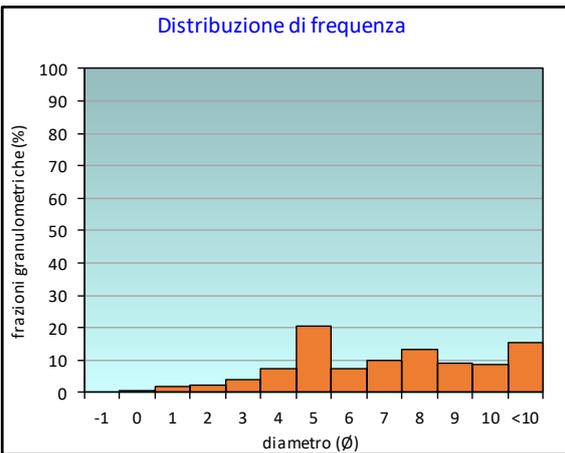
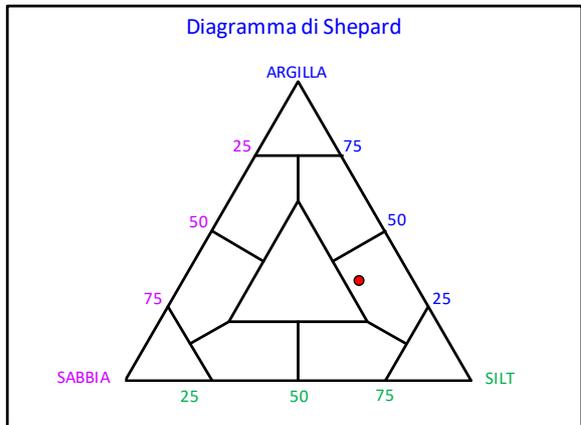
PERCENTILE	φ
5	2,18
16	4,01
25	4,45
50	6,65
75	8,91
84	9,93
95	10,68

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	1,8	2,0
	2	250	2,2	4,3
	3	125	3,9	8,2
LIMO	4	62,5	7,5	15,8
	5	31,2	20,7	36,5
	6	15,6	7,2	43,7
	7	7,8	9,8	53,4
ARGILLA	8	3,9	13,3	66,7
	9	2	9,1	75,8
	10	0,98	8,8	84,6
	<10	<0,98	15,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	15,8	51,0	33,3

NOTE
n.d.

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



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,34
Mediana	M _d	5,98
Classazione	σ	2,99
Asimmetria	S _{ki}	0,09
Appuntimento	K _G	0,87

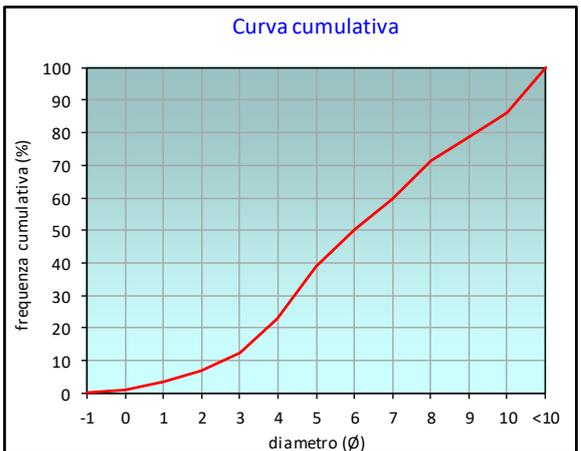
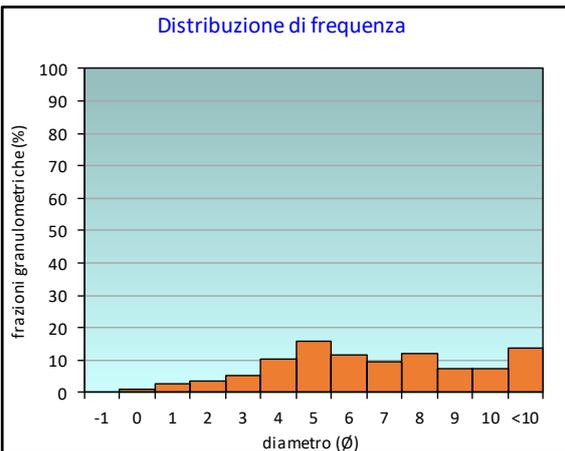
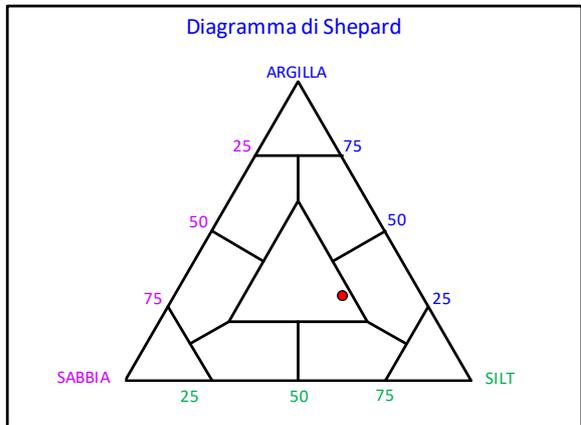
PERCENTILE	φ
5	1,40
16	3,34
25	4,13
50	5,98
75	8,47
84	9,70
95	10,64

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,0	1,0
	1	500	2,6	3,6
	2	250	3,4	7,0
	3	125	5,4	12,5
LIMO	4	62,5	10,4	22,9
	5	31,2	15,9	38,7
	6	15,6	11,5	50,2
	7	7,8	9,4	59,7
ARGILLA	8	3,9	11,9	71,6
	9	2	7,2	78,8
	10	0,98	7,4	86,2
	<10	<0,98	13,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	22,9	48,7	28,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione CL NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	46,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,49
Mediana	M _d	6,29
Classazione	σ	2,80
Asimmetria	S _{ki}	0,06
Appuntimento	K _G	0,82

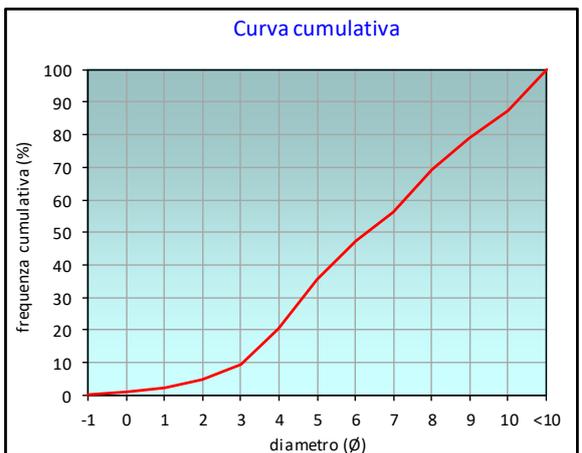
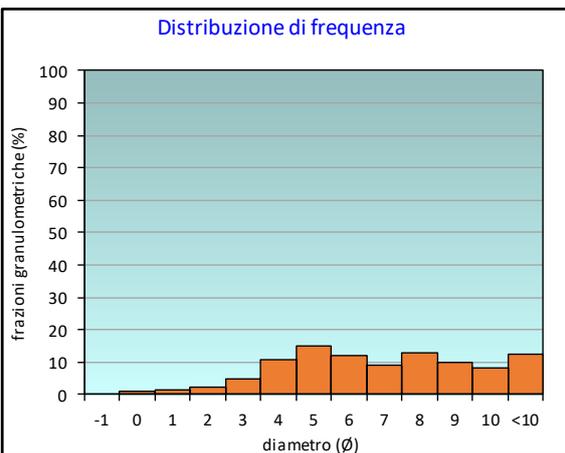
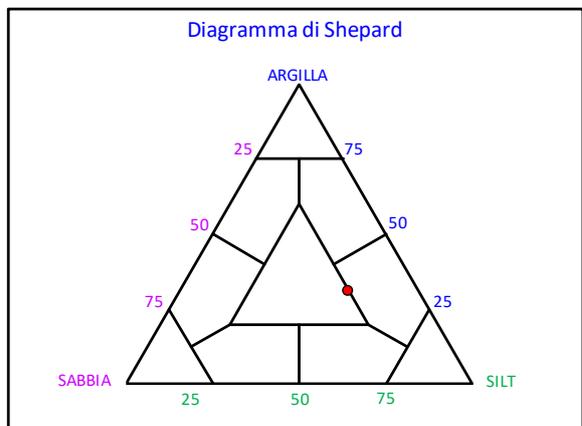
PERCENTILE	φ
5	2,07
16	3,59
25	4,30
50	6,29
75	8,59
84	9,59
95	10,60

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,8	0,8
	1	500	1,4	2,3
	2	250	2,4	4,7
	3	125	4,9	9,6
LIMO	4	62,5	10,9	20,5
	5	31,2	14,9	35,4
	6	15,6	12,0	47,4
	7	7,8	8,9	56,3
ARGILLA	8	3,9	12,9	69,2
	9	2	9,8	79,0
	10	0,98	8,4	87,4
	<10	<0,98	12,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	20,5	48,7	30,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione CL SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

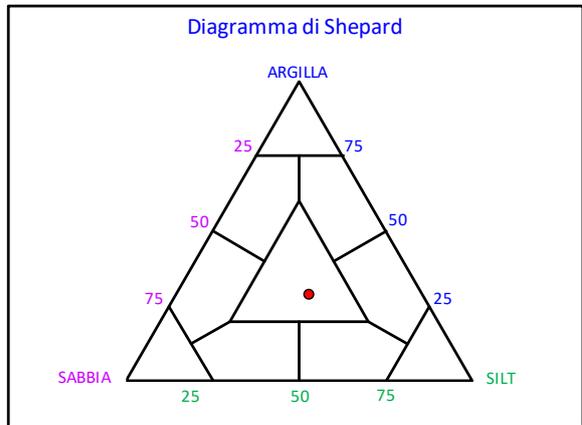
PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,27
Mediana	M _d	5,99
Classazione	σ	3,11
Asimmetria	S _{ki}	0,07
Appuntimento	K _G	0,75

PERCENTILE	φ
5	1,49
16	2,97
25	3,53
50	5,99
75	8,55
84	9,85
95	10,66

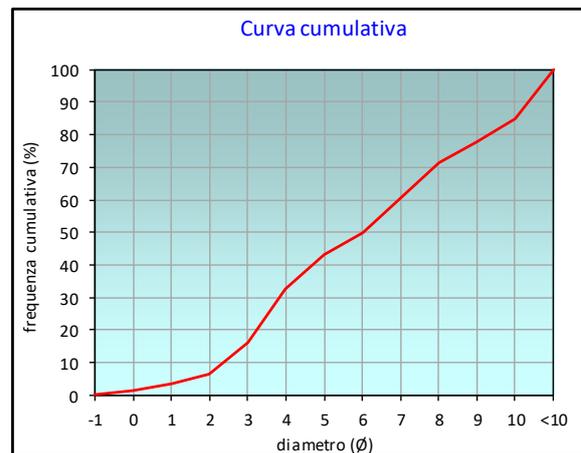
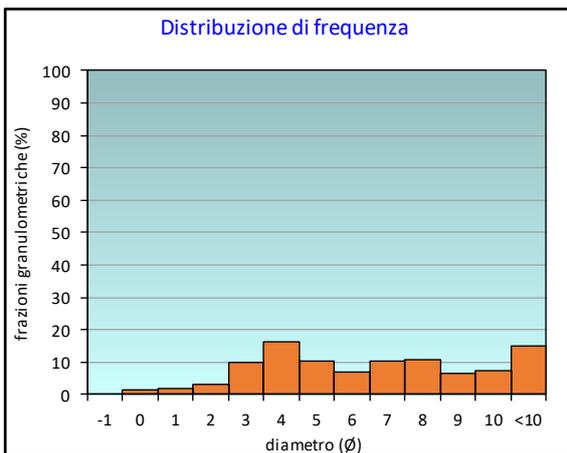
	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,4	1,4
	1	500	2,1	3,5
	2	250	3,1	6,6
	3	125	9,7	16,3
LIMO	4	62,5	16,4	32,7
	5	31,2	10,3	43,0
	6	15,6	7,1	50,1
	7	7,8	10,5	60,6
ARGILLA	8	3,9	10,9	71,5
	9	2	6,4	77,8
	10	0,98	7,3	85,1
	<10	<0,98	14,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	32,7	38,8	28,5

NOTE
2,26 resrti conchigliari sul 2000μm



CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,09
Mediana	M _d	7,37
Classazione	σ	2,86
Asimmetria	S _{ki}	-0,16
Appuntimento	K _G	0,75

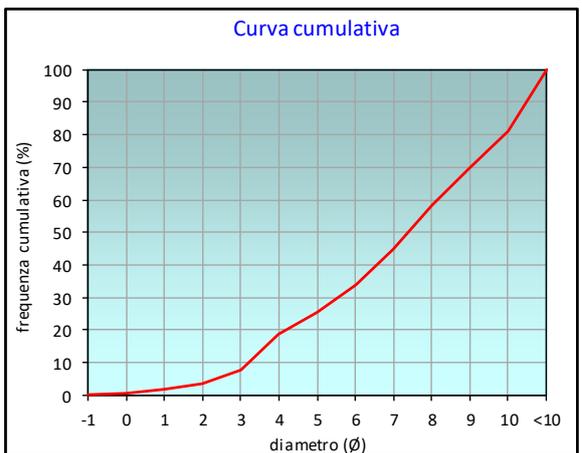
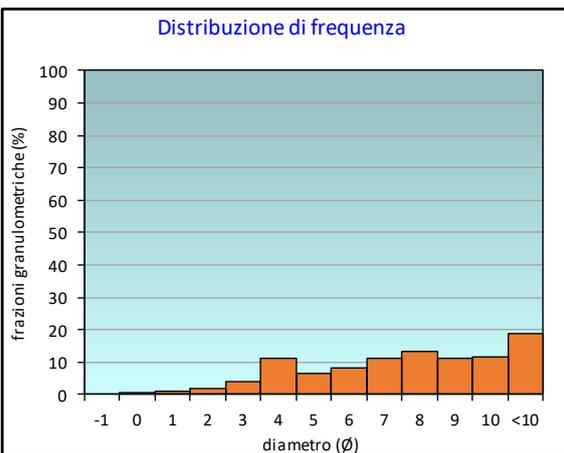
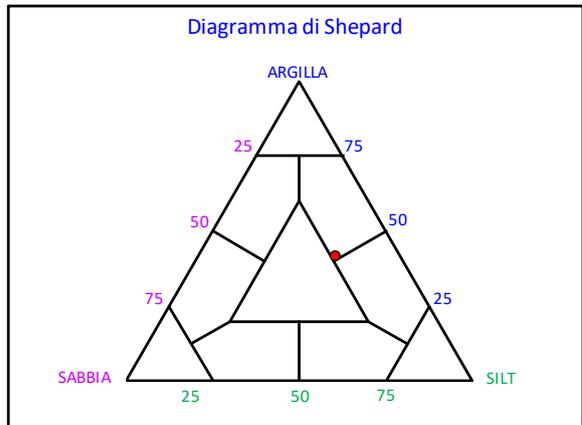
PERCENTILE	φ
5	2,39
16	3,75
25	4,92
50	7,37
75	9,47
84	10,15
95	10,73

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,5	0,5
	1	500	1,1	1,7
	2	250	1,7	3,3
	3	125	4,2	7,5
LIMO	4	62,5	11,3	18,8
	5	31,2	6,7	25,5
	6	15,6	8,3	33,9
	7	7,8	11,2	45,0
ARGILLA	8	3,9	13,3	58,3
	9	2	11,2	69,5
	10	0,98	11,7	81,3
	<10	<0,98	18,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	18,8	39,5	41,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Argilla siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,04
Mediana	M _d	6,83
Classazione	σ	2,65
Asimmetria	S _{ki}	0,06
Appuntimento	K _G	0,69

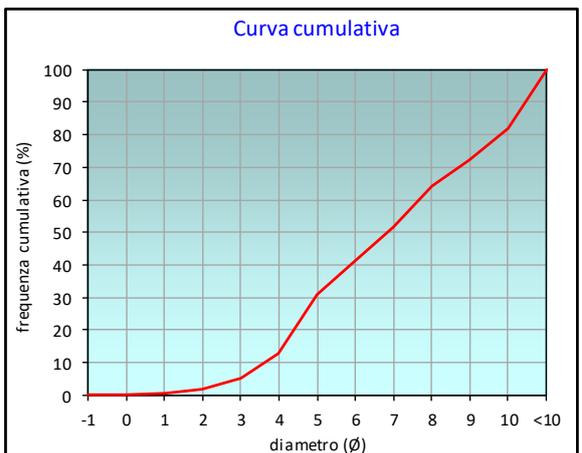
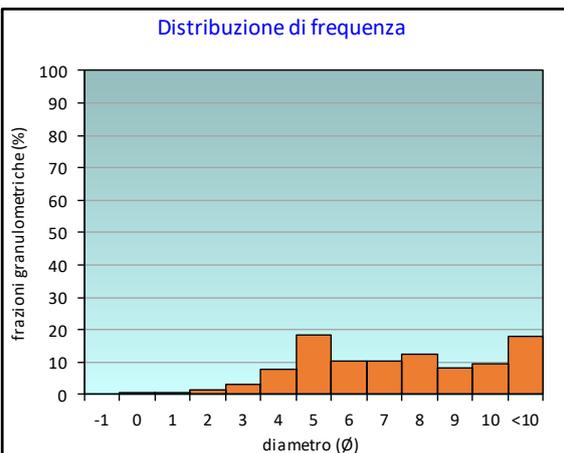
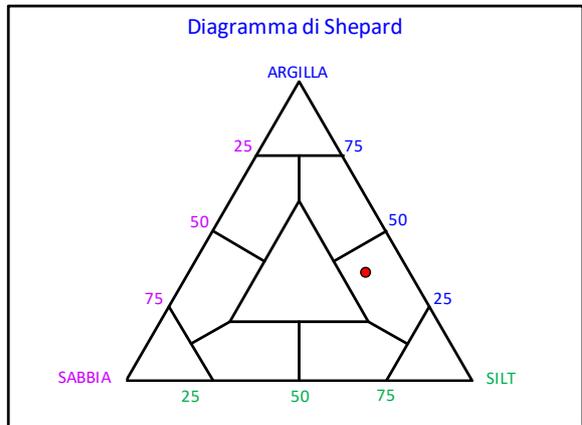
PERCENTILE	φ
5	3,00
16	4,18
25	4,67
50	6,83
75	9,26
84	10,11
95	10,72

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,5	0,7
	2	250	1,3	1,9
	3	125	3,1	5,0
LIMO	4	62,5	7,7	12,7
	5	31,2	18,3	31,0
	6	15,6	10,5	41,6
	7	7,8	10,2	51,8
ARGILLA	8	3,9	12,3	64,1
	9	2	8,3	72,5
	10	0,98	9,6	82,1
	<10	<0,98	17,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,7	51,4	35,9

NOTE
n.d.

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



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,98
Mediana	M _d	6,83
Classazione	σ	2,68
Asimmetria	S _{ki}	0,01
Appuntimento	K _G	0,76

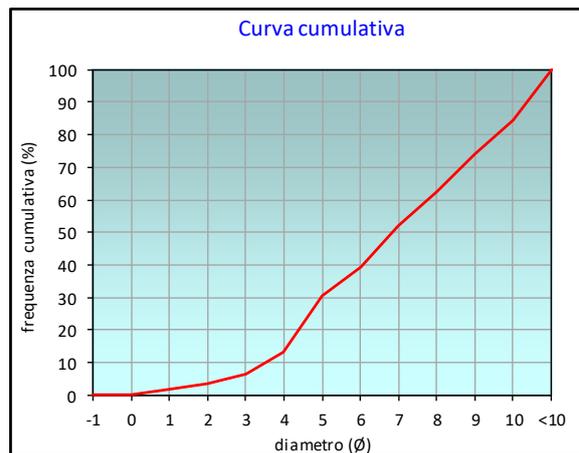
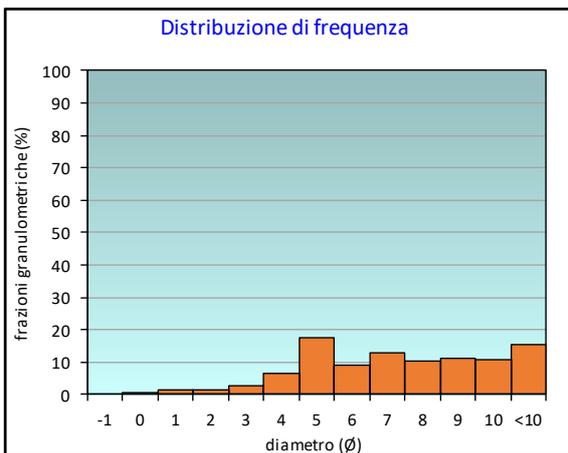
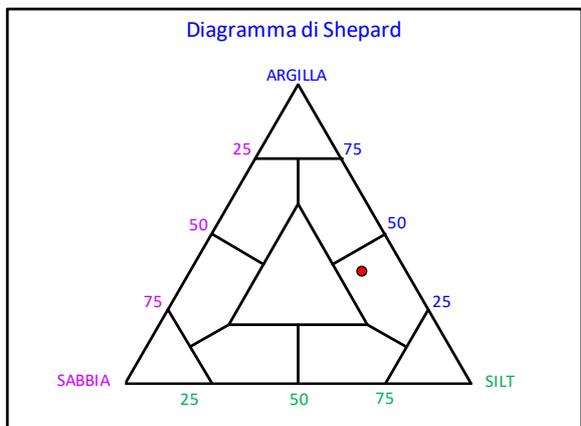
PERCENTILE	φ
5	2,52
16	4,17
25	4,69
50	6,83
75	9,10
84	9,94
95	10,68

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,3	0,3
	1	500	1,6	1,9
	2	250	1,6	3,5
	3	125	2,8	6,3
LIMO	4	62,5	6,7	13,0
	5	31,2	17,4	30,4
	6	15,6	8,9	39,3
	7	7,8	12,9	52,2
ARGILLA	8	3,9	10,4	62,6
	9	2	11,3	73,9
	10	0,98	10,7	84,6
	<10	<0,98	15,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,0	49,6	37,4

NOTE
n.d.

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



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,46
Mediana	M _d	6,00
Classazione	σ	2,81
Asimmetria	S _{ki}	0,09
Appuntimento	K _G	1,00

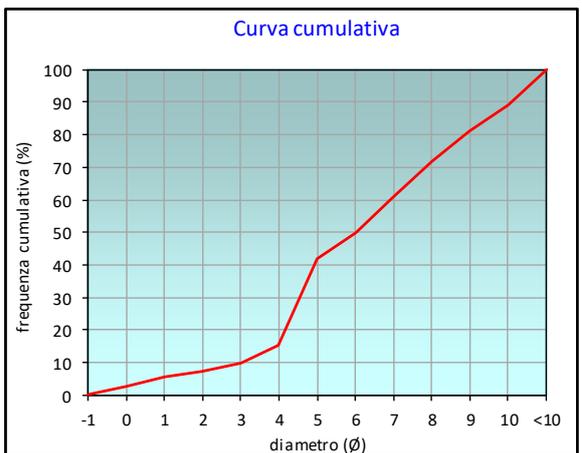
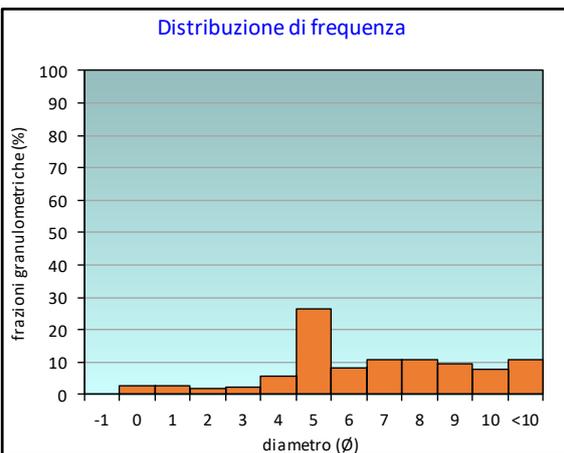
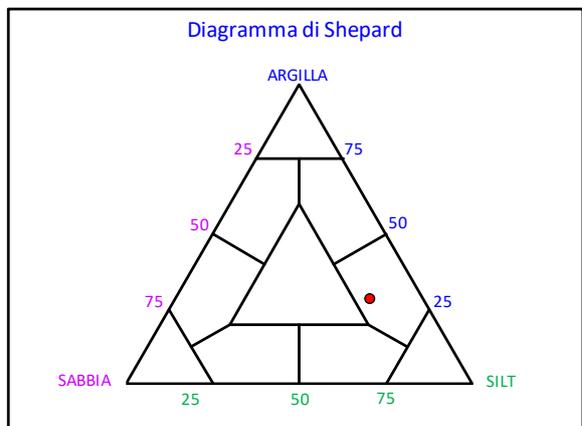
PERCENTILE	φ
5	0,79
16	4,02
25	4,36
50	6,00
75	8,34
84	9,36
95	10,54

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	2,9	2,9
	1	500	2,7	5,6
	2	250	1,8	7,4
	3	125	2,5	9,9
LIMO	4	62,5	5,5	15,4
	5	31,2	26,4	41,8
	6	15,6	8,2	50,0
	7	7,8	10,9	60,8
ARGILLA	8	3,9	11,0	71,8
	9	2	9,4	81,2
	10	0,98	7,9	89,1
	<10	<0,98	10,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	15,4	56,4	28,2

NOTE
n.d.

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



Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,87
Mediana	M _d	6,43
Classazione	σ	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,18
Appuntimento	K _G	0,71

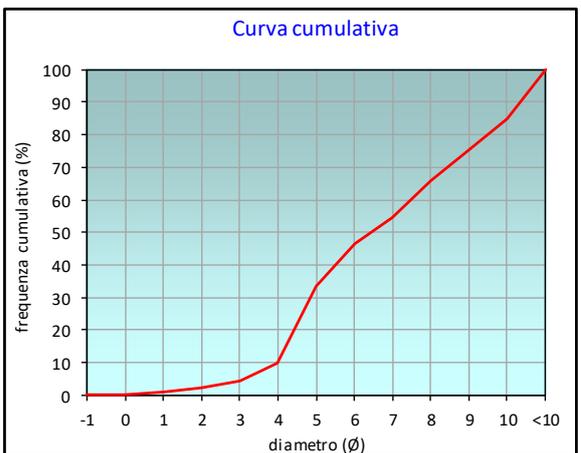
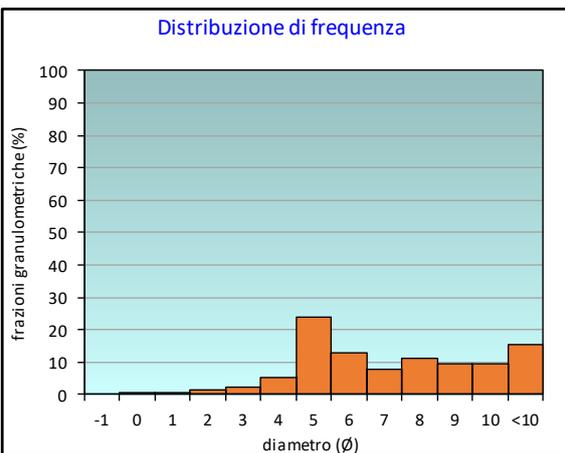
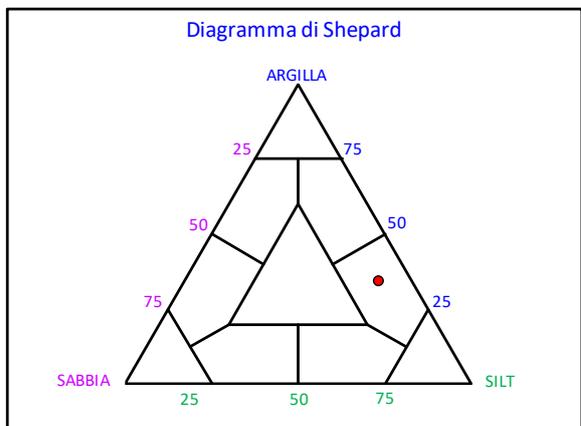
PERCENTILE	φ
5	3,13
16	4,26
25	4,64
50	6,43
75	8,97
84	9,92
95	10,67

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,7	0,8
	2	250	1,3	2,2
	3	125	2,2	4,3
LIMO	4	62,5	5,3	9,7
	5	31,2	24,0	33,6
	6	15,6	13,0	46,6
	7	7,8	7,8	54,4
ARGILLA	8	3,9	11,4	65,8
	9	2	9,4	75,2
	10	0,98	9,5	84,7
	<10	<0,98	15,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,7	56,2	34,2

NOTE
n.d.

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



Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,34
Mediana	M _d	5,52
Classazione	σ	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,35
Appuntimento	K _G	0,87

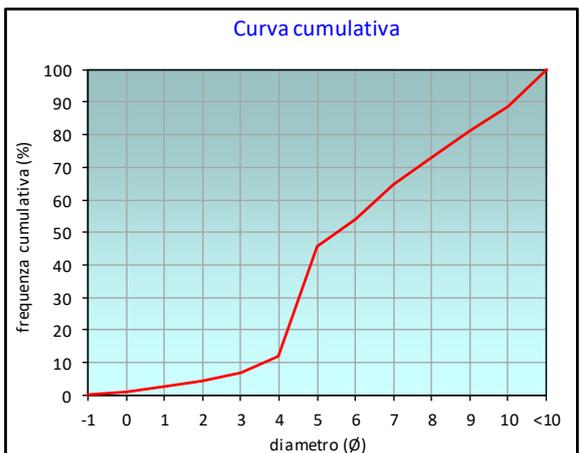
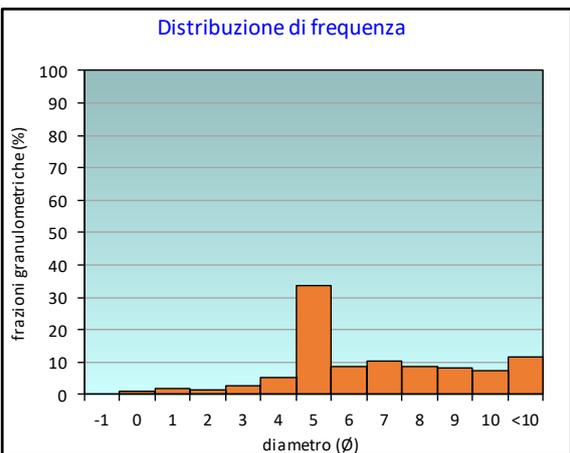
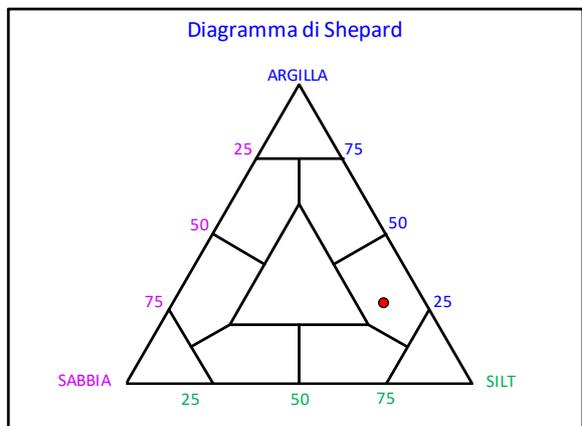
PERCENTILE	φ
5	2,34
16	4,12
25	4,39
50	5,52
75	8,25
84	9,39
95	10,56

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,0	1,0
	1	500	1,8	2,8
	2	250	1,4	4,1
	3	125	2,6	6,7
LIMO	4	62,5	5,4	12,1
	5	31,2	33,5	45,6
	6	15,6	8,6	54,2
	7	7,8	10,3	64,5
ARGILLA	8	3,9	8,5	73,0
	9	2	8,1	81,1
	10	0,98	7,5	88,6
	<10	<0,98	11,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,1	60,9	27,0

NOTE
n.d.

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



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,55
Mediana	M _d	5,90
Classazione	σ	2,74
Asimmetria	S _{ki}	0,22
Appuntimento	K _G	0,86

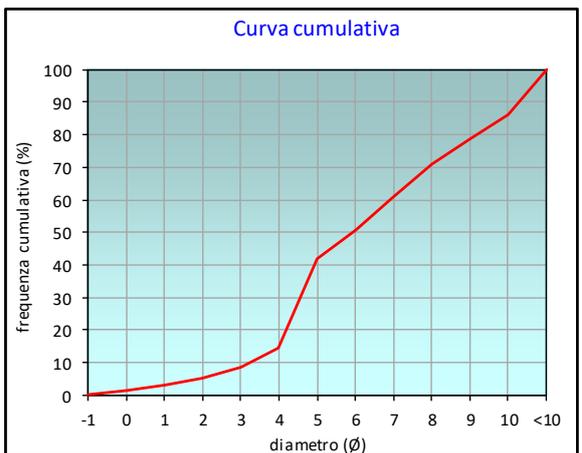
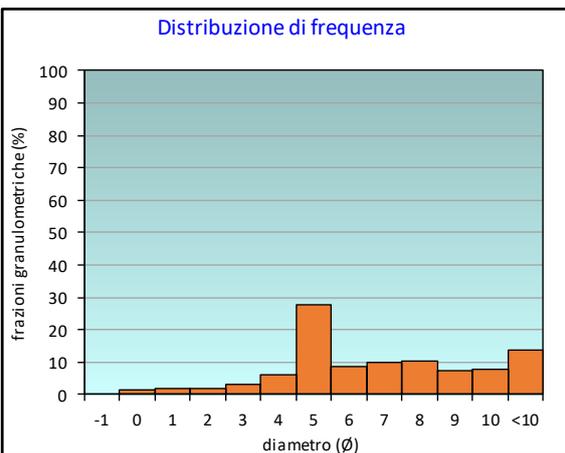
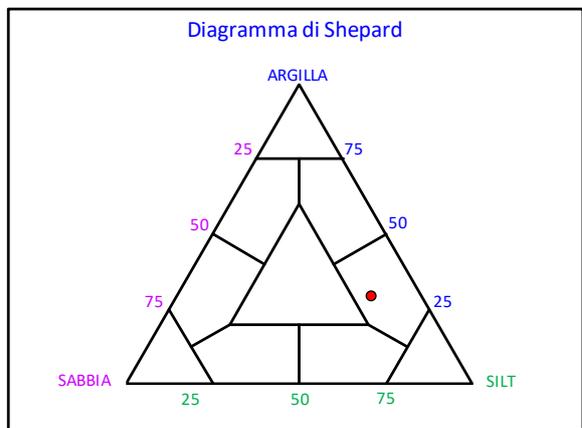
PERCENTILE	φ
5	1,90
16	4,05
25	4,38
50	5,90
75	8,53
84	9,70
95	10,63

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,3	1,3
	1	500	2,0	3,2
	2	250	2,0	5,2
	3	125	3,2	8,4
LIMO	4	62,5	6,1	14,5
	5	31,2	27,6	42,1
	6	15,6	8,8	50,9
	7	7,8	10,0	60,9
ARGILLA	8	3,9	10,1	71,0
	9	2	7,5	78,5
	10	0,98	7,8	86,3
	<10	<0,98	13,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	14,5	56,5	29,0

NOTE
n.d.

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



Stazione K4

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

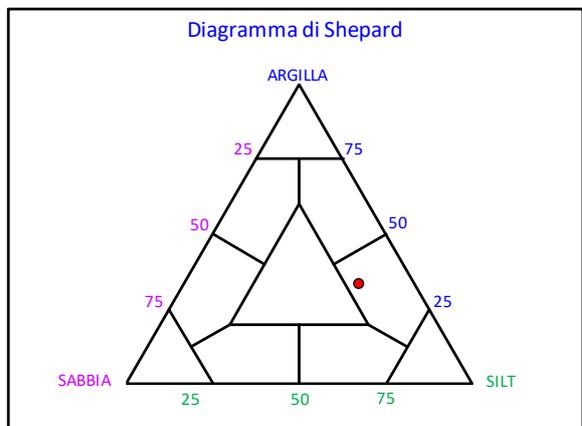
PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,53
Mediana	M _d	6,19
Classazione	σ	2,94
Asimmetria	S _{ki}	0,01
Appuntimento	K _G	0,99

PERCENTILE	φ
5	0,21
16	3,94
25	4,37
50	6,19
75	8,65
84	9,45
95	10,52

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	4,1	4,1
	1	500	4,3	8,4
	2	250	4,7	13,1
	3	125	1,1	14,3
LIMO	4	62,5	1,9	16,1
	5	31,2	24,2	40,3
	6	15,6	7,7	48,0
	7	7,8	10,2	58,3
ARGILLA	8	3,9	8,3	66,6
	9	2	12,9	79,5
	10	0,98	10,1	89,6
	<10	<0,98	10,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,1	50,5	33,4

NOTE
n.d.



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

