



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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO BONACCIA NW**

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

INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA

Rapporto Finale 2022

RAPPORTO n. 19

**OPERATORE SCIENTIFICO:
OGS IN RTI CON CNR – IRBIM, STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN,
AGROLAB, CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE E SHELTER**

**COORDINATORE:
MARTINA KRALJ**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
MARTINA KRALJ**

**RAPPORTO A CURA DI:
MARTINA KRALJ
CECILIA BALESTRA
MARIA SAGGIOMO
GIUSEPPE SIENA
MIRENO BORGHINI**

TRIESTE, 2023



**CNR
IRBIM**
ISTITUTO PER LE
RISORSE BIOLOGICHE
E LE BIOTECNOLOGIE
MARINE



OGS

Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.





PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	M. Kralj	OGS
Responsabile Scientifico	M. Kralj	OGS
Referente OGS	G. Siena	
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni	
Referente SZN	S. Stefanni e M. Saggiomo	
Referenti CNR-IRBIM	E. Punzo e A. Tasseti	

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

E. Frapiccini	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare
G. Caccamo	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare
G. Siena	OGS	Responsabile scientifico del comparto colonna d'acqua; Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
F. de Amorim	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
C. Balestra	OGS	Elaborazione dati inquinanti
M. Kralj	OGS	Analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, TSM
M. Bazzaro	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, TSM
M. Bordiga	OGS	Campionamento in mare
V. Natali	OGS	Campionamento in mare
V.A. Laudicella	OGS	Campionamento in mare
P. Ottoni	AGROLAB	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB	Reportistica
M.P. Fallica	AGROLAB	Responsabile di Laboratorio
A. Buondonno	SZN	Campionamento in mare; Analisi clorofille
M. Cannavacciuolo	SZN	Campionamento in mare
M. Pansera	SZN	Campionamento in mare
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati clorofille
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria



INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	MATERIALI E METODI	3
2.1.	CAMPIONAMENTO	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	8
3.	RISULTATI	17
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA 17	
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA 17	
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX 58	
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	65
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	66
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	74
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	74
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti.....	78
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	88
4.	CONCLUSIONI	92
5.	BIBLIOGRAFIA	96
	ALLEGATI	I
	A1	II
	A2.....	XIII
	A3.....	XVIII



1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante la piattaforma alla già esistente Bonaccia. A partire dal 2022, tale monitoraggio è proseguito per opera del nuovo RTI costituito dal Mandatario OGS e dai Mandanti CNR-IRBIM di Ancona, SZN di Napoli, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara, CIBM di Livorno, UNIVPM di Ancona e Shelter di Milano.

Bonaccia NW è installata in Adriatico centrale a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m nella zona delle sabbie pelitiche del largo. L’area in cui è stata posizionata la struttura è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell’Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell’anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale. Tali acque presentano caratteristiche chimico-fisiche differenti da quelle circostanti e possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale della colonna d’acqua (10-20 m), vista l’ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti.

Essendosi concluso il monitoraggio quinquennale della piattaforma nella fase di esercizio (relativo a tutti i comparti marini: colonna d’acqua, sedimenti, bioaccumulo e biomarker in organismi marini, comunità bentonica e ittica, avvistamento di cetacei e rettili marini), a partire dal 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno post lavori di installazione della piattaforma, sono previste solamente le indagini riguardanti la colonna d’acqua, come indicato nel piano di monitoraggio (Tabella 1-I). A parte il posticipo al 2021 delle indagini omnicomprendenti previste nel 1° semestre 2020 a causa dell’emergenza COVID-19 (Spagnolo et al., 2021c), ad oggi il monitoraggio prosegue limitatamente alla colonna d’acqua e continuerà per tutta la durata della fase di esercizio della piattaforma. Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nell’anno 2022.

Tab. 1-I – Surveys previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In giallo le indagini terminate, in verde quelle ancora in corso.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Bonaccia NW
Ante operam	Colonna acqua	2 surveys
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 surveys
Cantiere	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*	Per tutta la durata della fase
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 surveys
	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	Per tutta la durata della fase
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

* Effettuati surveys mediante operatori MMO; ** Incluso nella fase di Esercizio

2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Bonaccia NW è ubicata a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l’installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I. I lavori di posa in opera sono terminati a fine gennaio del 2016.

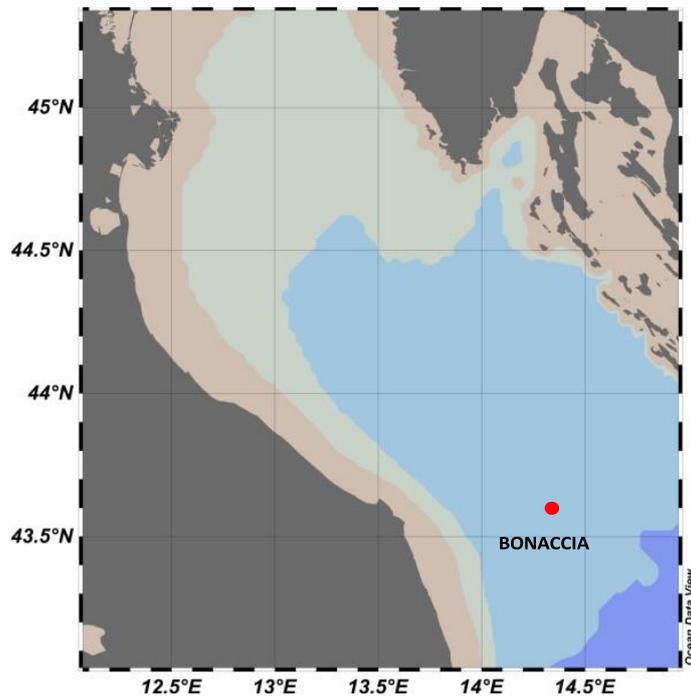


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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

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



2.1. CAMPIONAMENTO

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua, nel 2022 sono state condotte 2 campagne di monitoraggio dell'area interessata nel 1° semestre (marzo e maggio) e 3 campagne nel 2° semestre (luglio, novembre e dicembre).

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. Quattro stazioni sono poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione della piattaforma mentre, le altre 4, considerate controlli, si trovano a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II). Per ogni stazione sono stati prelevati campioni a 4 profondità: superficie, 20 m, 40 m e fondo.

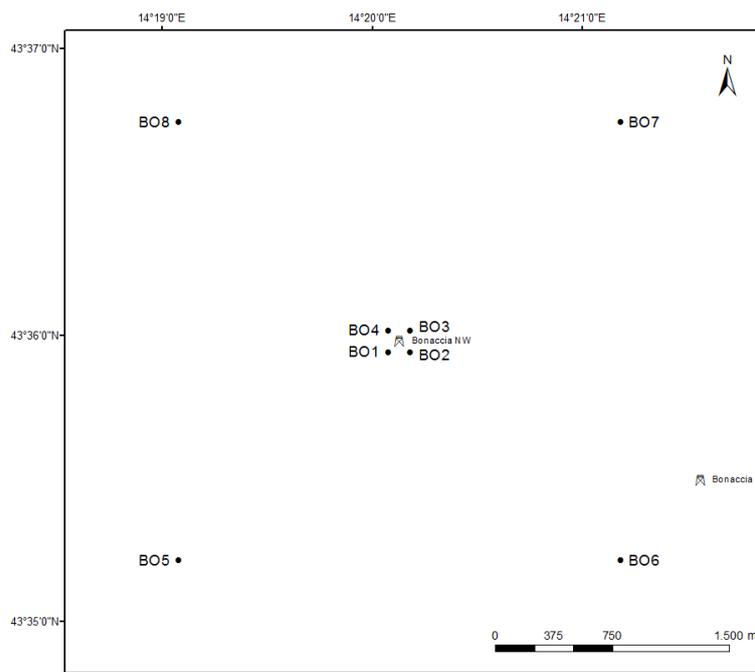


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Bonaccia NW per le indagini idrologiche.



Tab. 2-II - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini idrologiche condotte presso la piattaforma Bonaccia NW.

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza dalla struttura (m)	Posizione rispetto alla struttura
BO1	43° 35' 57"N	14° 20' 05"E	100	SW
BO2	43° 35' 57"N	14° 20' 12"E	100	SE
BO3	43° 36' 02"N	14° 20' 12"E	100	NE
BO4	43° 36' 02"N	14° 20' 05"E	100	NW
BO5	43° 35' 13"N	14° 19' 06"E	2000	SW
BO6	43° 35' 14"N	14° 21' 12"E	2000	SE
BO7	43° 36' 45"N	14° 21' 11"E	2000	NE
BO8	43° 36' 45"N	14° 19' 05"E	2000	NW

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1-I) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, e 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).

Per ogni stazione del piano di campionamento lungo la colonna d'acqua sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus per i seguenti parametri:

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. Campioni di acqua sono stati prelevati alle 4 quote previste nel piano di campionamento mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler (“rosette”), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 5 l (All. A1-I). Sui campioni prelevati sono stati misurati i seguenti parametri:

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi Totali (IT);
- 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 ad eccezione dei campioni per l’analisi dei nutrienti ed i filtri per l’analisi dei solidi sospesi e dei pigmenti clorofilliani che sono stati conservati a -20°C.

Tutti i dati raccolti sono stati restituiti in forma grafica in modo da descrivere l’andamento dei parametri analizzati lungo la colonna d’acqua delle stazioni che spazialmente, lungo i transetti, utilizzando appositi software.

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 2022 i dati correntometrici in prossimità della piattaforma Bonaccia NW sono stati raccolti mediante un ormeggio correntometrico posizionato in prossimità della struttura (coordinate: 43° 35.490' N, 014° 21.611' E) su un fondale di circa 87 m.

L'ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3).

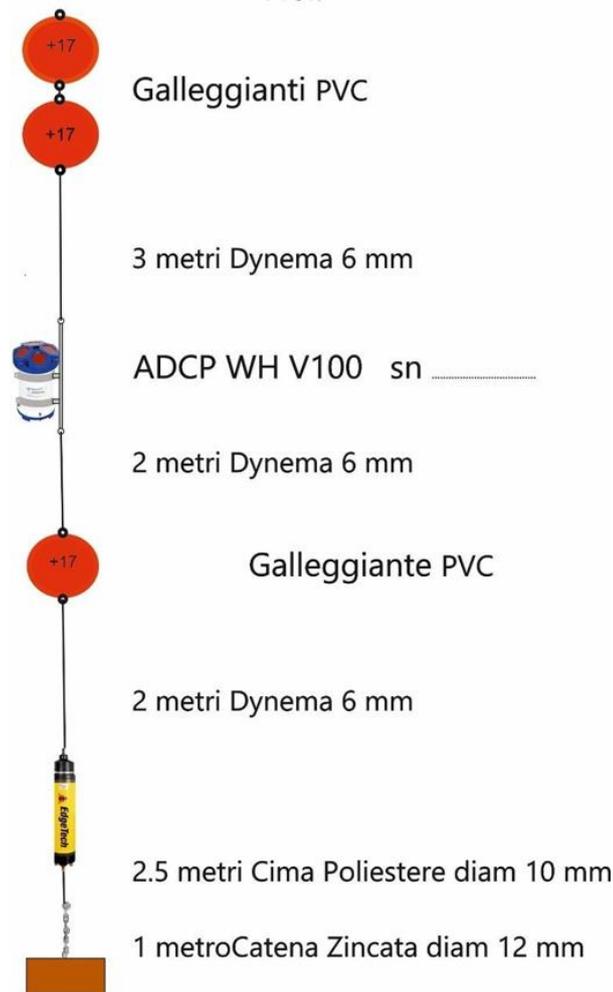


Fig. 2.3 – Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Bonaccia NW.

Tale strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare la direzione e la velocità della corrente nei



vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa $0,3 \text{ cm s}^{-1}$ e la risoluzione di $0,1 \text{ cm s}^{-1}$.

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. I bin relativi agli strati più superficiali, nonché quelli relativi agli strati di aria al di sopra della superficie libera del mare, sono stati eliminati per la presenza di dati non leggibili dovuti all'elevato rumore presente. La serie temporale riportata in questa relazione fa riferimento a più periodi di registrazione differenti. I dati sono stati successivamente processati in modo da ottenere un'unica serie temporale ai fini di facilitare la rappresentazione grafica.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

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 la concentrazione dell'ossigeno disciolto, il contenuto dei nutrienti inorganici (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e la concentrazione di pigmenti clorofilliani. Sono stati inoltre ricercati gli inquinanti elencati nel capitolo 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 manganese (III) e manganese (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio e a temperatura ambiente per un tempo non superiore a 4 ore. 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.

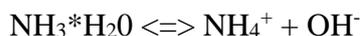
Nutrienti inorganici – per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni di acqua di mare sono stati filtrati a bordo, mediante siringa, su filtri di fibra di vetro (Whatman GF/F, porosità nominale $0,7 \mu m$ e $\varnothing 47 mm$), pre-combusti a $450^\circ C$ per 4 ore, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a $-20^\circ C$ fino al momento delle analisi.

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

La concentrazione dei nitriti (NO_2) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopulazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO_3) 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, letto 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 (NH_3) e l’ammonio (NH_4^+) 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 $25^\circ C$ la forma prevalente (95%) è l’ammonio (NH_4^+) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH_3). Ad una



temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio (NH₄).

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

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

I limiti di rilevabilità sono:

- NO₂: 0,01 µM
- NO₃: 0,02 µM
- NH₄: 0,02 µM
- PO₄: 0,01 µM
- Si(OH)₄: 0,02 µM

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

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

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4.6 mm 3 Å µM). L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml min⁻¹ 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.

I dati sono stati acquisiti mediante software HP ChemStations. L'identificazione dei pigmenti clorofilliani presenti nei campioni analizzati viene effettuata mediante confronto con standard esterni (DHI Laboratories). La lunghezza d'onda utilizzata per la lettura dei pigmenti clorofilliani e degli standard esterni è stata settata a 440nm.

I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

Solidi Sospesi Totali (TSM) - 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, porosità nominale 0,7 μm e \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 combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L^{-1} . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli è 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 le campagne di marzo e dicembre 2022 è stato



utilizzato un ICP-MS Agilent 7900 Series come descritto nella nota tecnica (All. A2).

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

<i>Parametro</i>	<i>Metodica</i>	<i>UM</i>	<i>LRmin</i>	<i>LRmax</i>
Metalli				
<i>Alluminio</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	6,8
<i>Arsenico</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,2
<i>Bario</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	
<i>Cadmio</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,16
<i>Cromo totale</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,22
<i>Ferro</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	4,9	5
<i>Indio</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,08	0,1
<i>Mercurio</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,05	0,1
<i>Nichel</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,14
<i>Piombo</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,14
<i>Rame</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	0,51
<i>Vanadio</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	
<i>Zinco</i>	EPA 6020B 2014	µg L ⁻¹	0,1	2,4
<i>Silicio</i>	EPA 200.7 1994	mg L ⁻¹	0,021	0,5
BTEX				
<i>Benzene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L ⁻¹	0,01	
<i>Etilbenzene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L ⁻¹	0,01	
<i>Stirene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L ⁻¹	0,01	
<i>Toluene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L ⁻¹	0,05	
<i>Xilene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L ⁻¹	0,01	0,02
ALTRE SOSTANZE				
<i>Idrocarburi policiclici aromatici</i>	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg L ⁻¹	0,001	
<i>idrocarburi alifatici C10-C32</i>	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L ⁻¹	23	
<i>Idrocarburi totali (espressi come n-esano) Calcolo</i>	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L ⁻¹	31	
<i>Glicole monoetilenico</i>	EPA 8015D 2003	mg L ⁻¹	1,5	2,2

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



campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ('Purge & trap') e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (dispensato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge & 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) 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 ($C_{10}H_{22}$) e del n-tetracontano ($C_{40}H_{82}$) (frazione estraibile);
- b) singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C_5H_{12}) e n-decano ($C_{10}H_{12}$) 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 1 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 900 ml 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 minuti, con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10 minuti 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 del gascromatografo con rilevatore a fiamma (FID).

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

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

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

Idrocarburi Alifatici (IA) - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali. Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rilevatore a fiamma (FID).



L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcani 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 900 ml 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 minuti, con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10 minuti 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 del gascromatografo con rilevatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)–antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,003 $\mu\text{g L}^{-1}$. 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).

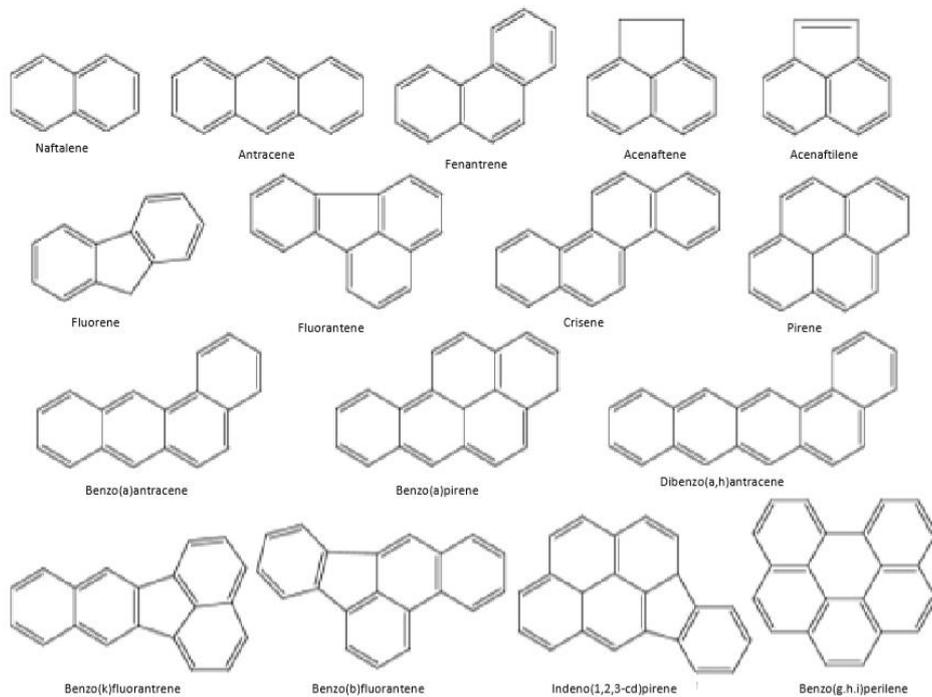


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l’US-EPA.

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.



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 **marzo** (fig. 3.1) i profili verticali di temperatura hanno mostrato valori omogenei lievemente più elevati in superficie (media $12,7 \pm 0,32$ °C) e valori minimi ed omogenei nello strato più profondo (media $11,88 \pm 0,14$ °C). Si discostano da questo andamento i profili delle stazioni di controllo BO5 e BO7.

La salinità ha presentato una distribuzione verticale con valori minimi omogenei in superficie (media $38,83 \pm 0,01$ psu), valori variabili a quote intermedie e massimi omogenei nello strato più profondo (media $38,83 \pm 0,01$ psu). Anche per la salinità i profili delle stazioni di controllo BO5 e BO7 si discostano dalla media.

Sono stati registrati valori bassi di torbidità (<1 mg L⁻¹) ed omogenei in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 60 m di profondità, in lieve aumento verso il fondo (massimo 1,5 mg L⁻¹, stazione BO3).

L'ossigeno disciolto alla saturazione ha fatto registrare valori uniformi di poco superiori al 100% fino a circa 40 m di profondità (media $101,1 \pm 0,6\%$) e valori uniformi $<100\%$ nel resto della colonna d'acqua (media $99,5 \pm 0,7\%$).

Le mappe areali (fig. 3.2) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie, ad eccezione della stazione di controllo BO5 (media $12,77 \pm 0,42$ °C), ed al fondo (media $11,81 \pm 0,02$ °C). La salinità ha fatto registrare un debole gradiente NE-SO nella sua distribuzione in superficie ($\Delta s \sim 0,25$ psu) mentre valori fortemente omogenei e più elevati hanno caratterizzato il fondo (media $38,96 \pm 0,00$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.3) ha presentato valori molto bassi ($<0,3$ µg L⁻¹) ovunque nei primi 20 m di profondità e valori omogenei di poco superiori nel resto della colonna d'acqua (media $0,4 \pm 0,1$ µg L⁻¹).

Nel mese di **maggio** (fig. 3.4) la distribuzione verticale di temperatura ha messo in evidenza la presenza di una consistente stratificazione, con valori massimi omogenei nei primi 10 m



dalla superficie (media $21,92 \pm 0,18^\circ\text{C}$), in rapida diminuzione verso i minimi in uno strato omogeneo al fondo (media $12,33 \pm 0,03^\circ\text{C}$).

La salinità ha mostrato valori più bassi e variabili in superficie (minimo 38,46 psu in BO8) che gradualmente aumentano con la profondità fino ai massimi, piuttosto elevati, registrati in uno strato omogeneo al fondo (media $38,92 \pm 0,0$ psu).

La torbidità ha presentato valori bassi ed omogenei ovunque fino a circa 50 m di profondità (media $1,0 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), per poi aumentare fino a raggiungere i massimi al fondo ($1,6 \text{ mg L}^{-1}$ in BO3).

L'ossigeno disciolto alla saturazione ha fatto registrare valori massimi tra i 10 m e i 30 m di profondità (media $109,6 \pm 0,9\%$), per poi diminuire fino ai minimi rilevati al fondo in uno strato piuttosto omogeneo (media $90,4 \pm 0,9\%$).

Le mappe areali (fig. 3.5) evidenziano la distribuzione omogenea di temperatura con valori più elevati in superficie (media $21,95 \pm 0,17^\circ\text{C}$) e più bassi al fondo (media $12,32 \pm 0,04^\circ\text{C}$).

La distribuzione di salinità ha confermato la discreta variabilità tra le stazioni in superficie ($\Delta s \sim 0,33$ psu) e la forte omogeneità con valori massimi elevati al fondo (media $38,92 \pm 0,00$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.6) è stata ovunque molto bassa in superficie ($< 0,2 \mu\text{g L}^{-1}$), con valori massimi registrati a circa 50 m di profondità (massimo $1,7 \mu\text{g L}^{-1}$ in BO8).

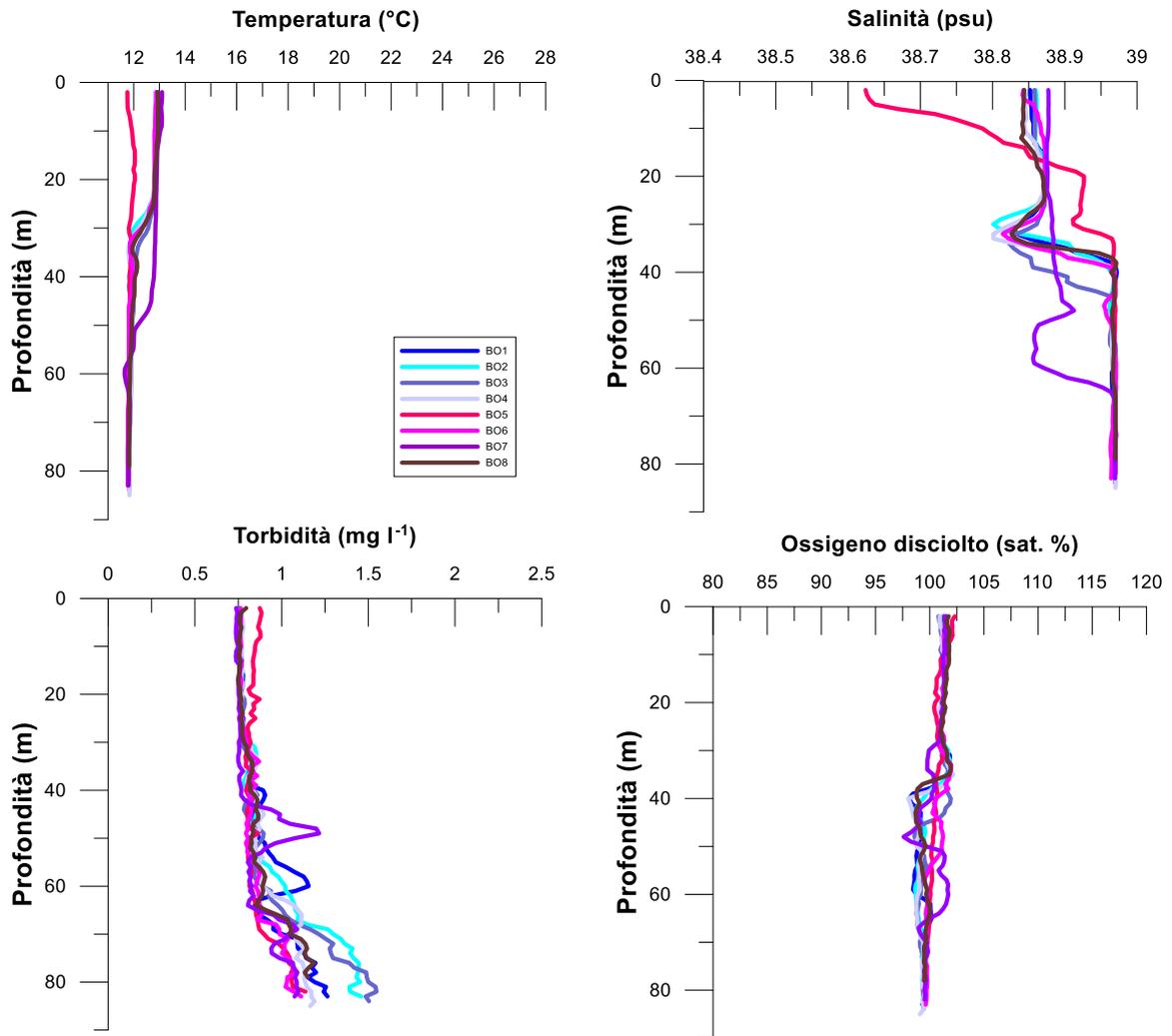


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2022.**

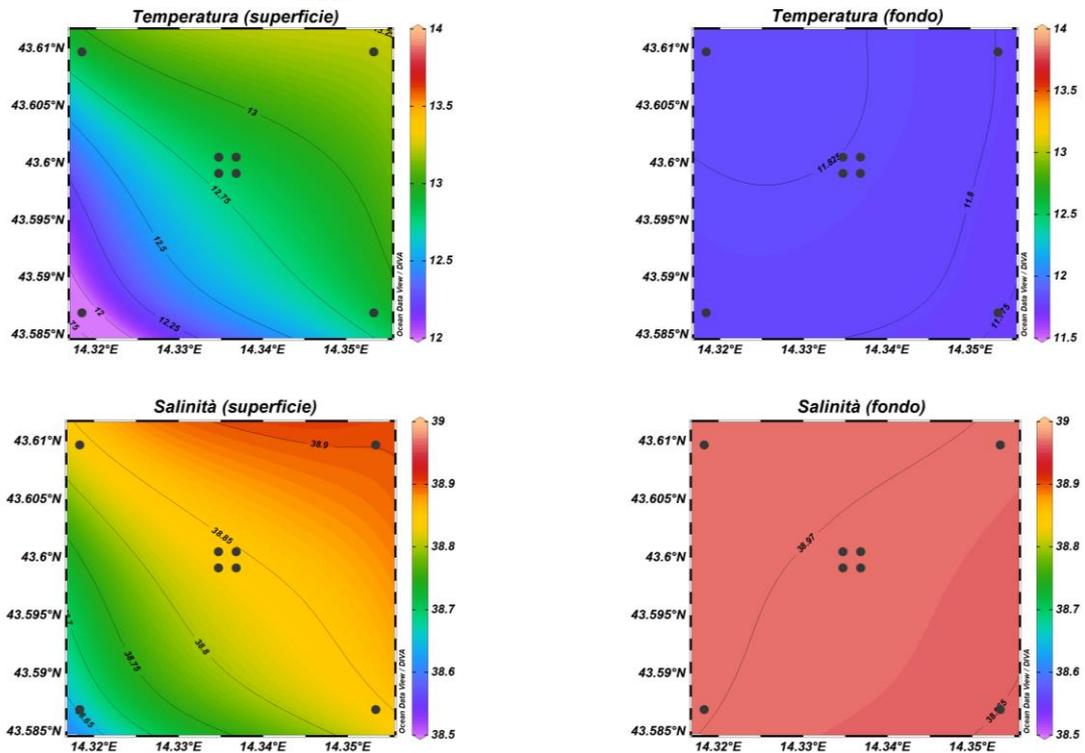


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

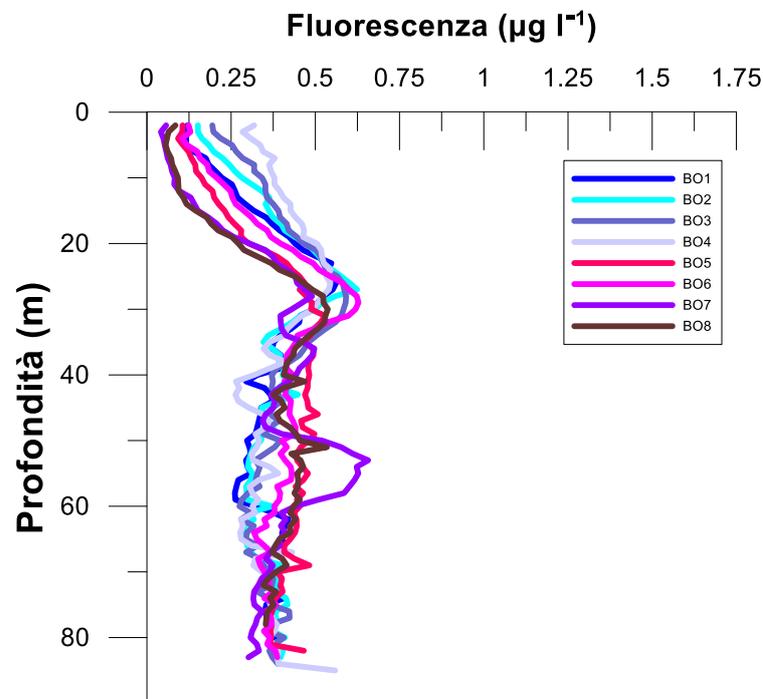


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g L}^{-1}$). **Marzo 2022**.

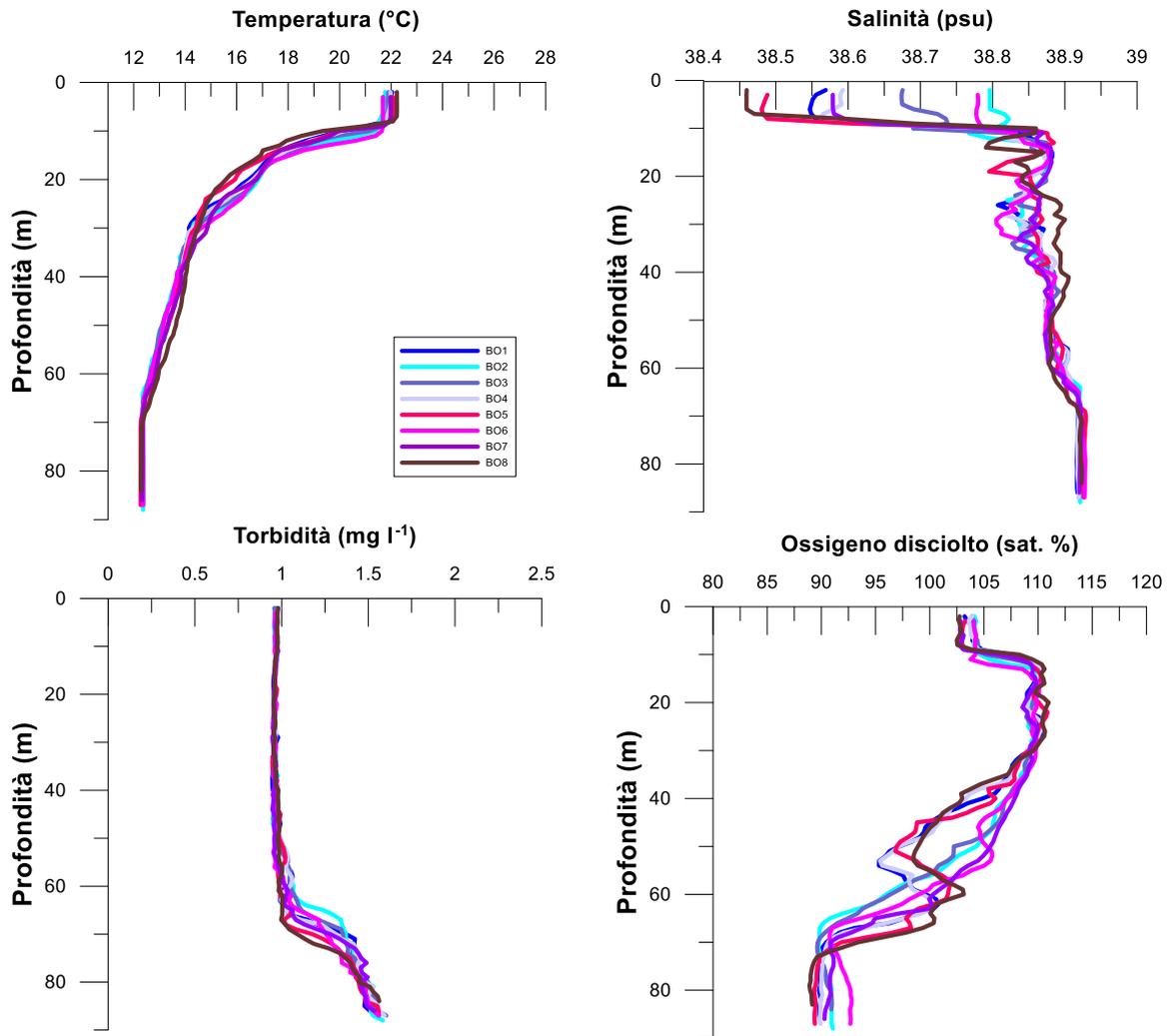


Fig. 3.4- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2022.**

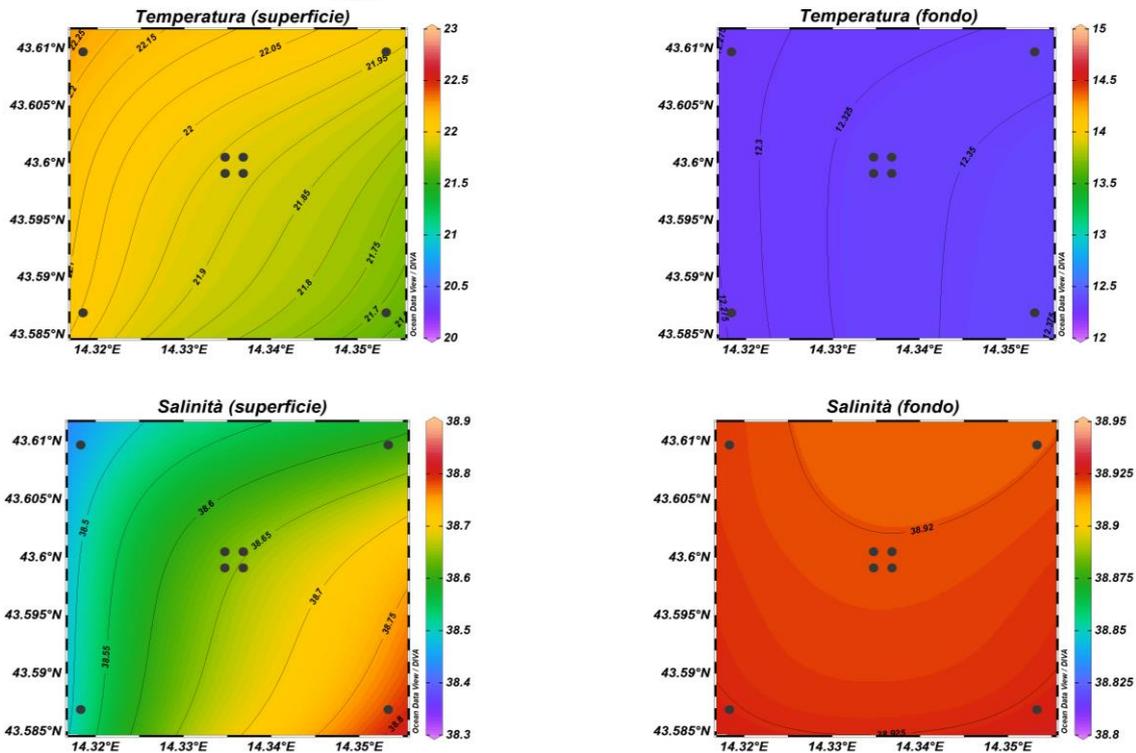


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

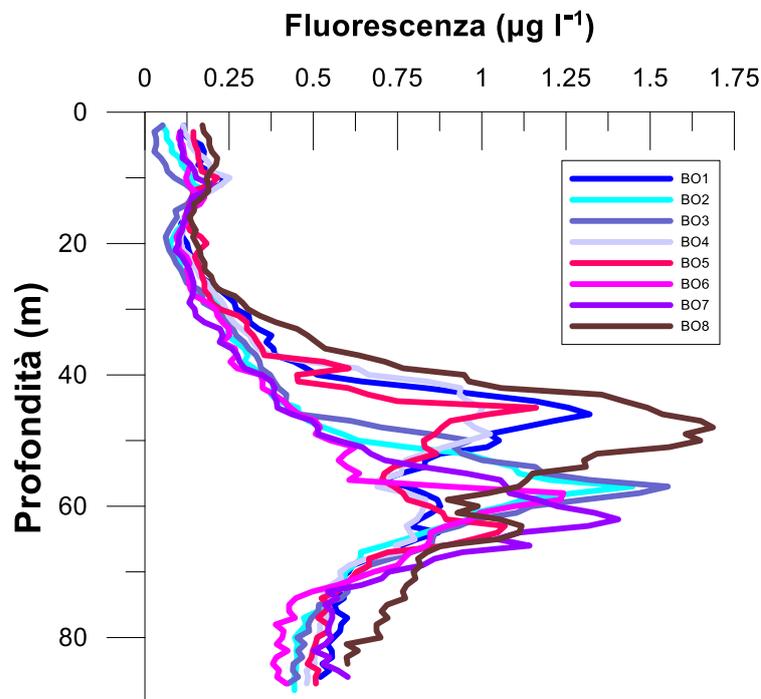


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g L}^{-1}$). **Maggio 2022**.



A **luglio** (fig. 3.7) la distribuzione di temperatura ha mostrato ovunque la caratteristica distribuzione verticale stagionale, con valori massimi in superficie (massimo 27,35°C, stazione BO8), un termoclino ben sviluppato e valori decrescenti fino ai valori minimi uniformi al fondo (media $13,11 \pm 0,13^\circ\text{C}$).

Per la salinità sono stati rilevati valori in media piuttosto elevati in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni (media $38,94 \pm 0,06$ psu), con i valori più elevati in superficie (massimo 39,09 psu, stazione BO6) e valori minimi intorno a 20m di profondità (minimo 38,80 psu, stazione BO8).

La torbidità ha fatto registrare valori molto bassi ($<0,5 \text{ mg L}^{-1}$) ed omogenei in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 75m di profondità, seguiti da un rapido aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo $1,1 \text{ mg L}^{-1}$, stazione BO7).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è stato $>100\%$ ovunque fino a circa 75m di profondità, con un picco intorno a 20 m (massimo 124,9%, stazione BO6) e valori generalmente decrescenti verso il fondo, dove sono stati registrati i valori minimi in un piccolo strato al fondo (media $87,7 \pm 2,0$).

Le mappe areali (fig. 3.8) hanno mostrato una distribuzione orizzontale piuttosto omogenea di temperatura in superficie (media $27,15 \pm 0,1^\circ\text{C}$) e al fondo (media $13,01 \pm 0,04^\circ\text{C}$). Anche la distribuzione di salinità è risultata piuttosto omogenea con valori elevati in superficie (media $39,07 \pm 0,01$) e valori più bassi ed omogenei al fondo (media $38,90 \pm 0,00$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata non rilevabile fino a circa 20m di profondità, con valori molto bassi ($>0,25 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) fino a circa 75m e in aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo $1,26 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$, stazione BO8).

Nel mese di **novembre** (fig. 3.10) la distribuzione verticale della temperatura in tutte le stazioni presenta uno strato omogeneo ben sviluppato fino a circa 40m di profondità (media $19,56 \pm 0,09^\circ\text{C}$), valori in rapida diminuzione fino a circa 70m e valori minimi in uno strato omogeneo al fondo (media $14,80 \pm 0,19^\circ\text{C}$).

La distribuzione verticale di salinità ha seguito un andamento analogo in tutte le stazioni campionate, con una distribuzione omogenea a valori massimi dalla superficie fino a circa 40m di profondità (media $39,09 \pm 0,02$ psu), uno strato con valori più bassi fino a circa 55m (media $38,90 \pm 0,05$ psu), e valori nuovamente uniformi fino al fondo (media $38,98 \pm 0,02$ psu).



La torbidità ha fatto registrare valori uniformi e molto bassi ($<0,5 \text{ mg L}^{-1}$) fino a circa 70m in tutte le stazioni, in rapido aumento verso valori massimi al fondo (massimo $1,2 \text{ mg L}^{-1}$, stazione BO6).

Anche i profili verticali di ossigeno disciolto sono risultati omogenei e $>100\%$ in tutte le stazioni fino a circa 40 m di profondità (media $103,7 \pm 0,3\%$), con valori variabili in uno strato intermedio fino a circa 70m e generalmente in diminuzione fino ai valori minimi in uno strato omogeneo al fondo (media $86,1 \pm 0,9\%$).

Le mappe areali (fig. 3.11) hanno confermato la distribuzione omogenea di temperatura in superficie (media $19,57 \pm 0,03 \text{ }^\circ\text{C}$) e al fondo (media $14,77 \pm 0,19 \text{ }^\circ\text{C}$), dove sono presenti piccole differenze tra le stazioni di controllo orientali e occidentali ($\Delta T \sim 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$).

La distribuzione orizzontale di salinità ha mostrato valori piuttosto elevati ed omogenei in superficie (media $39,10 \pm 0,01 \text{ psu}$) e al fondo (media $38,96 \pm 0,02 \text{ psu}$).

La fluorescenza (fig. 3.12) è stata caratterizzata da valori molto bassi ($<0,3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) in superficie e al fondo in tutte le stazioni e un picco di valori massimi localizzato tra 40m e 50m di profondità.

A **dicembre** (fig. 3.13) la dinamica invernale ha fortemente rimescolato la colonna d'acqua e la distribuzione verticale di tutti i parametri misurati è risultata alquanto omogenea. Piccole differenze sono presenti tra i valori di temperatura tra la superficie (media $16,73 \pm 0,08^\circ\text{C}$) e il fondo (media $15,83 \pm 0,25^\circ\text{C}$) e per la salinità in superficie (media $38,96 \pm 0,02 \text{ psu}$) e al fondo (media $39,05 \pm 0,01 \text{ psu}$).

Anche la torbidità è risultata omogenea a valori bassi fino a circa 75m di profondità ovunque (media $0,3 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$), con valori in aumento al fondo in tutte le stazioni (massimo $1,8 \text{ mg L}^{-1}$, stazione BO6).

Non ha fatto eccezione l'ossigeno disciolto, con valori pressoché costanti e $<100\%$ in tutte le stazioni fino a circa 40m di profondità (media $98,7 \pm 0,3\%$), in progressiva diminuzione fino ai valori minimi omogenei al fondo (media $89,8 \pm 0,4\%$).

Le mappe areali (fig. 3.14) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie (media $16,72 \pm 0,04^\circ\text{C}$) e al fondo (media $15,48 \pm 0,01^\circ\text{C}$).

La distribuzione orizzontale di salinità ha mostrato un debole gradiente E-O in superficie ($S < 0,1 \text{ psu}$) e valori totalmente omogenei e massimi al fondo (media $39,04 \pm 0,00 \text{ psu}$).

La fluorescenza (fig. 3.15) ha fatto rilevare una distribuzione piuttosto uniforme con valori $<0.5 \mu\text{g L}^{-1}$ dalla superficie al fondo ovunque.

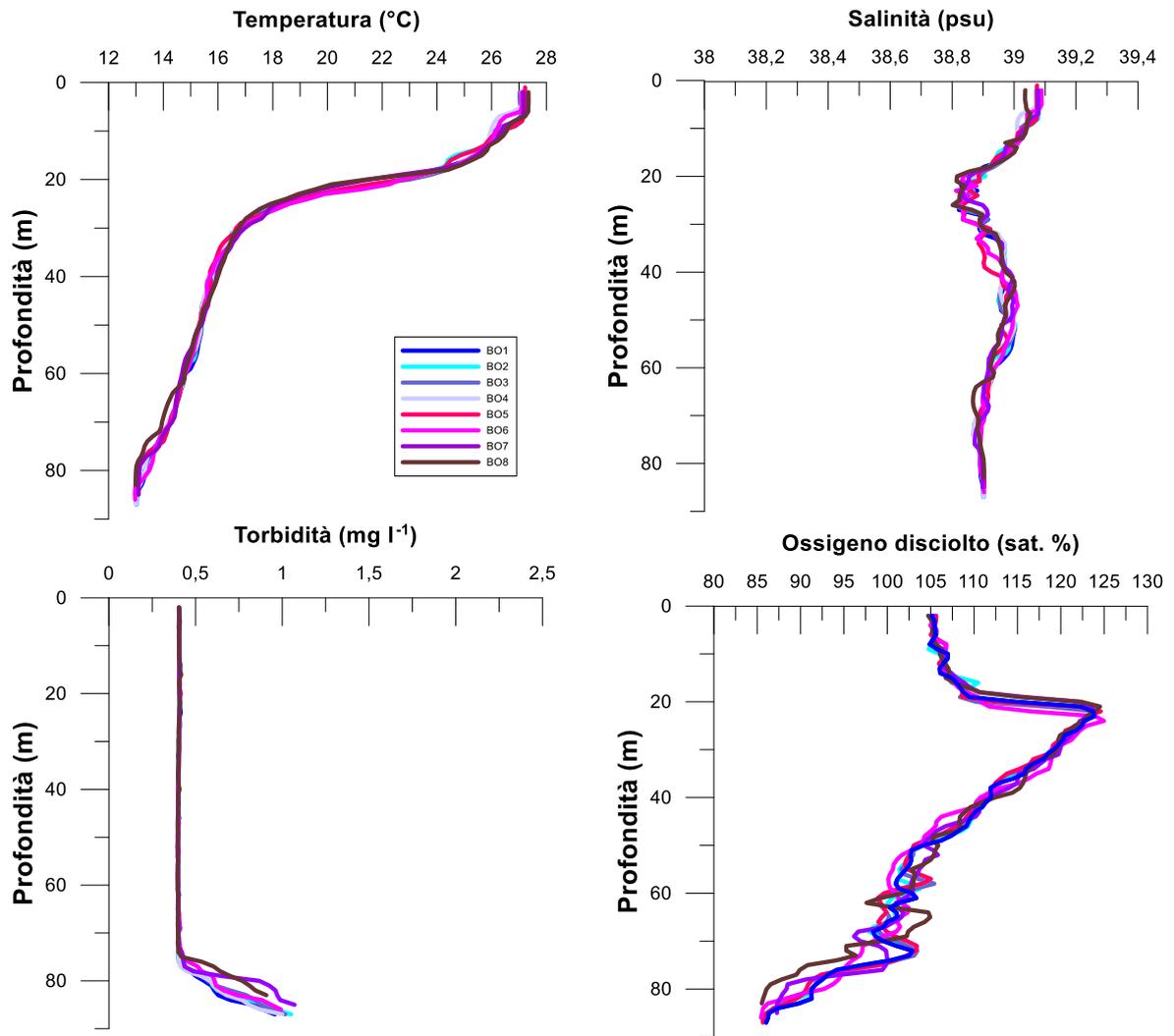


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2022.**

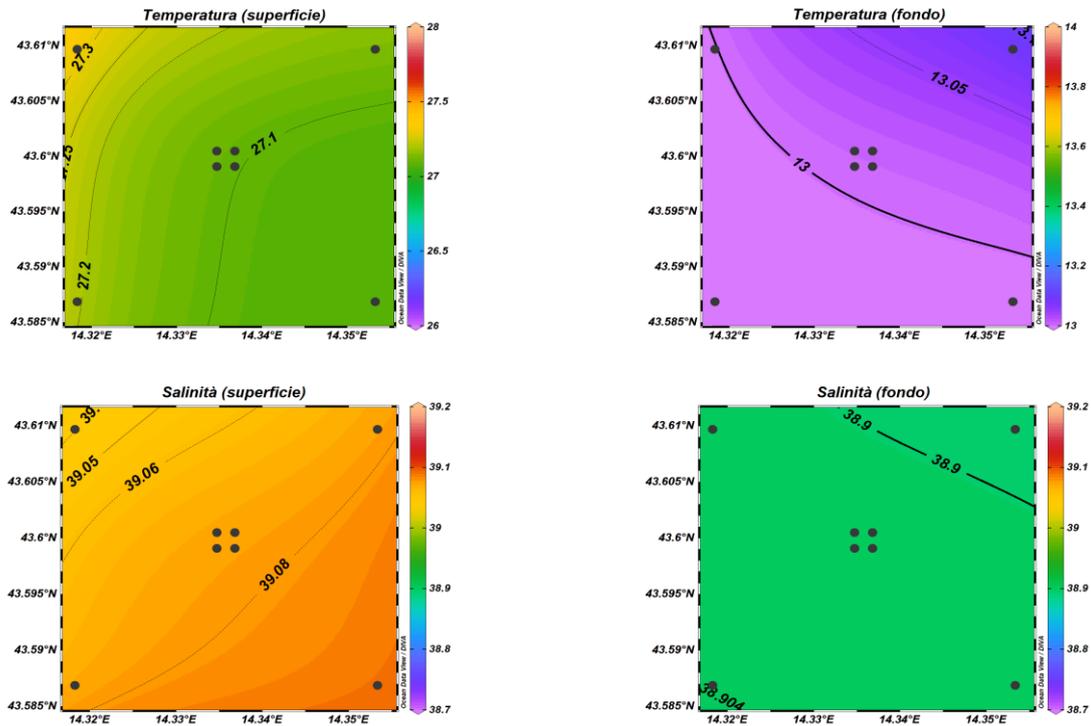


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

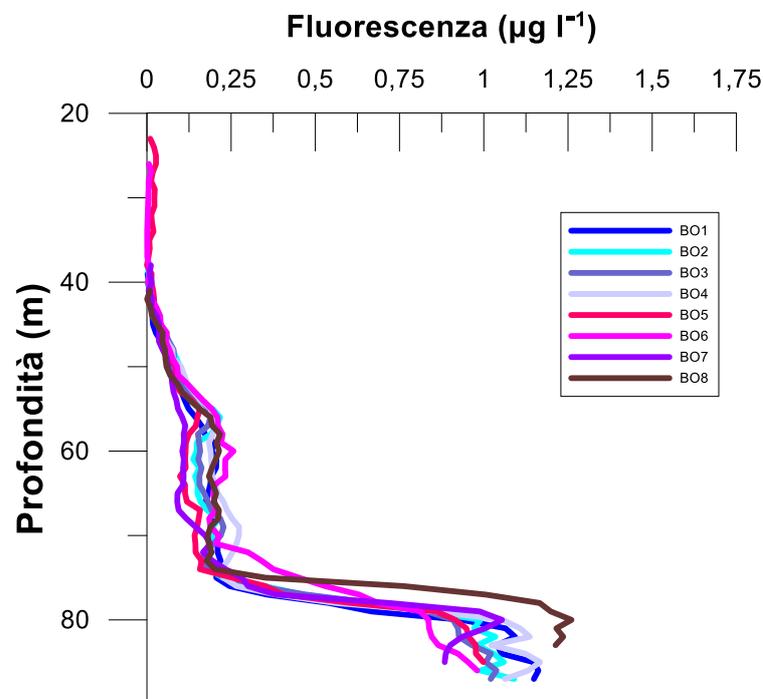


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Luglio 2022**.

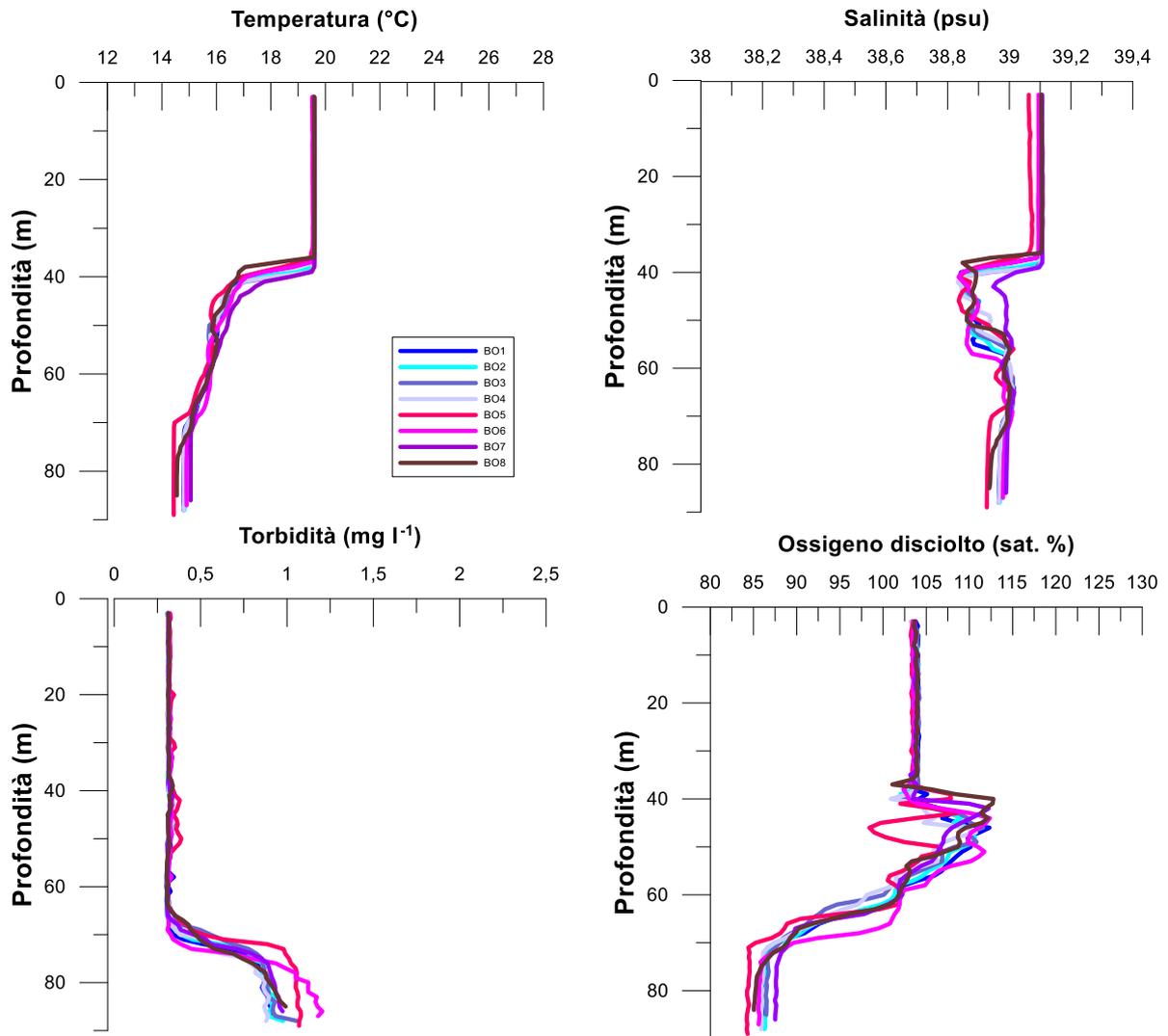


Fig. 3.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Novembre 2022.**

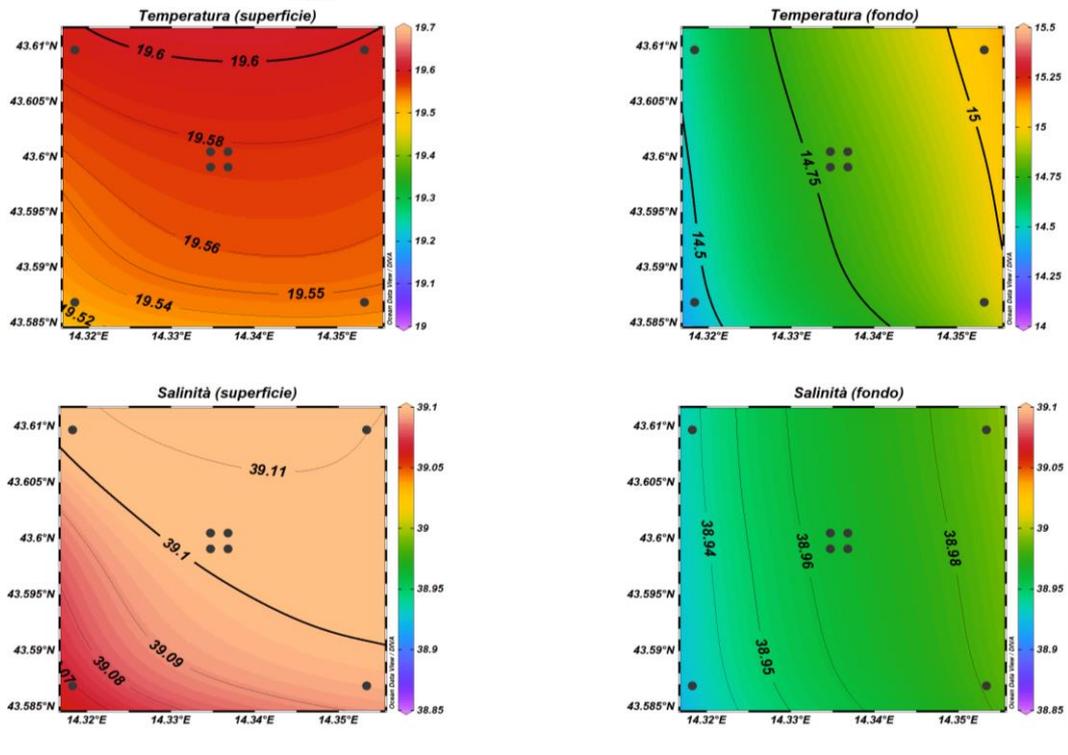


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

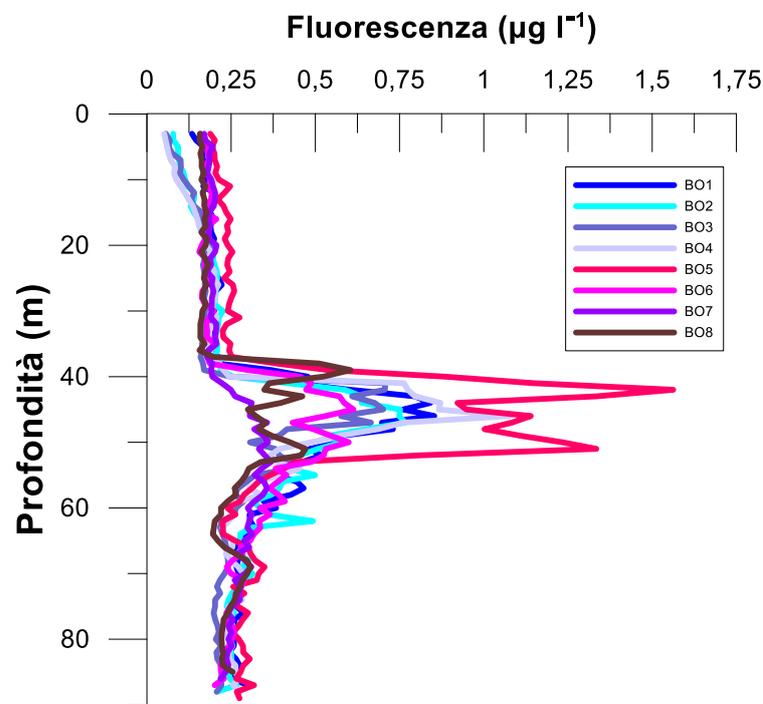


Fig. 3.12 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g L}^{-1}$). **Novembre 2022**.

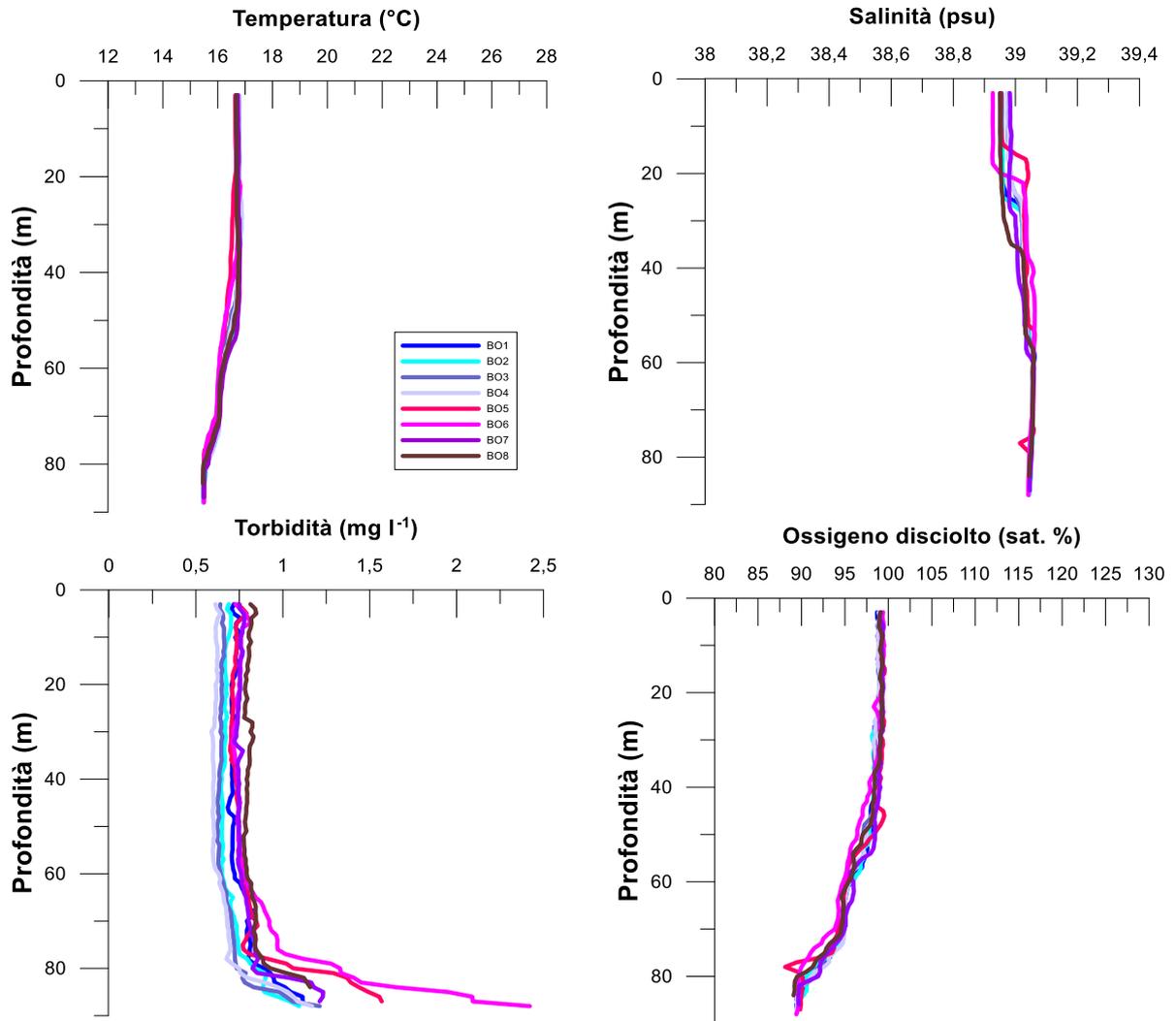


Fig. 3.13- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Dicembre 2022.**

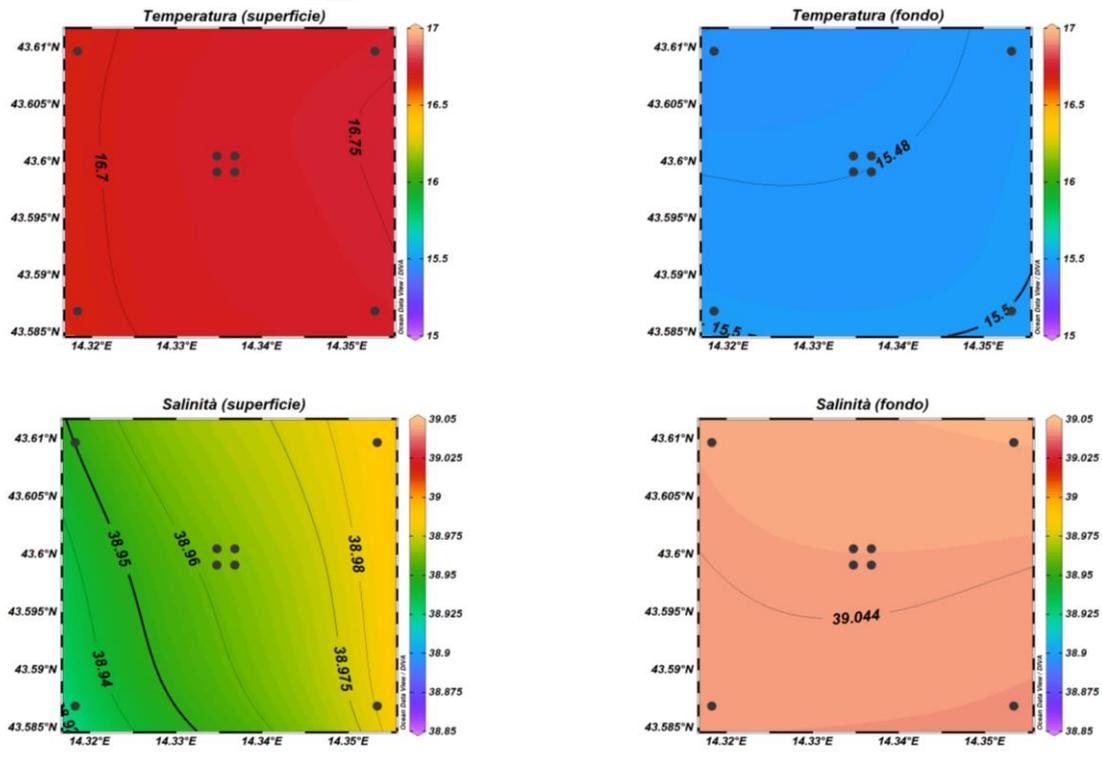


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

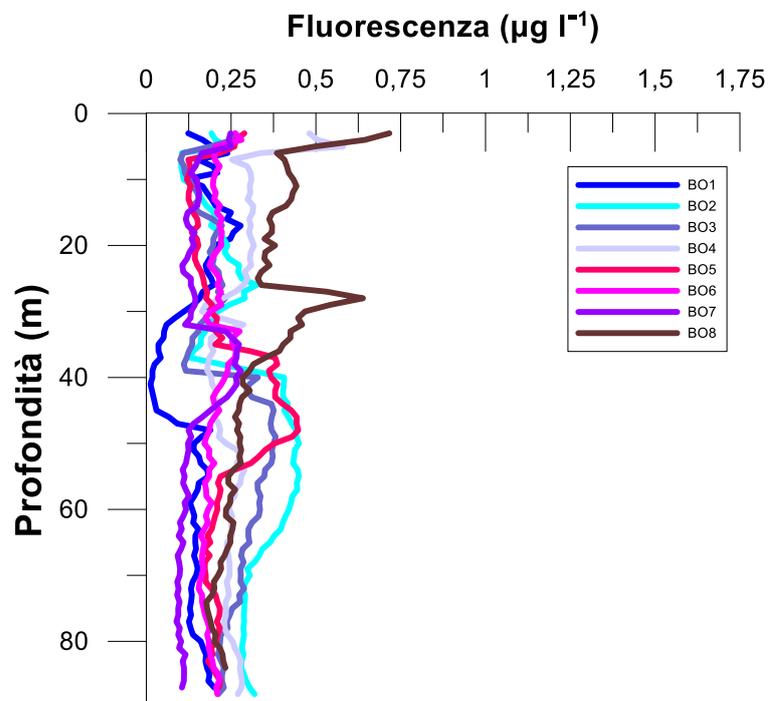


Fig. 3.15 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g L}^{-1}$). **Dicembre 2022**.



3.1.2. NUTRIENTI

I risultati relativi ai nutrienti della campagna di **marzo 2022** sono graficati nelle figure 3.16a, 3.16b e 3.17. Le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate piuttosto contenute e pari a $0,27 \pm 0,12 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,21 \pm 0,08 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). I nitrati hanno presentato concentrazioni più elevate nelle acque superficiali, i nitriti nelle acque più profonde, mentre per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione media di NO_3 in superficie è risultata pari a $0,41 \pm 0,09 \mu\text{M}$, il valore massimo ($0,61 \mu\text{M}$) è stato misurato in superficie della stazione BO5, mentre il minimo ($0,10 \mu\text{M}$) è stato riscontrato a 40 m in BO6. La concentrazione media più elevata di NO_2 ha caratterizzato la quota a 40 m ed è risultata pari a $0,30 \pm 0,11 \mu\text{M}$, con il massimo ($0,45 \mu\text{M}$) nella stazione BO1, mentre il minimo ($0,13 \mu\text{M}$) è stato riscontrato in superficie nelle stazioni BO2, BO6 e in superficie e a 20 m di BO8. La concentrazione massima di NH_4 ($0,07 \mu\text{M}$) è stata misurata a 40 m nella Stazione BO2 e al fondo della stazione BO4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutte le stazioni.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti ed omogenei ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), il valore massimo ($0,05 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo nella stazione BO4, mentre concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è risultata pari a $1,71 \pm 0,12 \mu\text{M}$, valori lievemente più elevati hanno caratterizzato le quote a 40 m di profondità ($1,76 \pm 0,15 \mu\text{M}$), mentre il massimo ($1,98 \mu\text{M}$) e il minimo ($1,54 \mu\text{M}$) sono stati osservati in BO5 a 40 e a 20 m, rispettivamente.

I risultati relativi ai nutrienti della campagna di **maggio 2022** sono graficati nelle figure 3.18a, 3.18b e 3.19. Le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,38 \pm 0,50 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,06 \pm 0,10 \mu\text{M}$ per NO_2 , $0,03 \pm 0,04 \mu\text{M}$ per NH_4 . Valori di nitriti e nitrati più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo, mentre l'ammonio è risultato omogeneamente distribuito.

Per i NO_3 i valori più bassi sono stati osservati alla quota di 20 m ($0,06 \pm 0,02 \mu\text{M}$), mentre al fondo i valori sono risultati in media $1,19 \pm 0,28 \mu\text{M}$, con il massimo ($1,51 \mu\text{M}$) riscontrato



in BO8. La concentrazione media di NO_2 al fondo è risultata pari a $0,19 \pm 0,14 \mu\text{M}$ e il valore massimo ($0,47 \mu\text{M}$) è stato misurato al fondo in BO6, mentre valori piuttosto contenuti ($\leq 0,07 \mu\text{M}$) e medie prossime al limite strumentale hanno caratterizzato le altre quote. Le concentrazioni di NH_4 sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, riscontrati a quote variabili in tutte le stazioni e un massimo di $0,22 \mu\text{M}$, misurato in superficie nella stazione BO4. Fatta eccezione per tale valore, le concentrazioni sono risultate sempre piuttosto contenute e inferiori a $0,08 \mu\text{M}$.

Per i fosfati i valori più elevati hanno caratterizzato le acque più profonde, dove le concentrazioni sono risultate in media pari a $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e $0,04 \pm 0,01 \mu\text{M}$ a 40 m e al fondo rispettivamente, con il valore massimo ($0,06 \mu\text{M}$) osservato in BO5 a 40 m. Valori inferiori o prossimi al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati nelle altre due quote in tutte le stazioni.

La concentrazione media di silicati è pari a $1,65 \pm 0,99 \mu\text{M}$, mentre i massimi sono stati misurati nelle quote di fondo. La concentrazione media al fondo, infatti, è risultata pari a $3,33 \pm 0,06 \mu\text{M}$, il massimo ($3,42 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo in BO5, mentre nelle altre quote le concentrazioni sono risultate in media $\leq 1,18 \mu\text{M}$.

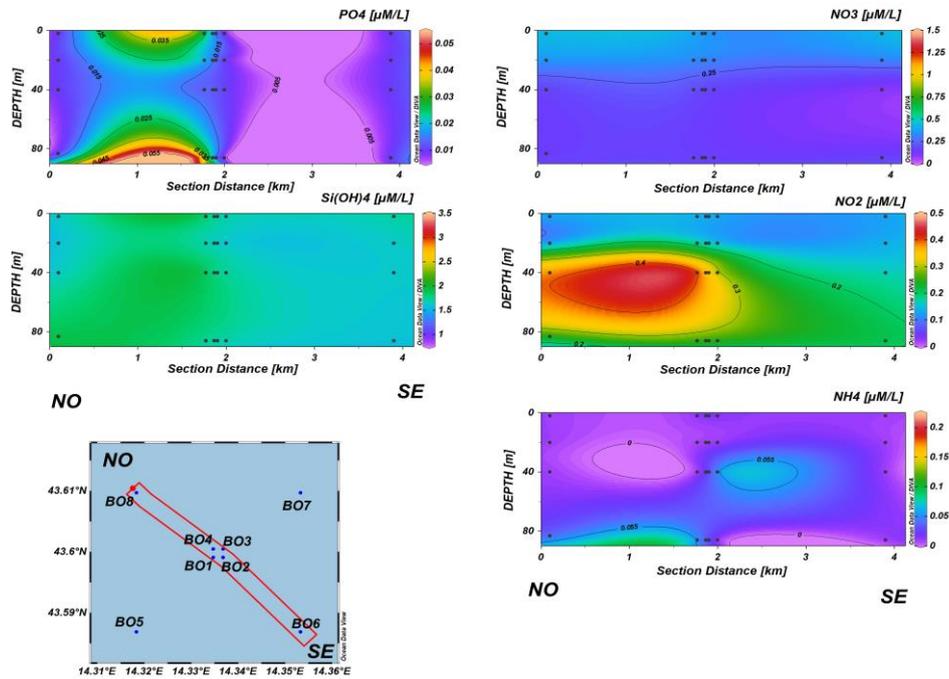


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2022.**

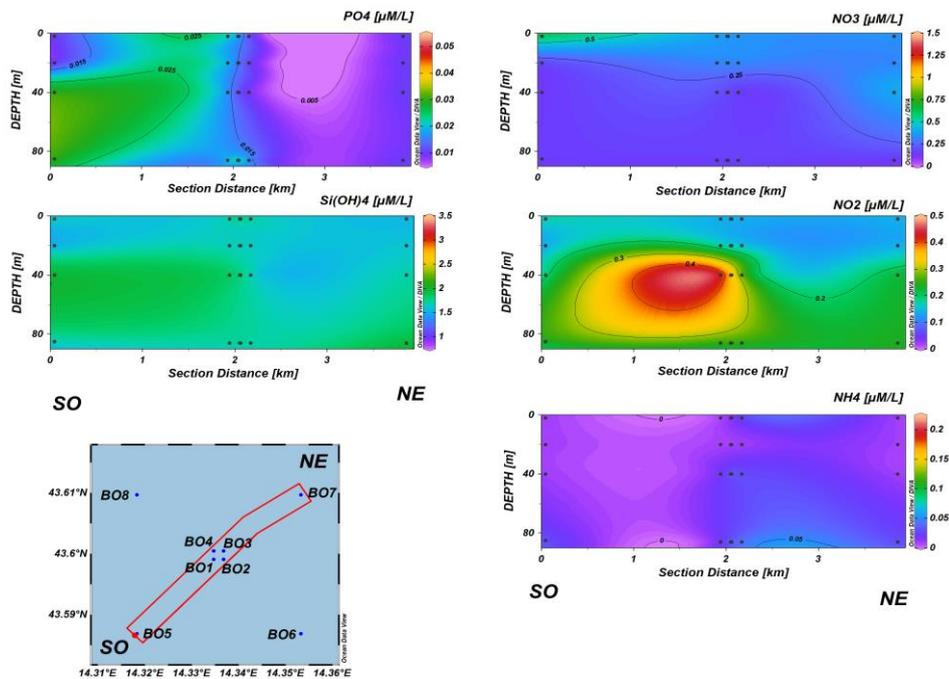


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2022.**

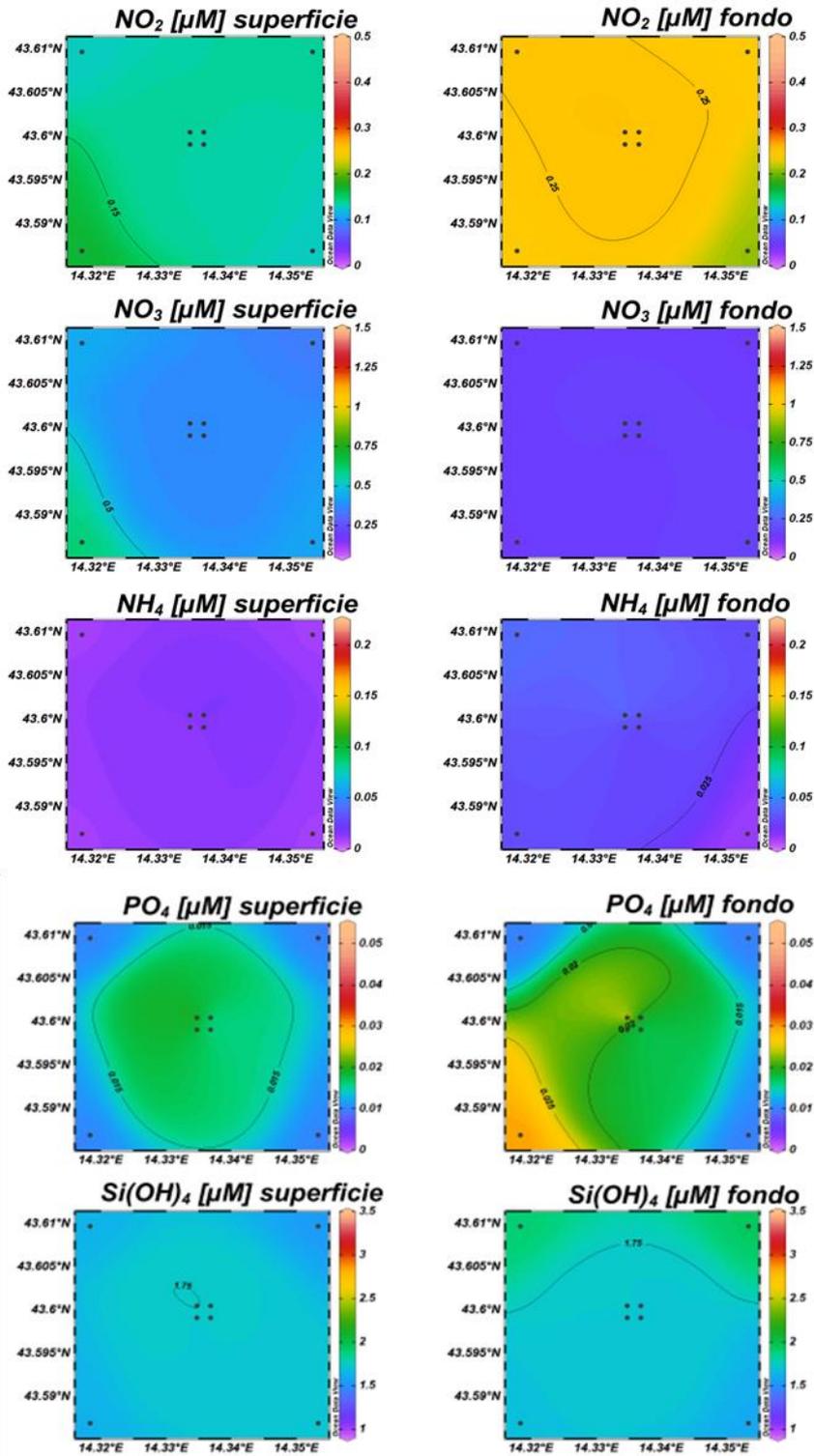


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2022.**

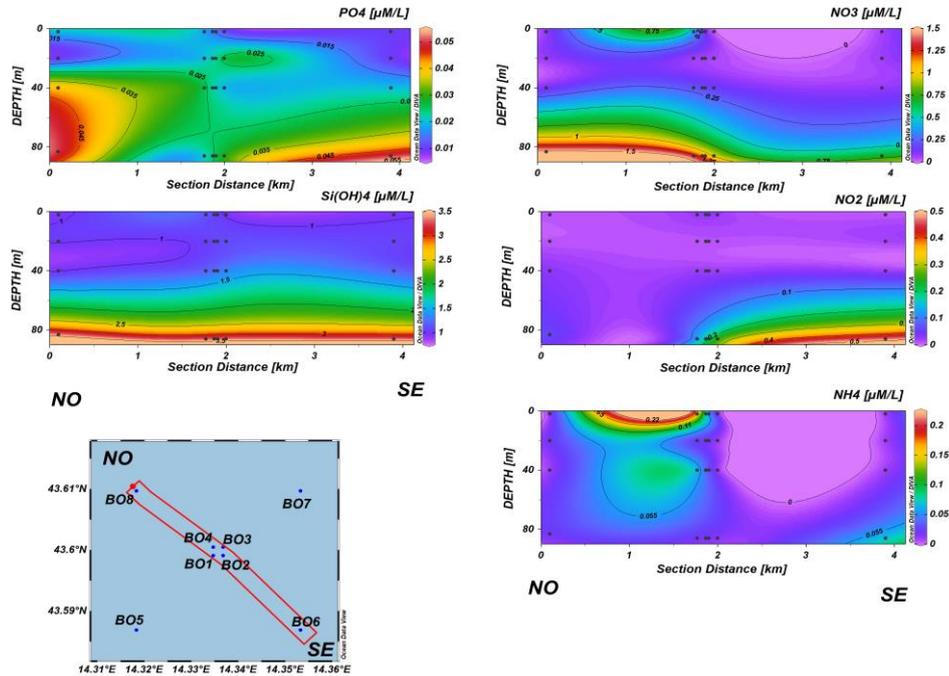


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2022.

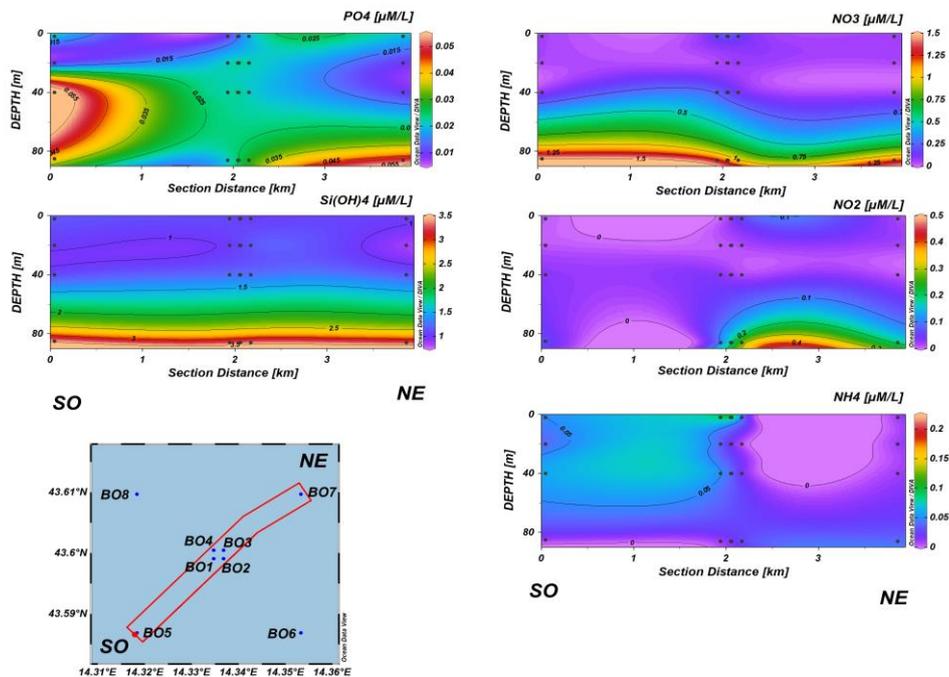


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2022.

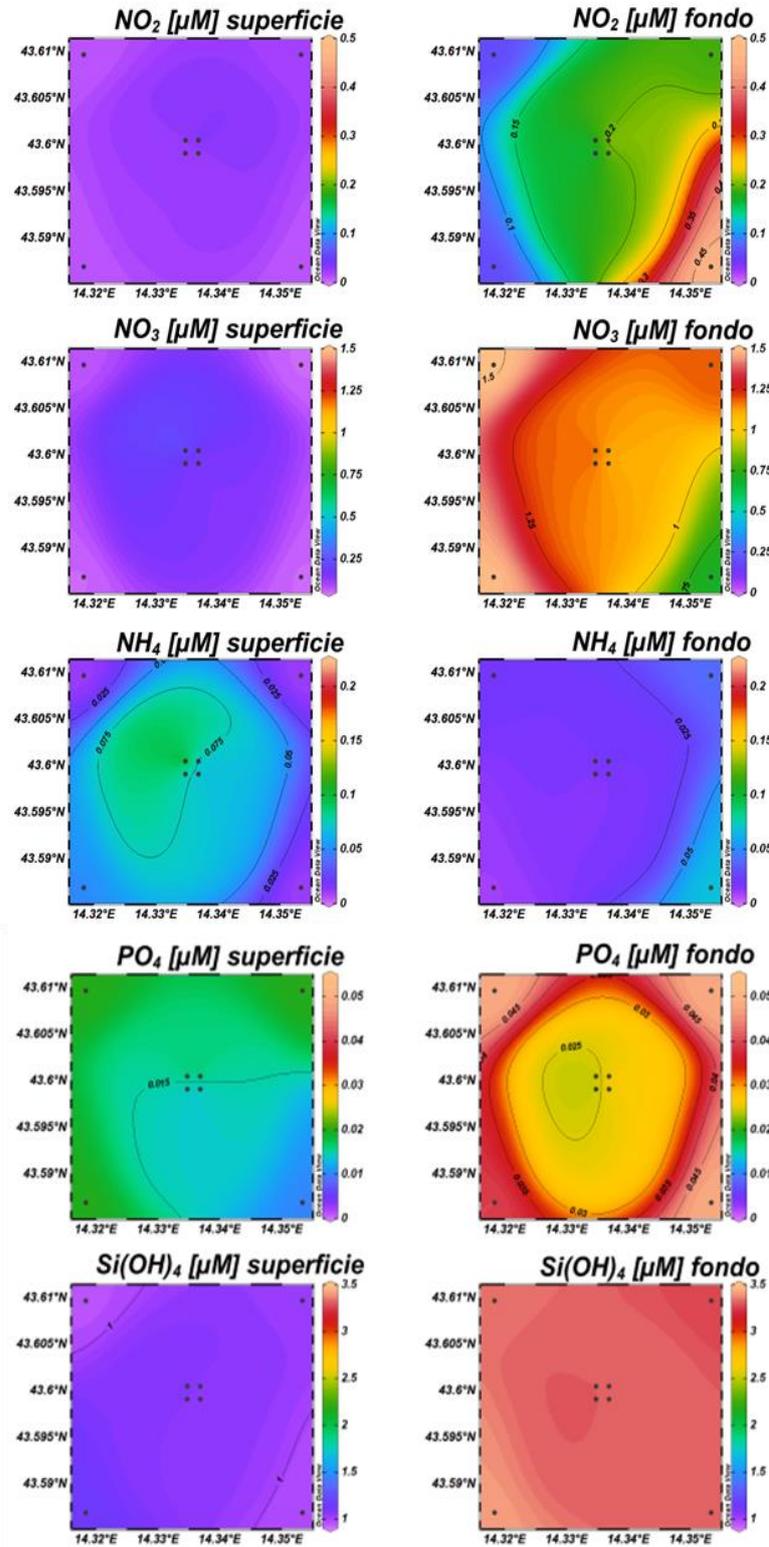


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Maggio 2022.**



Nel mese di **luglio 2022** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,16 \pm 0,24 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,11 \pm 0,15 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2), e $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Per i nitrati e i nitriti le concentrazioni più elevate sono state osservate al fondo ($0,57 \pm 0,04 \mu\text{M}$ per NO_3 e $0,36 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per NO_2), mentre nelle altre quote le concentrazioni sono risultate più contenute ($<0,13$ e $<0,14 \mu\text{M}$ rispettivamente per NO_3 e NO_2); valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a differenti profondità tra la superficie e i 40 m in tutte le stazioni. Per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare, la concentrazione massima ($0,10 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo nella stazione BO5 e a 20 m della stazione BO7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti ed omogenei ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità osservati in tutte le stazioni a quote variabili, e un massimo di $0,07 \mu\text{M}$ misurato al fondo della stazione BO2.

Le concentrazioni più elevate di $\text{Si}(\text{OH})_4$ hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni ($3,81 \pm 0,10 \mu\text{M}$), ed il valore massimo ($3,96 \mu\text{M}$) è stato misurato nelle stazioni BO3 e BO8. Nelle altre quote di campionamento le concentrazioni sono variate tra $0,43$ e $0,83 \mu\text{M}$, ed il minimo è stato osservato a 40 m di profondità nella stazione BO4.

Durante il campionamento di **novembre 2022** (figg. 3.22a, 3.22b e 3.23) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,53 \pm 0,91 \mu\text{M}$ per i nitrati, $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per i nitriti e per l'ammonio. Per i NO_3 le concentrazioni più elevate sono state osservate al fondo ($2,07 \pm 0,11 \mu\text{M}$), ed il valore massimo ($2,26 \mu\text{M}$) ha caratterizzato la stazione BO6, mentre nelle altre quote di campionamento le concentrazioni sono risultate prossime o uguali al limite di rilevabilità strumentale ($0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$). Le concentrazioni dei NO_2 sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità ad un massimo di $0,09$, rilevato al fondo della stazione BO6; concentrazioni mediamente più elevate hanno caratterizzato le quote di fondo ($0,06 \pm 0,02 \mu\text{M}$). Per il NH_4 concentrazioni lievemente più elevate sono state misurate alla quota di 40 m ($0,06 \pm 0,03 \mu\text{M}$) mentre nelle altre quote i valori sono variati tra valori inferiori al limite di variabilità e $0,07 \mu\text{M}$, osservato in superficie e al fondo della stazione BO6.



Le concentrazioni di PO_4 sono risultate generalmente contenute ed omogenee ($0,03 \pm 0,03 \mu M$), sebbene concentrazioni lievemente più elevate hanno caratterizzato lo strato di fondo ($0,07 \pm 0,01$).

Come già osservato per altri elementi, le concentrazioni più elevate di $Si(OH)_4$ sono state osservate al fondo ($3,83 \pm 0,30 \mu M$), con il massimo osservato nella stazione BO5. Nelle altre quote di campionamento i valori sono variati tra $0,74 \mu M$ (stazione BO7, 20m) e $2,11 \mu M$ (stazione BO6, 40 m).

A **dicembre 2022** (figg. 3.24a, 3.24b e 3.25) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,44 \pm 0,57 \mu M$ per i nitrati, $0,09 \pm 0,01 \mu M$ per i nitriti, e $0,02 \pm 0,02 \mu M$ per l'ammonio. La concentrazione media di NO_3 al fondo ($1,40 \pm 0,17 \mu M$) è risultata superiore alla concentrazione media delle altre quote ($0,12 \pm 0,05 \mu M$); il valore massimo ($1,60 \mu M$) ha caratterizzato la quota di fondo della stazione BO7, mentre il valore minimo ($0,05 \mu M$) è stato rilevato alla profondità di 40 m della stazione BO4. Per i NO_2 non è stato osservato alcun andamento particolare, la concentrazione più elevata ($0,14 \mu M$) è stata osservata a 20 m nella stazione BO6 mentre il minimo ($0,07 \mu M$) è stato misurato alla profondità di 40 m nelle stazioni stazione BO4, BO5 e BO8 e in superficie delle stazioni BO7 e BO8. Anche per il NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare, ciononostante concentrazioni lievemente più elevate hanno caratterizzato la quota a 40 m ($0,04 \pm 0,02 \mu M$), mentre nelle restanti quote le concentrazioni sono risultate prossime o pari al limite di rilevabilità strumentale ($0,02 \pm 0,01 \mu M$).

Le concentrazioni di PO_4 sono risultate generalmente contenute ed omogenee ($\leq 0,03 \mu M$) fatta eccezione per il massimo ($0,06 \mu M$) misurato nella stazione BO7 alla profondità di 40 m.

La concentrazione media di $Si(OH)_4$ è risultata $1,27 \pm 0,39 \mu M$ e concentrazioni mediamente più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo ($1,89 \pm 0,16 \mu M$). Il valore massimo ($2,11 \mu M$) è stato misurato al fondo della stazione BO7 mentre il minimo ($0,89 \mu M$) a 20 m nella stazione BO4.

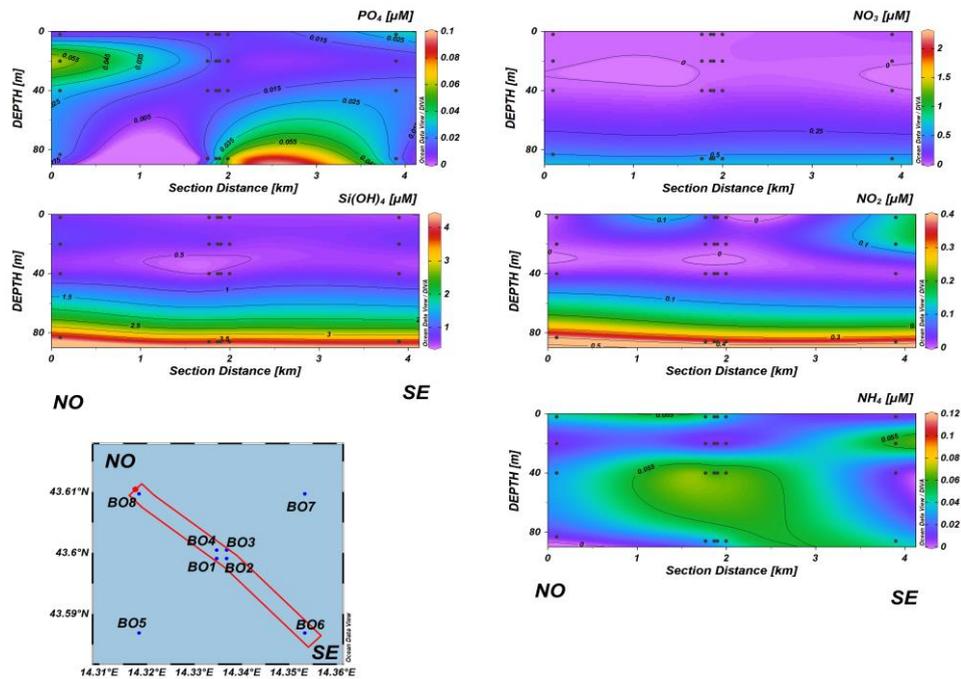


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

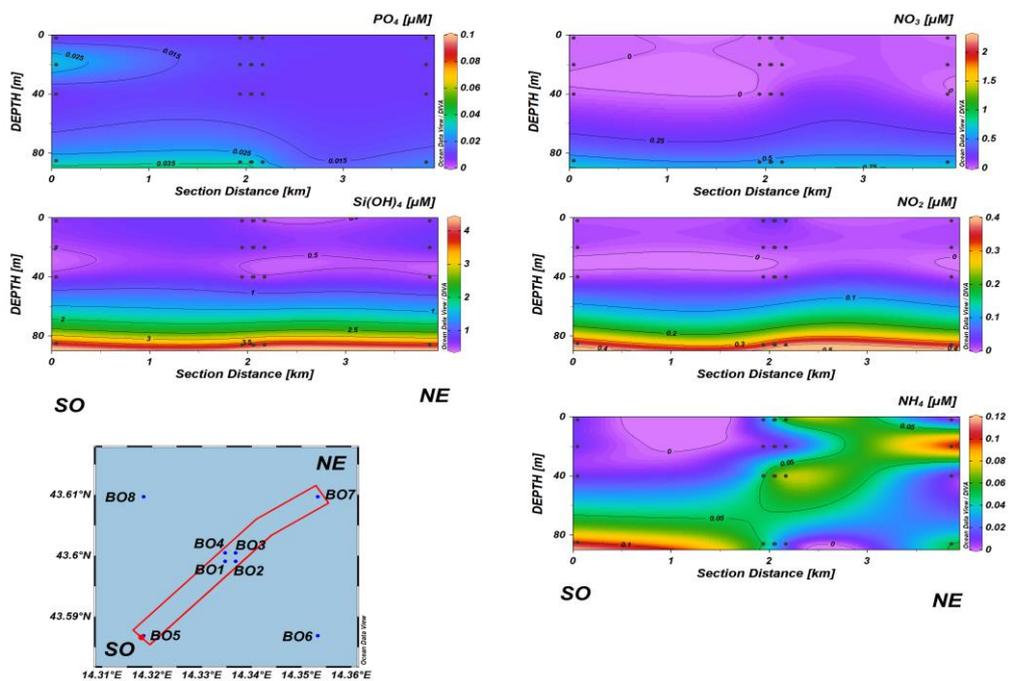


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

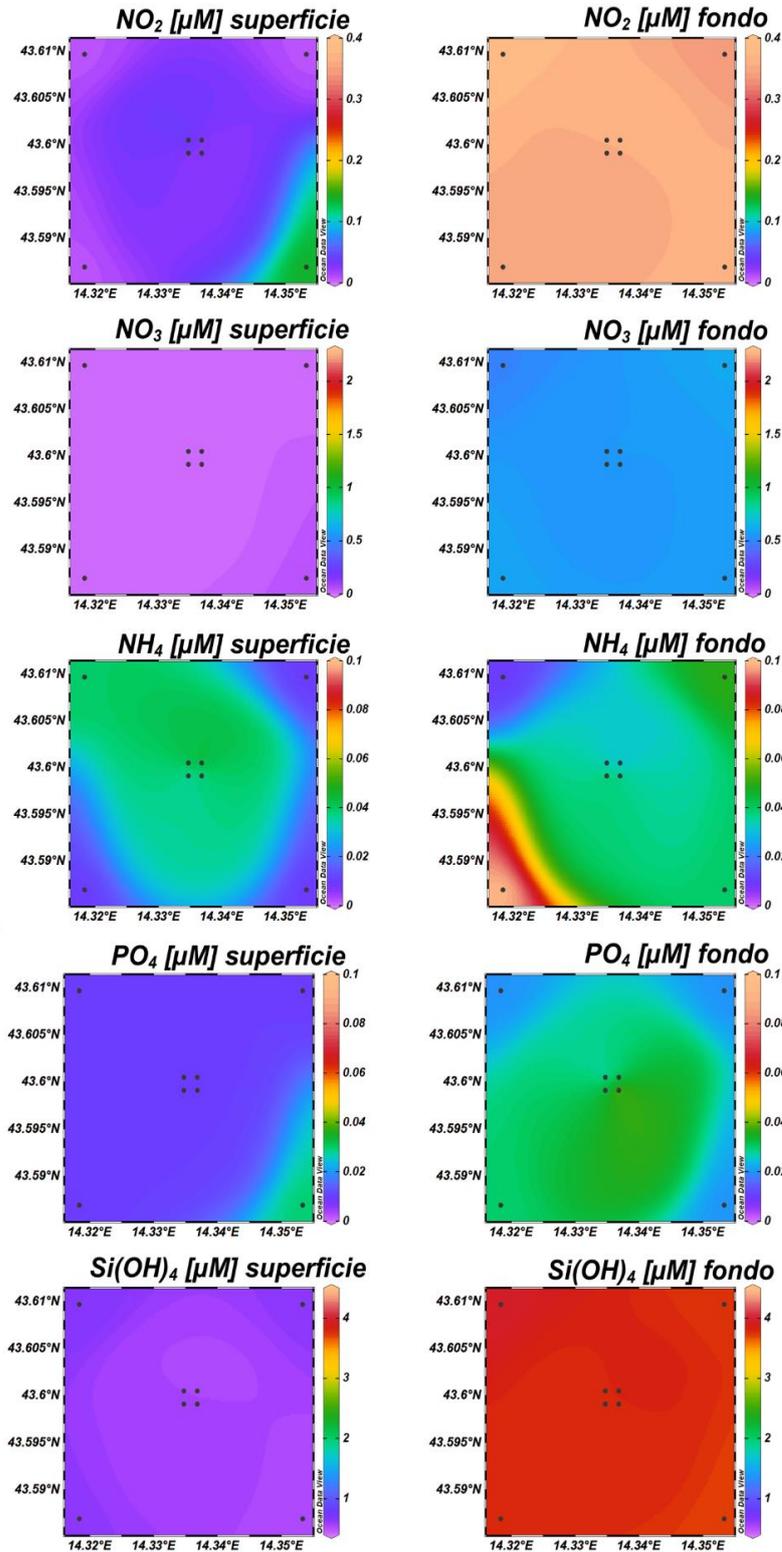


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μ M. **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

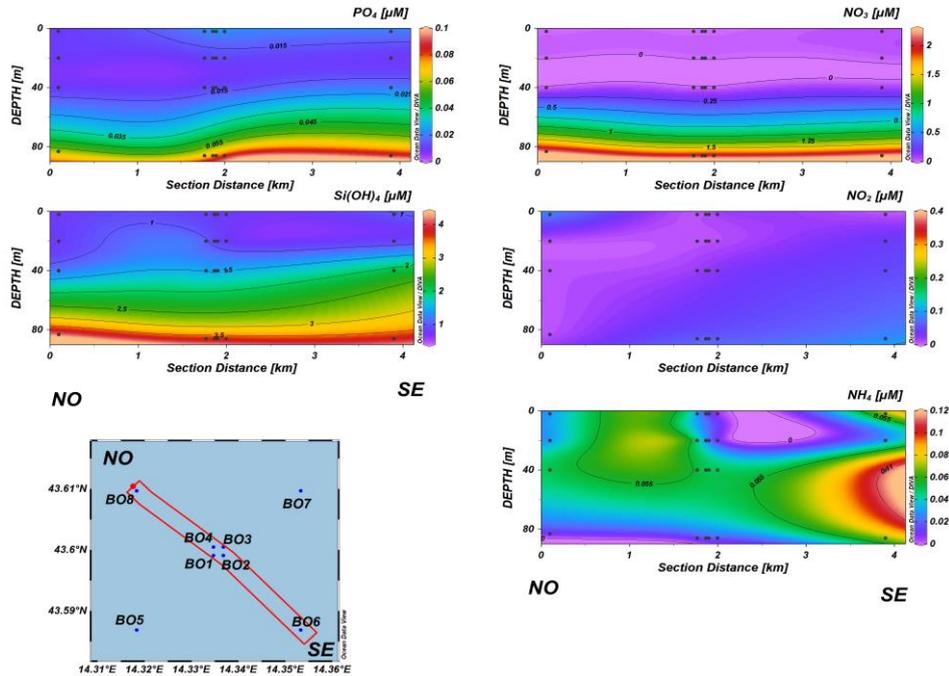


Fig. 3.22a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

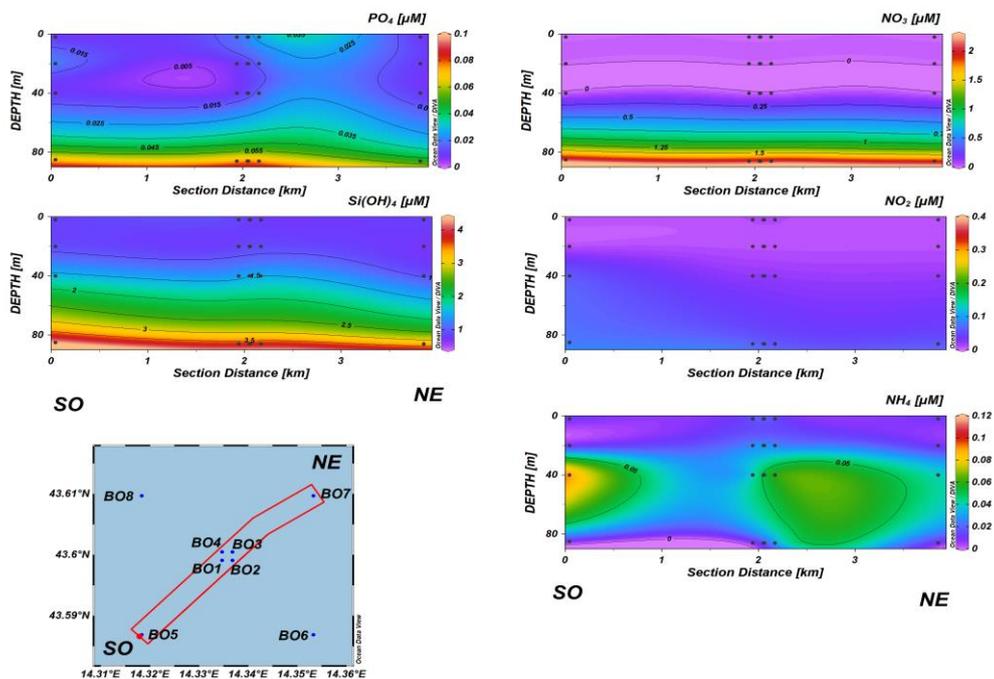


Fig. 3.22b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

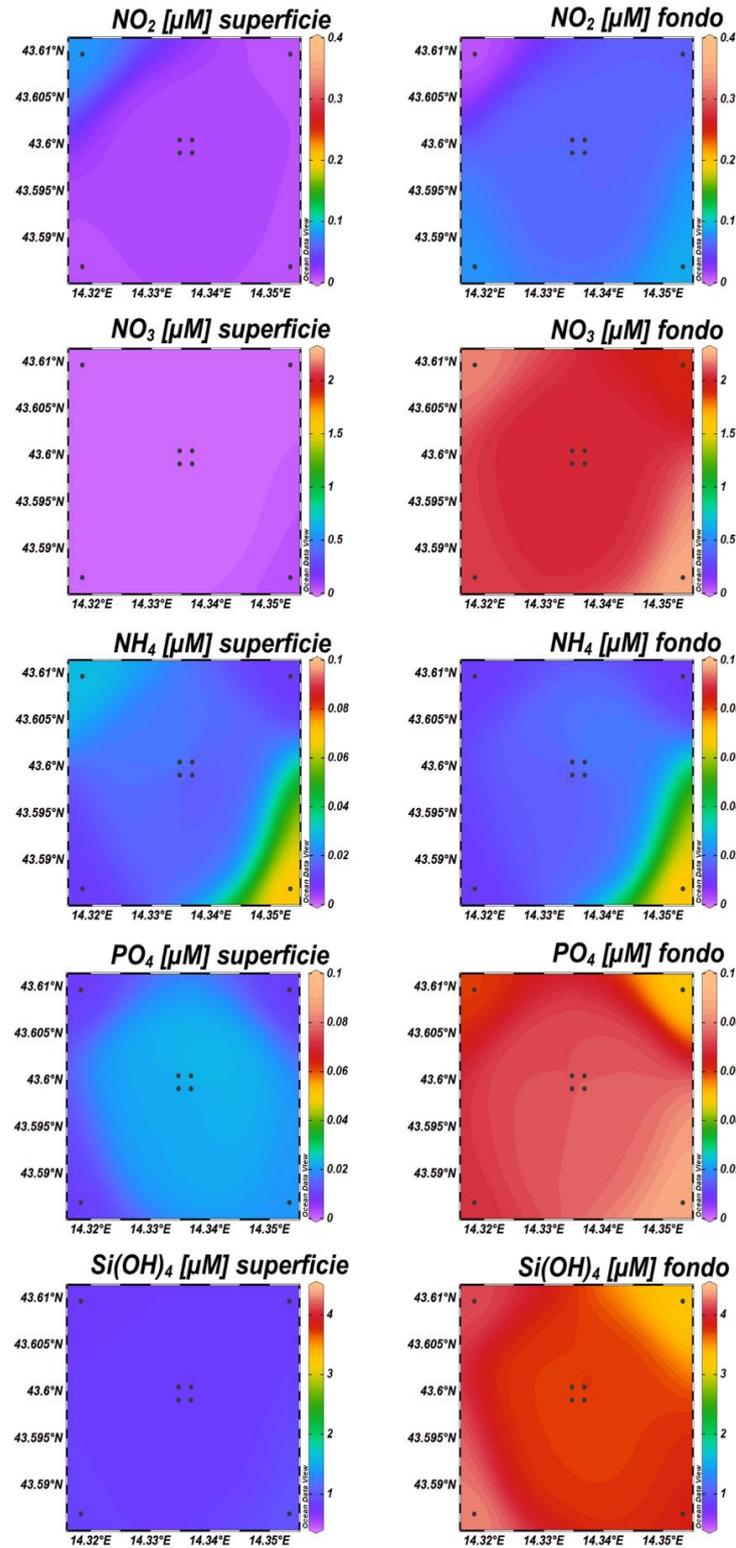


Fig. 3.23 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

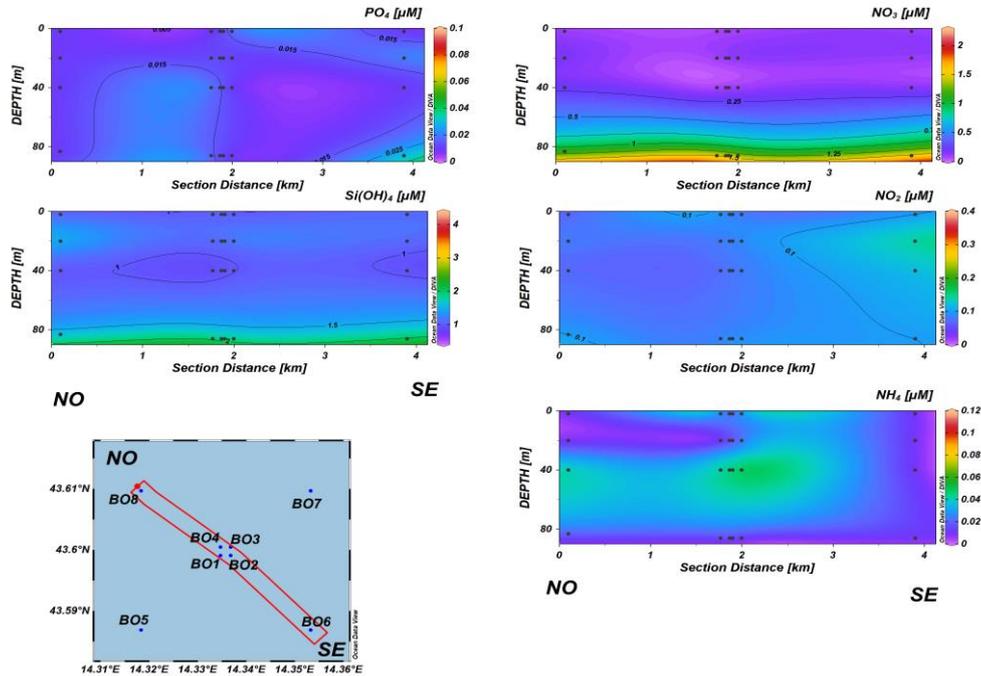


Fig. 3.24a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

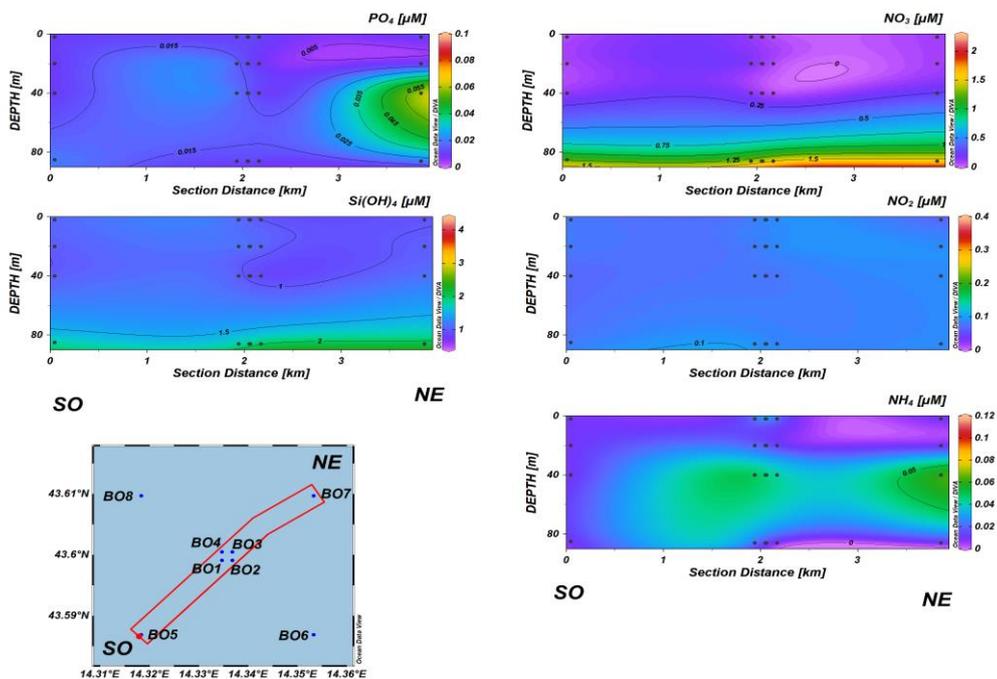


Fig. 3.24b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

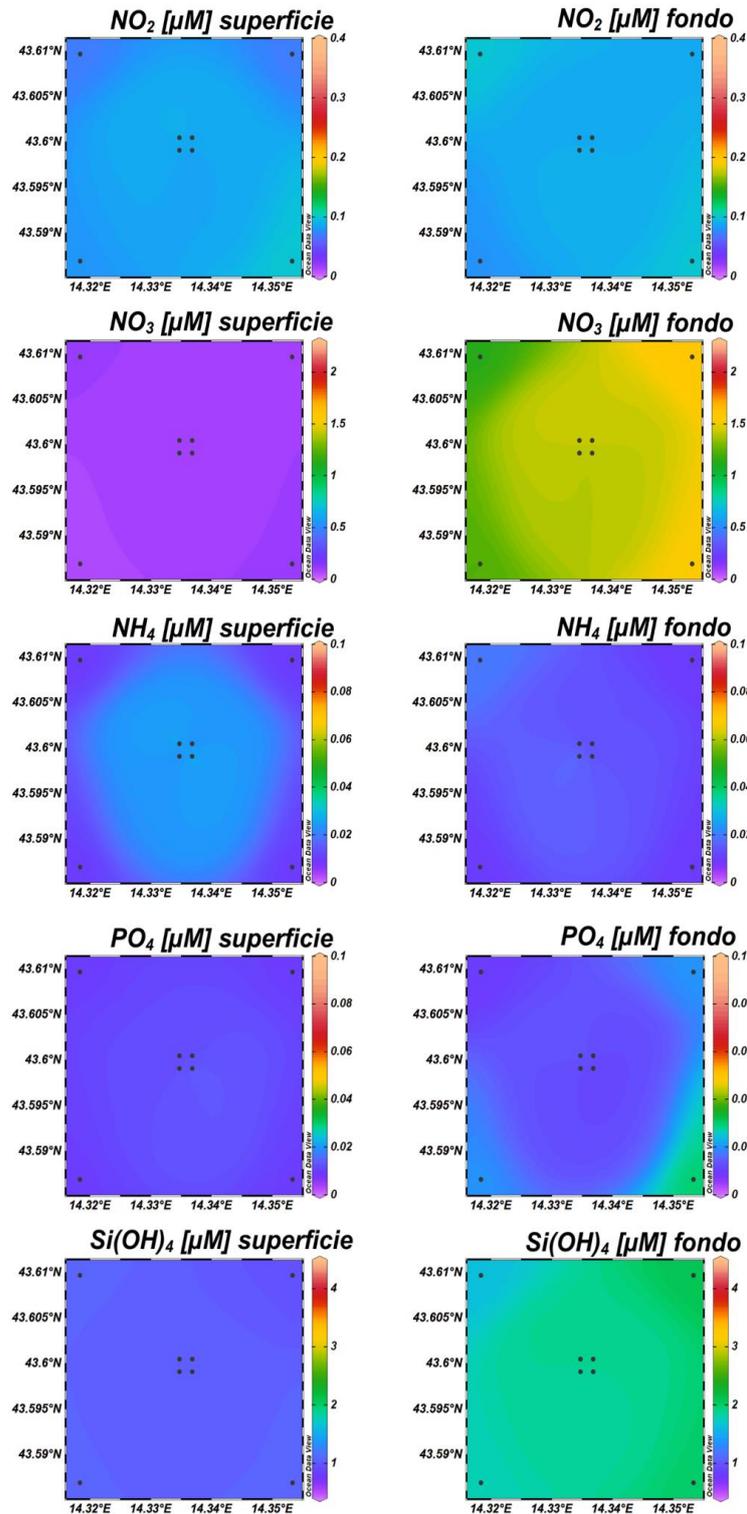


Fig. 3.25 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Dicembre 2022.** Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

I risultati di **marzo 2022** relativi ai pigmenti clorofilliani e al TSM sono illustrati nelle figure 3.26a, 3.26b e 3.27. In occasione di tale campagna, la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $268,7 \pm 35,4 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $361,3 \text{ ng L}^{-1}$ ed un minimo di $215,7 \text{ ng L}^{-1}$ misurati rispettivamente a 20 m in BO6 ed al fondo in BO1. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $17,6 \pm 4,0 \text{ ng L}^{-1}$ e $67,7 \pm 10,7 \text{ ng L}^{-1}$. Il valore più elevato di Chl *b* ($26,5 \text{ ng L}^{-1}$) è stato misurato a 20 m di profondità in BO6, analogamente a quanto osservato per la Chl *a*, mentre la concentrazione minima ($11,3 \text{ ng L}^{-1}$) è stata riscontrata al fondo della stazione BO4. Anche il massimo di Chl *c* ($96,9 \text{ ng L}^{-1}$) è stato misurato a 20 m in BO6, mentre la concentrazione minima ($47,2 \text{ ng L}^{-1}$) in superficie della medesima stazione. Nel complesso le concentrazioni di pigmenti clorofilliani hanno presentato concentrazioni più elevate a 20 m di profondità.

Il materiale particellato (TSM) ha presentato una concentrazione media pari a $1,0 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$. In generale una maggiore concentrazione è stata riscontrata nelle quote di fondo. Il massimo ($2,7 \text{ mg L}^{-1}$) è stato misurato in questa quota in BO7, mentre il minimo ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$) è stato riscontrato a 20 m nelle stazioni BO2 e BO8.

I risultati di **maggio 2022** relativi ai pigmenti clorofilliani e al TSM sono illustrati nelle figure 3.28a, 3.28b e 3.29. In occasione di tale campagna, la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $185,1 \pm 98,3 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $474,2 \text{ ng L}^{-1}$ misurato a 40 m in BO8 ed un minimo di $74,5 \text{ ng L}^{-1}$ a 20 m in BO7. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $18,4 \pm 10,8 \text{ ng L}^{-1}$ e $67,9 \pm 37,7 \text{ ng L}^{-1}$. I valori massimo ($40,8 \text{ ng L}^{-1}$) e minimo ($5,6 \text{ ng L}^{-1}$) di Chl *b* sono stati misurati in BO8, rispettivamente a 40 m e in superficie. Il massimo di Chl *c* ($146,4 \text{ ng L}^{-1}$) è stato misurato a 40 m in BO8, analogamente a quanto osservato per la Chl *a* e Chl *b*, mentre la concentrazione minima ($29,0 \text{ ng L}^{-1}$) è stata osservata a 20 m della stazione BO6. In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo. Con una concentrazione media pari a $0,4 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$, il TSM ha presentato valori più elevati nelle acque di fondo, analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani. Il massimo ($1,0 \text{ mg L}^{-1}$) è stato registrato infatti al fondo in BO1 e BO6, mentre il valore

minimo ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$) è stato misurato tra la superficie e i 40 m di profondità in tutte le stazioni eccetto che in BO8.

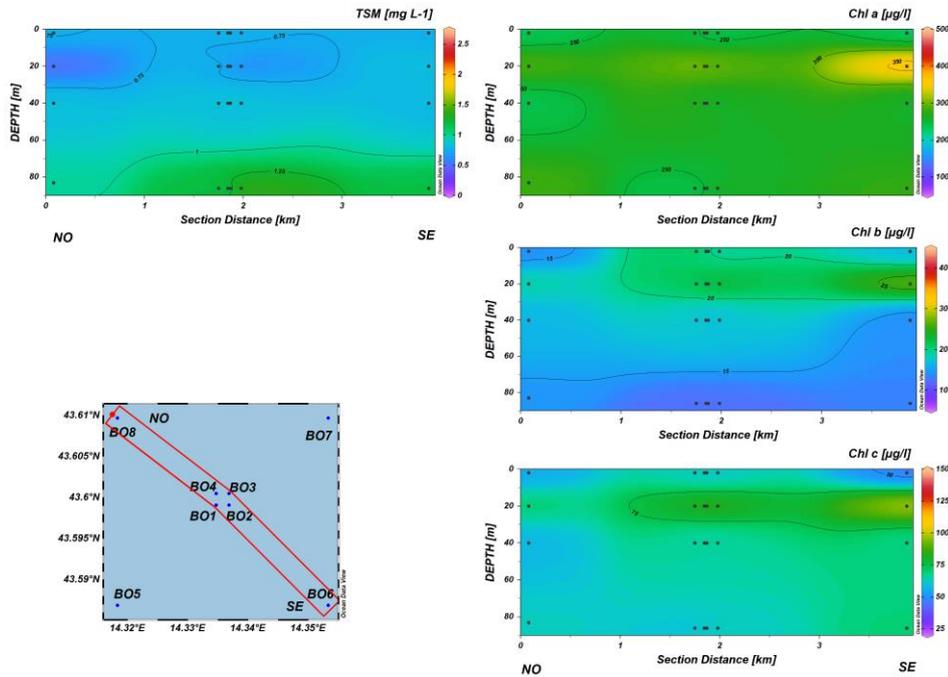


Fig. 3.26a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng L^{-1} . **Marzo 2022.**

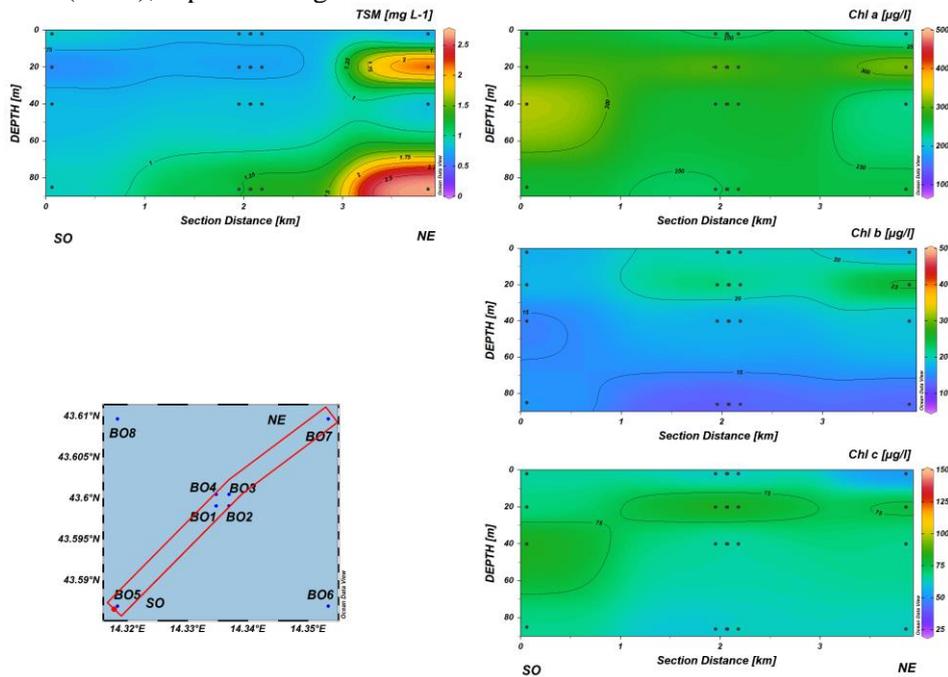


Fig. 3.26b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng L^{-1} . **Marzo 2022.**

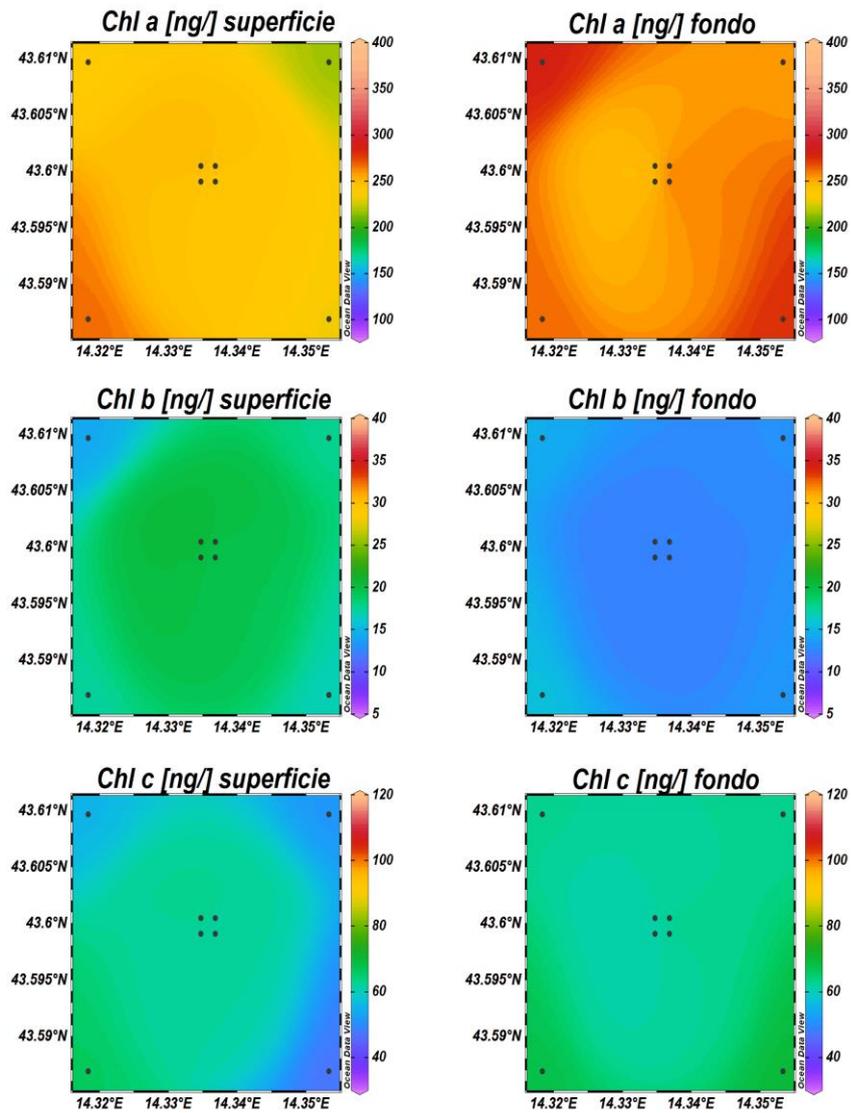


Fig. 3.27 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng L^{-1} . **Marzo 2022.**

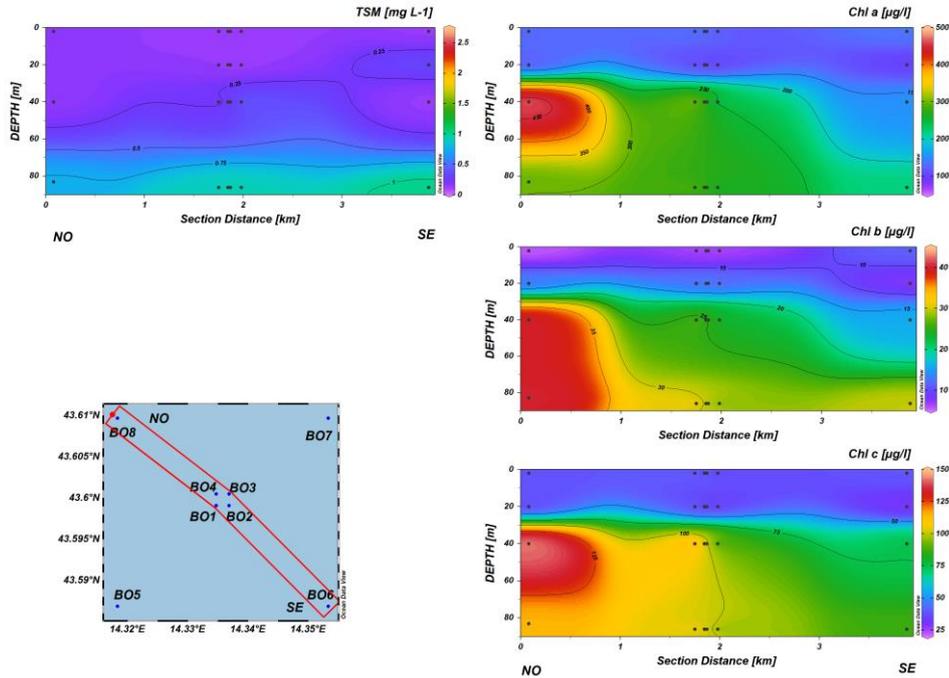


Fig. 3.28a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng L^{-1} . **Maggio 2022.**

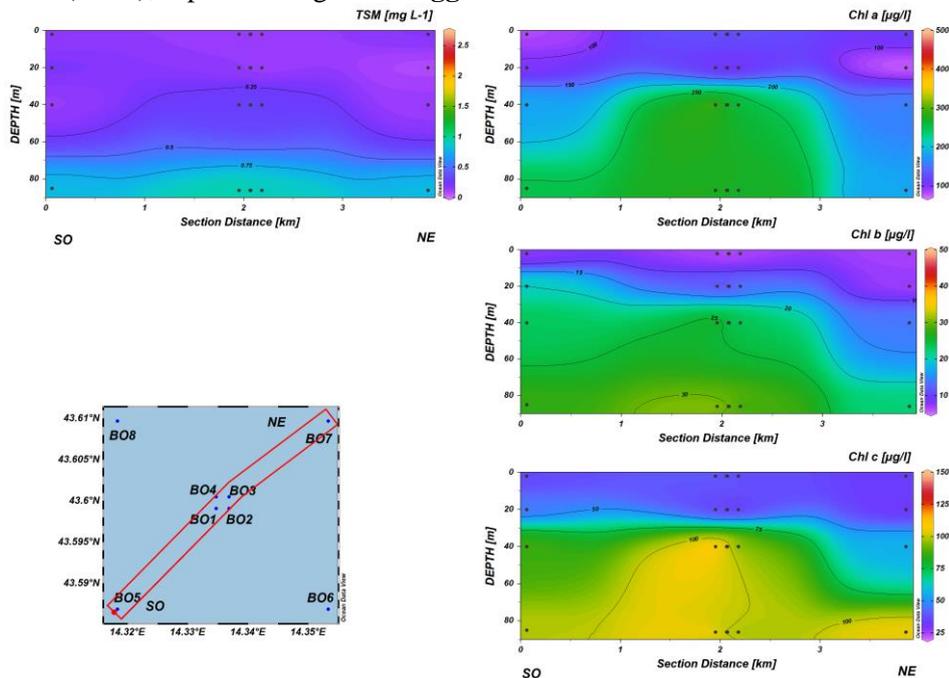


Fig. 3.28b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng L^{-1} . **Maggio 2022.**

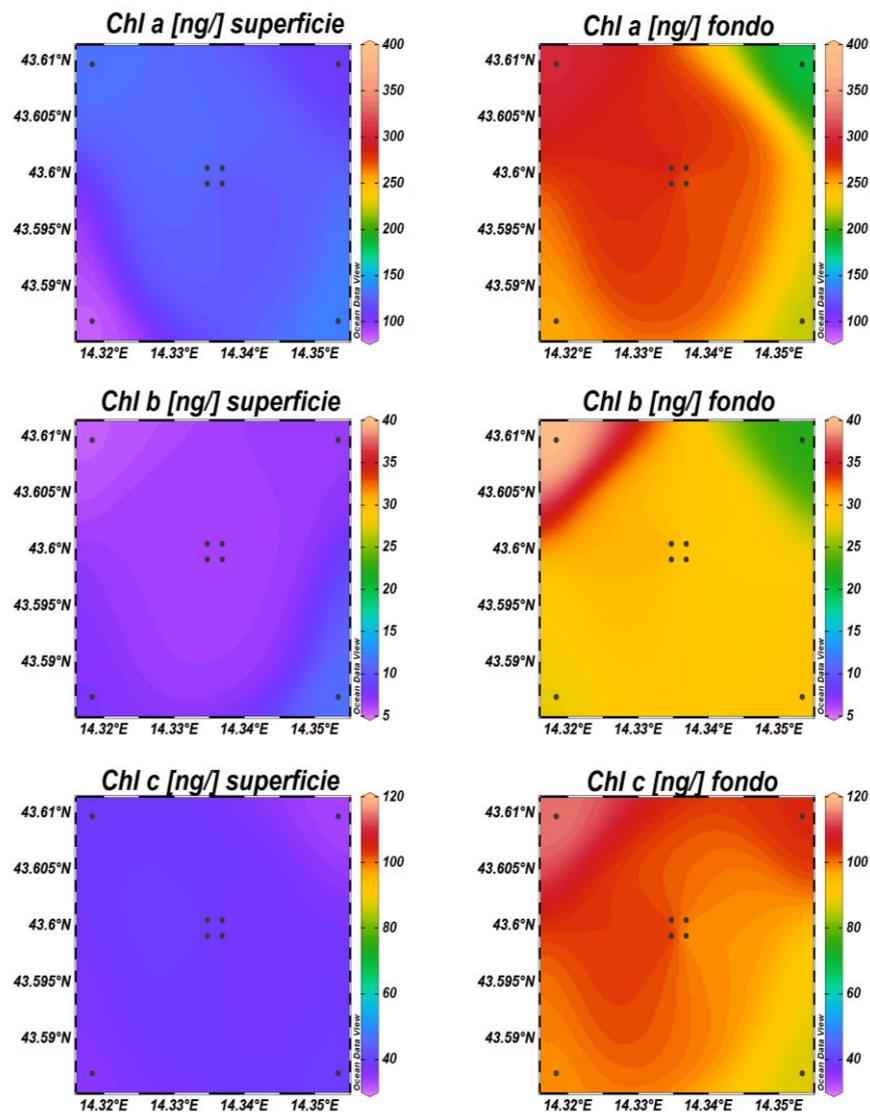


Fig. 3.29 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng L^{-1} . **Maggio 2022**.

Nel **luglio 2022** (figg. 3.30a, 3.30b, 3.31) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $131,1 \pm 119,5 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $441,7 \text{ ng L}^{-1}$ ed un minimo di $43,3 \text{ ng L}^{-1}$ misurati rispettivamente al fondo della stazione BO2 ed in superficie nella stazione BO4. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $20,5 \pm 25,3 \text{ ng L}^{-1}$ e $50,3 \pm 58,1 \text{ ng L}^{-1}$. La concentrazione massima di Chl *b* ($81,9 \text{ ng L}^{-1}$) è stata misurata al fondo della stazione BO6, mentre il minimo ($4,6 \text{ ng L}^{-1}$) ha caratterizzato le acque superficiali della stazione BO1. Il



massimo di Chl *c* ($167,0 \text{ ng L}^{-1}$) è stato riscontrato al fondo della stazione BO2, mentre la concentrazione minima ($8,0 \text{ ng L}^{-1}$) è stata misurata in superficie nella stazione BO7.

In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a $0,56 \pm 0,36 \text{ mg L}^{-1}$. Come per i pigmenti clorofilliani, generalmente una maggiore concentrazione è stata riscontrata al fondo dell'area di campionamento. Il valore massimo ($1,24 \text{ mg L}^{-1}$) è stato misurato nella stazione BO1 al fondo e il minimo ($0,02 \text{ mg L}^{-1}$) nella stazione BO1, alla profondità di 20 m.

A **novembre 2022** (figg. 3.32a, 3.32b e 3.33) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $192,9 \pm 122,0 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $731,2 \text{ ng L}^{-1}$ misurato a 40 m di profondità nella stazione BO5 ed un minimo di $106,4 \text{ ng L}^{-1}$ riscontrato alla profondità di 20 m della stazione BO1. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $22,4 \pm 9,3 \text{ ng L}^{-1}$ e $57,3 \pm 41,1 \text{ ng L}^{-1}$. La concentrazione massima di Chl *b* ($37,0 \text{ ng L}^{-1}$) è stata misurata a 40 m di profondità nella stazione BO6, mentre il minimo ($7,2 \text{ ng L}^{-1}$) è stato riscontrato a 20 m di profondità nella stazione BO1. Il massimo di Chl *c* ($234,8 \text{ ng L}^{-1}$) è stato riscontrato a 40 m nella stazione BO5, mentre la concentrazione minima ($27,1 \text{ ng L}^{-1}$) è stata misurata al fondo della stazione BO1. Le concentrazioni più elevate di Chl *a*, Chl *b* e Chl *c* sono state osservate alla profondità di 40 m.

Il TSM è risultato paragonabile al mese di luglio, con una concentrazione media pari a $0,51 \pm 0,36 \text{ mg L}^{-1}$. Anche in questo caso le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento, il massimo ($1,31 \text{ mg L}^{-1}$) è stato registrato al fondo della BO2.

A **dicembre 2022** (figg. 3.34a, 3.34b e 3.35) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $119,6 \pm 46,4 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $188,2 \text{ ng L}^{-1}$ misurato a 20 m di profondità della stazione BO7 ed un minimo di $39,3 \text{ ng L}^{-1}$ riscontrato al fondo della stazione BO1. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $13,1 \pm 3,2 \text{ ng L}^{-1}$ e $32,6 \pm 12,0 \text{ ng L}^{-1}$. Le concentrazioni massime di Chl *b* ($19,3 \text{ ng L}^{-1}$) e di Chl *c* ($52,3 \text{ ng L}^{-1}$) sono state riscontrate a 20 m di profondità nella stazione BO6 mentre i minimi di Chl *b* ($5,6 \text{ ng L}^{-1}$) e di Chl *c* ($11,8 \text{ ng L}^{-1}$) sono stati osservati al fondo nella stazione BO1.



In generale per i pigmenti clorofilliani le concentrazioni più contenute hanno caratterizzato le quote di fondo.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a $0,80 \pm 0,24 \text{ mg L}^{-1}$, anche durante questo campionamento le concentrazioni più elevate hanno caratterizzato generalmente le quote più profonde ($1,09 \pm 0,37 \text{ mg L}^{-1}$) ed il massimo ($1,80 \text{ mg L}^{-1}$) è stato registrato al fondo della stazione BO5.

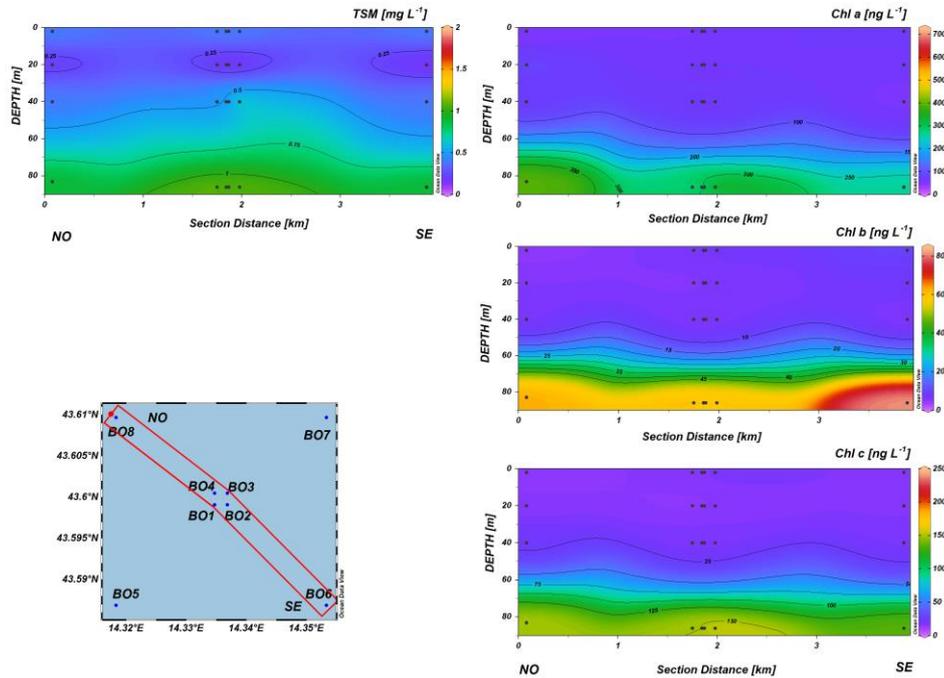


Fig. 3.30a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

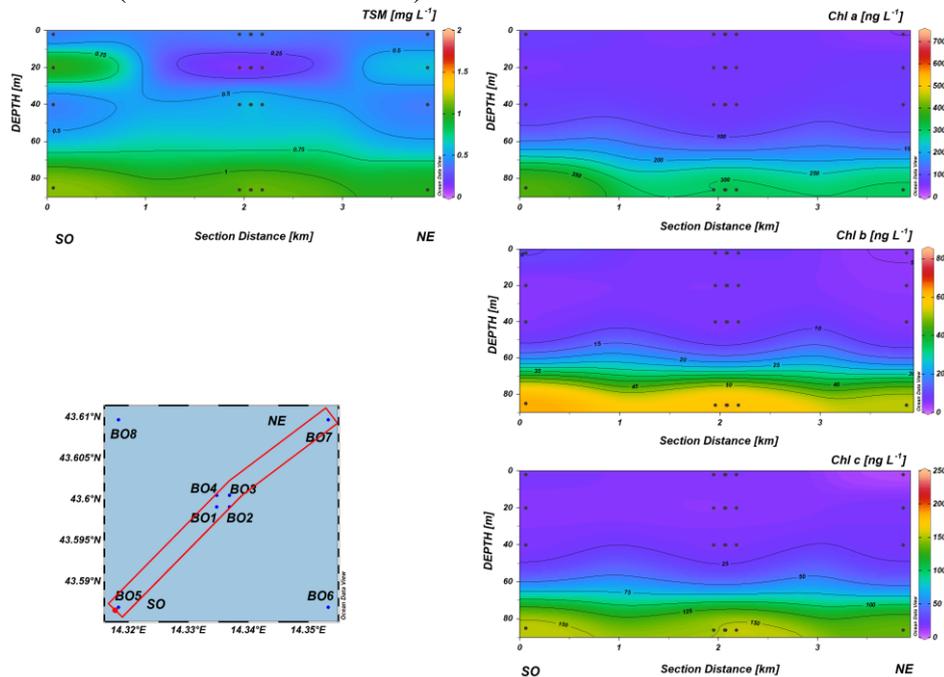


Fig. 3.30b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

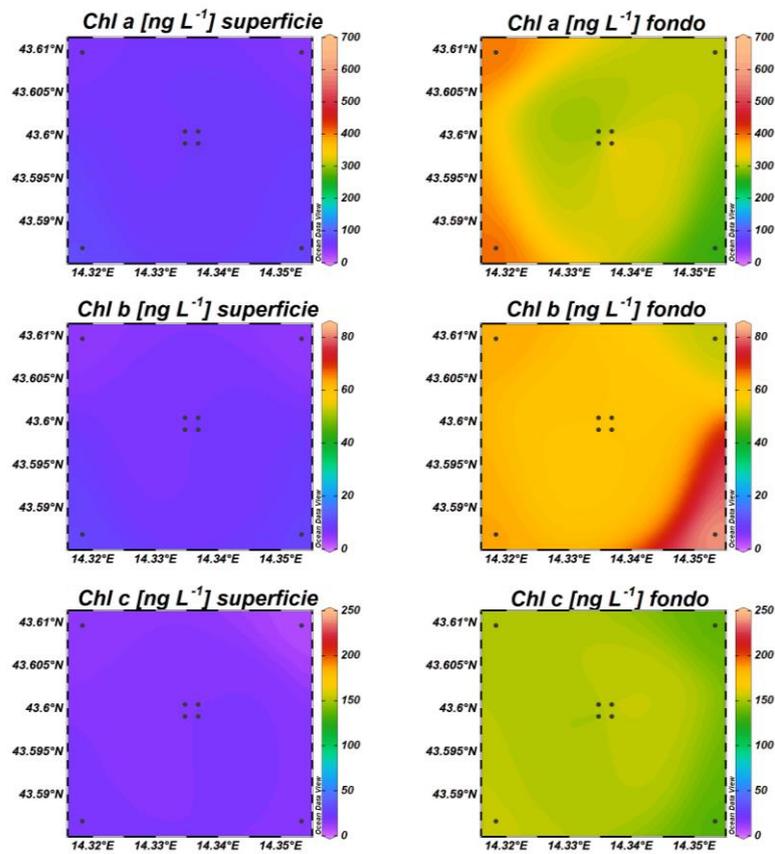


Fig. 3.31 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*) e clorofilla c (Chl *c*) espresse in ng L⁻¹. **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

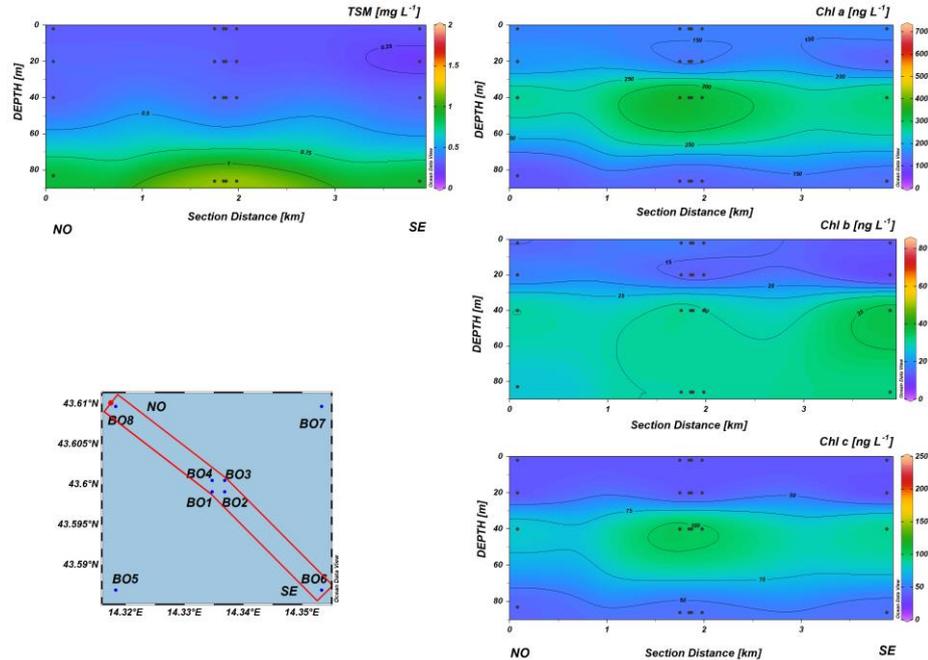


Fig. 3.32a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

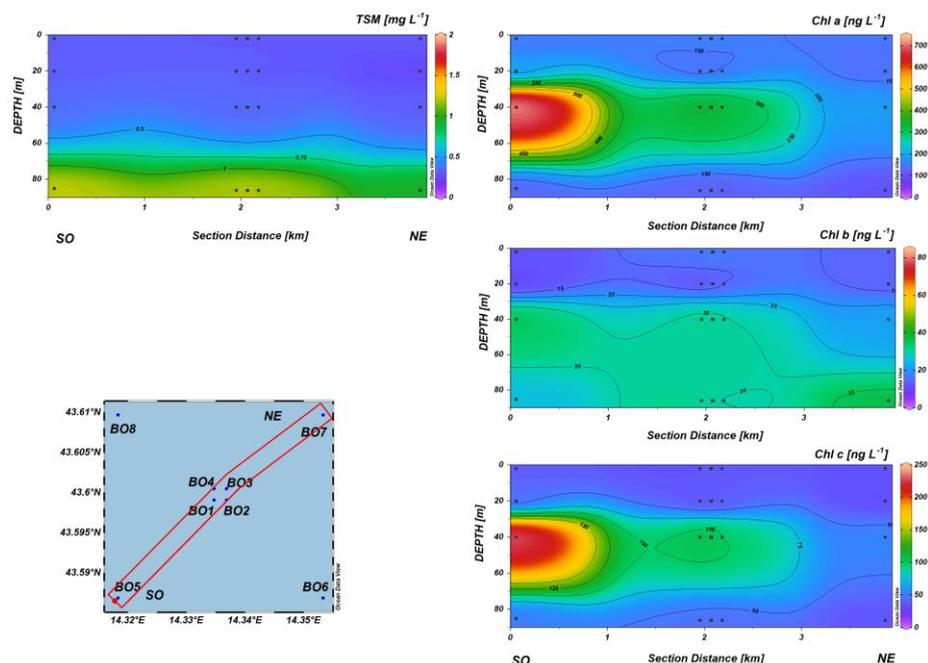


Fig. 3.32b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

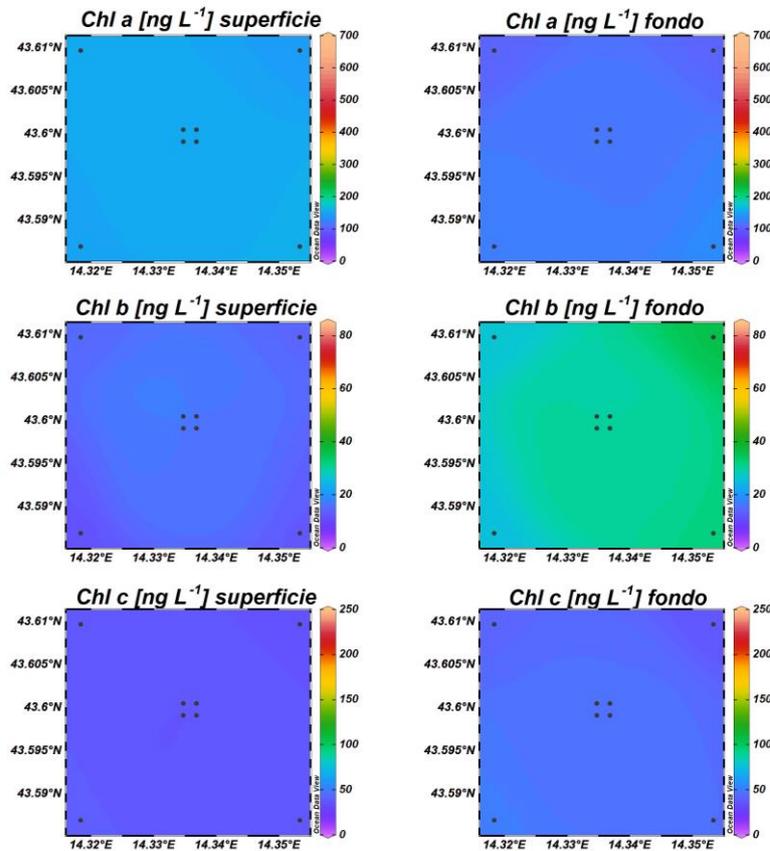


Fig. 3.33 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*) e clorofilla c (Chl *c*) espresse in ng L^{-1} . **Novembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

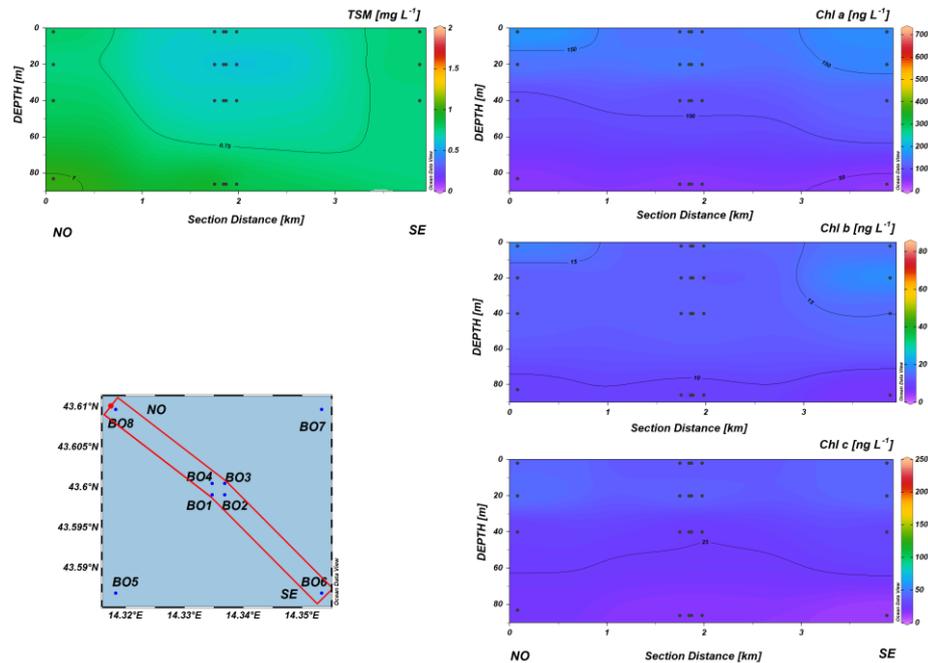


Fig. 3.34a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Dicembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

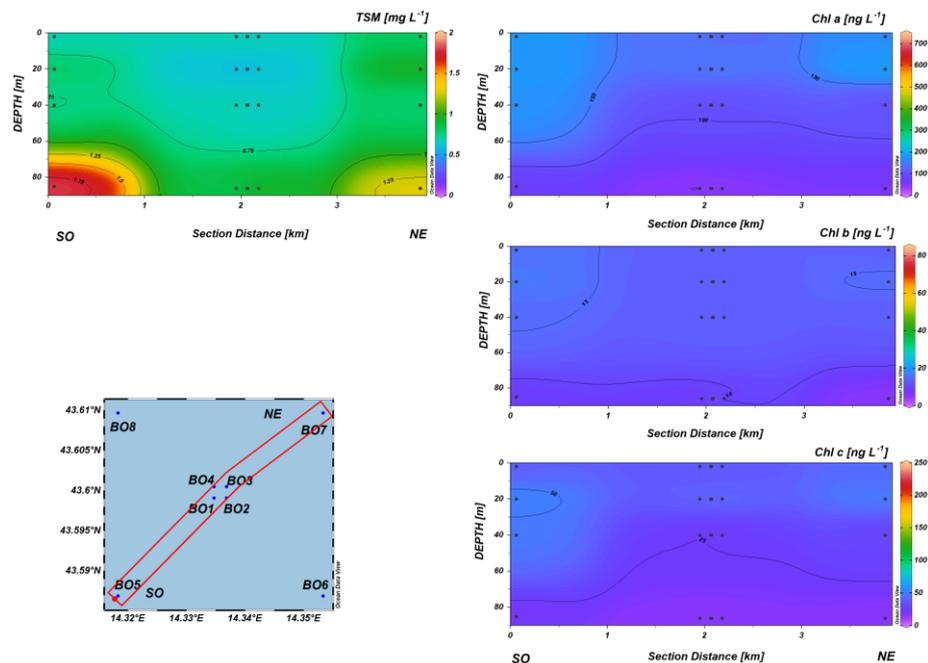


Fig. 3.34b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg L^{-1} , clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*), clorofilla c (Chl *c*), espresse in ng L^{-1} . **Dicembre 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

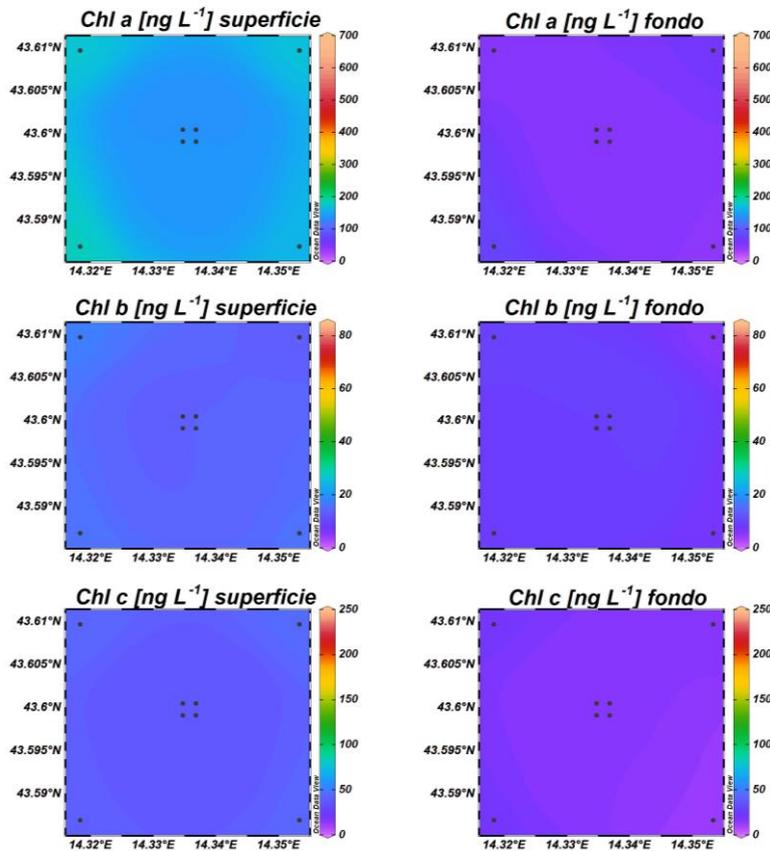


Fig. 3.35 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl *a*), clorofilla b (Chl *b*) e clorofilla c (Chl *c*) espresse in ng L⁻¹. **Dicembre 2022**.- Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

Le concentrazioni degli **Idrocarburi totali (IT)**, **Idrocarburi Alifatici (IA)** e **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** rilevati nei 3 monitoraggi condotti nel 2° semestre 2022, espressi in $\mu\text{g L}^{-1}$ sono riportati rispettivamente nelle tabelle 3-I - 3-III. Per comodità di confronto, nelle tabelle si riportano anche i valori dei monitoraggi condotti nel 1° semestre (marzo e maggio).

Le concentrazioni degli idrocarburi totali sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico, come mostrato in Tab. 3-I.

Tab. 3-I - Concentrazioni ($\mu\text{g L}^{-1}$) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei cinque surveys condotti nel 2022.

Stazione	Idrocarburi Totali (n-esano)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO1 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO1 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO1 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO2 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO2 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO2 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO2 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO3 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO3 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO3 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO3 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO4 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO4 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO4 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO4 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO5 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO5 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO5 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO5 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO6 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO6 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO6 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO6 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO7 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO7 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO7 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO7 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO8 Sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO8 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO8 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
BO8 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31



In Tab. 3-II sono riportate le concentrazioni degli Idrocarburi Alifatici che sono risultate sempre inferiori ai limiti di rilevabilità del metodo analitico in tutti i campioni effettuati.

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g L}^{-1}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei cinque surveys condotti nel 2022.

Stazione	Idrocarburi Alifatici (C10-C32)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO1 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO1 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO1 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO2 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO2 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO2 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO2 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO3 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO3 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO3 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO3 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO4 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO4 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO4 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO4 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO5 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO5 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO5 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO5 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO6 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO6 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO6 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO6 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO7 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO7 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO7 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO7 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO8 Sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO8 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO8 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
BO8 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g L}^{-1}$) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei cinque surveys condotti nel 2022.

IROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (Σ 16 IPA)					
Stazione	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 Sup	0,0037	0,0010	0,0011	<0,0028	<0,0028
BO1 20 m	0,0014	0,0009	0,0011	<0,0028	<0,0028
BO1 40 m	0,0008	0,0008	0,0011	<0,0028	0,0006
BO1 Fondo	0,0012	0,0009	0,0013	<0,0028	<0,0028
BO2 Sup	0,0012	0,0010	0,0007	<0,0028	<0,0028
BO2 20 m	0,0008	0,0012	0,0007	<0,0028	<0,0028
BO2 40 m	0,0008	0,0012	0,0009	<0,0028	<0,0028
BO2 Fondo	0,0008	0,0011	0,0012	<0,0028	<0,0028
BO3 Sup	0,0131	<0,0028	0,0009	0,0030	<0,0028
BO3 20 m	0,0049	0,0009	0,0010	<0,0028	<0,0028
BO3 40 m	0,0142	<0,0028	0,0007	0,0040	<0,0028
BO3 Fondo	0,0086	0,0011	0,0009	<0,0028	<0,0028
BO4 Sup	0,0007	0,0008	0,0009	<0,0028	<0,0028
BO4 20 m	0,0042	0,0006	0,0001	<0,0028	<0,0028
BO4 40 m	0,0037	0,0006	0,0009	<0,0028	<0,0028
BO4 Fondo	0,0036	<0,0028	0,0010	<0,0028	<0,0028
BO5 Sup	0,0008	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
BO5 20 m	0,0007	0,0007	0,0013	<0,0028	<0,0028
BO5 40 m	0,0008	<0,0028	0,0008	<0,0028	<0,0028
BO5 Fondo	<0,0028	<0,0028	0,0007	<0,0028	<0,0028
BO6 Sup	0,0020	<0,0028	0,0008	<0,0028	<0,0028
BO6 20 m	0,0012	0,0009	0,0007	<0,0028	<0,0028
BO6 40 m	0,0010	<0,0028	0,0009	<0,0028	<0,0028
BO6 Fondo	0,0014	0,0009	0,0041	<0,0028	<0,0028
BO7 Sup	0,0010	0,0015	0,0011	<0,0028	<0,0028
BO7 20 m	0,0011	0,0106	0,0012	<0,0028	<0,0028
BO7 40 m	<0,0028	0,0017	0,0013	<0,0028	<0,0028
BO7 Fondo	<0,0028	<0,0028	0,0010	<0,0028	<0,0028
BO8 Sup	0,0011	0,0014	0,0010	<0,0028	<0,0028
BO8 20 m	0,0010	<0,0028	0,0011	<0,0028	<0,0028
BO8 40 m	0,0013	0,0056	0,0019	<0,0028	<0,0028
BO8 Fondo	0,0008	0,0010	0,0010	<0,0028	<0,0028

Le concentrazioni degli **IPA**, riportati in Tab. 3-III, a luglio sono stati quantificati in quasi tutti i campioni raccolti, senza una particolare distinzione tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle di controllo (media globale $0,0011 \pm 0,0006 \mu\text{g L}^{-1}$). Nei mesi di novembre e dicembre gli IPA sono stati rilevati solo in 3 campioni, di cui 2 a novembre nella stazione BO3 in superficie e a 20m (0,0030 e $0,0040 \mu\text{g L}^{-1}$, rispettivamente) e a dicembre nella stazione BO1 a 30 m ($0,0006 \mu\text{g L}^{-1}$).



I valori misurati per i **Solventi Organici Aromatici (BTEX)** sono riportati in Tab. 3-IV.

Il **benzene** non è mai stato rilevato nei campionamenti di marzo e dicembre. Negli altri mesi di monitoraggio è stato rilevato solo nel 9% dei campioni analizzati. Le concentrazioni sono variate tra 0,011 e 0,019 $\mu\text{g L}^{-1}$ massimo riscontrato nella stazione BO1 a 20 m. L'**etilbenzene** nel mese di luglio è stato rilevato solo nel campione superficiale della stazione BO1 (0,033 $\mu\text{g L}^{-1}$), mentre non è stato riscontrato in alcun campione nel mese di novembre. A dicembre è stato possibile quantificare l'etilbenzene in 10 campioni. Non si sono osservate differenze significative tra i due gruppi di stazioni, il range di concentrazione è risultato compreso tra 0,016 – 0,048 $\mu\text{g L}^{-1}$ nelle stazioni B1-B4, e tra 0,012 – 0,048 $\mu\text{g L}^{-1}$ nelle stazioni B5-B8.

Nel mese di dicembre non è stato rilevato alcun valore di **stirene**, mentre nel mese di luglio è stato quantificato solamente nel campione superficiale della stazione BO1 (0,050 $\mu\text{g L}^{-1}$). Le concentrazioni rilevate a novembre sono oscillate tra 0,015 e 0,093 $\mu\text{g L}^{-1}$, con una media di $0,030 \pm 0,020 \mu\text{g L}^{-1}$ nelle stazioni vicino alla piattaforma, e di $0,025 \pm 0,005 \mu\text{g L}^{-1}$ nelle stazioni di controllo.

Il **toluene** ha mostrato valori inferiori al limite di rilevabilità in tutti i campioni analizzati ad eccezione del campione superficiale della stazione BO4 (0,053 $\mu\text{g L}^{-1}$) a luglio.

Nei surveys di novembre e dicembre non è stata rilevata presenza di **xilene**, mentre nel mese di luglio è stato rilevato solo nel campione superficiale della stazione BO1 (0,0128 $\mu\text{g L}^{-1}$).



**CNR
IRBIM**
ISTITUTO PER LE
RISORSE BIOLOGICHE
E LE BIOTECNOLOGIE
MARINE



OGS
Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.



SHELTER
Sustain your business

Tab. 3-IV -- Microinquinanti organici (BTEX; $\mu\text{g L}^{-1}$) determinati nel corso dei surveys condotti nel 2022.

Stazione	Benzene					Etilbenzene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0131	0,021	0,0328	<0,010	<0,010
BO1 20 m	<0,010	0,0105	0,0193	<0,010	<0,010	0,0127	0,0264	<0,010	<0,010	<0,010
BO1 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0162	0,194	<0,010	<0,010	0,0326
BO1 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0236	<0,010	<0,010	<0,010	0,048
BO2 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,037	<0,010	<0,010	<0,010	0,0179
BO2 20 m	<0,010	<0,010	0,0137	<0,010	<0,010	0,035	0,0158	<0,010	<0,010	<0,010
BO2 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0272	0,084	<0,010	<0,010	0,0162
BO2 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0274	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0272	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 20 m	<0,010	<0,010	0,0122	<0,010	<0,010	0,0207	0,045	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0132	0,049	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,056	0,0115	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0123	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 20 m	<0,010	0,0115	0,0167	<0,010	<0,010	0,0246	<0,010	<0,010	<0,010	0,0222
BO4 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0148	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0178	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 20 m	<0,010	<0,010	0,0114	<0,010	<0,010	0,0116	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	0,0126	<0,010	0,0169	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0219	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 20 m	<0,010	<0,010	0,0137	<0,010	<0,010	0,0185	<0,010	<0,010	<0,010	0,0188
BO6 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	0,0111	<0,010	0,0146	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 Fondo	<0,010	0,0113	<0,010	<0,010	<0,010	0,0116	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 20 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0153	<0,010	<0,010	<0,010	0,0282
BO7 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0268	0,0136	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0242	0,0135	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 20 m	<0,010	<0,010	0,0184	<0,010	<0,010	0,0247	<0,010	<0,010	<0,010	0,0202
BO8 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	0,04	<0,010	<0,010	0,048
BO8 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0246	0,0115	<0,010	<0,010	0,012



**CNR
IRBIM**
ISTITUTO PER LE
RISORSE BIOLOGICHE
E LE BIOTECNOLOGIE
MARINE



OGS
Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



cibm
AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.



Tab. 3-IV -- Microinquinanti organici (BTEX; $\mu\text{g L}^{-1}$) determinati nel corso dei surveys condotti nel 2022 (continua).

Stazione	Stirene					Toluene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	0,066	<0,010	0,05	0,0234	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO1 20 m	0,067	<0,010	<0,010	0,0241	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO1 40 m	0,073	<0,010	<0,010	0,0322	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO1 Fondo	0,077	<0,010	<0,010	0,0269	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO2 sup	0,099	<0,010	<0,010	0,0235	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO2 20 m	0,095	<0,010	<0,010	0,0218	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO2 40 m	0,083	<0,010	<0,010	0,032	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO2 Fondo	0,053	<0,010	<0,010	0,093	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO3 sup	0,093	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO3 20 m	0,087	<0,010	<0,010	0,0167	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO3 40 m	0,073	<0,010	<0,010	0,0267	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO3 Fondo	0,106	<0,010	<0,010	0,0301	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO4 sup	0,071	<0,010	<0,010	0,0149	<0,010	<0,050	<0,050	0,053	<0,050	<0,050
BO4 20 m	0,086	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO4 40 m	0,09	<0,010	<0,010	0,0244	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO4 Fondo	0,076	0,0113	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO5 sup	0,058	<0,010	<0,010	0,0307	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO5 20 m	0,055	<0,010	<0,010	0,022	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO5 40 m	0,066	<0,010	<0,010	0,0208	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO5 Fondo	0,047	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO6 sup	0,048	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO6 20 m	0,054	<0,010	<0,010	0,0212	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO6 40 m	0,059	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO6 Fondo	0,043	<0,010	<0,010	0,0293	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO7 sup	0,042	<0,010	<0,010	0,0254	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO7 20 m	0,05	<0,010	<0,010	0,0252	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO7 40 m	0,07	<0,010	<0,010	0,0268	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO7 Fondo	0,068	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO8 sup	0,042	<0,010	<0,010	0,0175	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO8 20 m	0,055	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO8 40 m	0,045	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
BO8 Fondo	0,059	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050

Tab. 3-IV -- Microinquinanti organici (BTEX; $\mu\text{g L}^{-1}$) determinati nel corso dei surveys condotti nel 2022 (continua).

Stazione	Xilene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	0,039	0,023	0,0128	<0,010	<0,010
BO1 20 m	0,034	0,024	<0,010	<0,010	<0,010
BO1 40 m	0,051	0,18	<0,010	<0,010	<0,010
BO1 Fondo	0,074	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO2 sup	0,13	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO2 20 m	0,12	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO2 40 m	0,09	0,075	<0,010	<0,010	<0,010
BO2 Fondo	0,021	0,025	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 sup	0,091	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 20 m	0,061	0,039	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 40 m	0,04	0,042	<0,010	<0,010	<0,010
BO3 Fondo	0,16	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 sup	0,032	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 20 m	0,085	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 40 m	0,11	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO4 Fondo	0,042	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 sup	0,056	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 20 m	0,034	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 40 m	0,046	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO5 Fondo	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 sup	0,054	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 20 m	0,06	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 40 m	0,043	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO6 Fondo	0,038	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 sup	0,026	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 20 m	0,047	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 40 m	0,087	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO7 Fondo	0,083	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 sup	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 20 m	0,093	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 40 m	0,048	0,031	<0,010	<0,010	<0,010
BO8 Fondo	0,084	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale (Tab. 3-III).

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg L⁻¹) di Glicole etilenico registrate nel corso dei surveys condotti nel 2022.

Stazione	Glicole Etilenico				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO2 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO3 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO4 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO5 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO6 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO7 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO8 sup	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5
BO8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5



3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne condotte in luglio, novembre e dicembre 2022 sono riportate in Tab. 3-VI. Per comodità di confronto, nelle stesse tabelle si riportano anche i valori dei monitoraggi condotti nel 1° semestre (marzo e maggio 2022). Relativamente ai dati di maggio, la non corrispondenza tra questi valori e quelli inseriti nella relazione semestrale (Franzo *et al.* 2022) è dovuta ad una errata importazione di tali dati nel sistema LIMS del laboratorio, come comunicato in A3, a causa del quale le concentrazioni riportate in Franzo *et al.* 2022 non sono corrette. Nelle tabelle che seguono i dati inseriti sono quelli aggiornati (corretti) e le concentrazioni risultano tutte inferiori rispetto a quanto precedentemente riportato.

Alluminio – Nel secondo semestre di monitoraggio le concentrazioni di alluminio sono state rilevate solo nel mese di novembre, con media globale $1,08 \pm 0,89 \mu\text{g L}^{-1}$, mentre nei mesi di luglio e dicembre sono risultate sempre inferiori ai limiti di rilevabilità del metodo analitico.

Arsenico – L'arsenico è stato rilevato in tutto l'anno di monitoraggio ad eccezione del mese di novembre in cui le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di rilevabilità. Le concentrazioni di questo metallo sono risultate geograficamente omogenee con valori medi comparabili tra le stazioni prossime alla piattaforma e le stazioni di controllo. A luglio, i valori sono risultati piuttosto contenuti ($0,16 \pm 0,02 \mu\text{g L}^{-1}$), mentre a dicembre, nonostante sia stato osservato un aumento generalizzato (media complessiva $2,61 \pm 0,24 \mu\text{g L}^{-1}$) i valori medi delle stazioni prossime alla piattaforma ($2,61 \pm 0,28 \mu\text{g L}^{-1}$), sono risultati comparabili a quelli delle stazioni di controllo ($2,60 \pm 0,21 \mu\text{g L}^{-1}$)

Bario – Anche il bario è stato quantificato in tutti i campionamenti e ha mostrato una ancor più accentuata omogeneità spaziale. Il range di luglio è stato di 0,68 - 0,97 $\mu\text{g L}^{-1}$ (massimo in BO6, 20 m), mentre a novembre le concentrazioni sono diminuite oscillando tra 0,11 e 0,70 $\mu\text{g L}^{-1}$ (media di $0,18 \pm 0,12 \mu\text{g L}^{-1}$). Come per l'arsenico, nonostante l'aumento delle concentrazioni osservate a dicembre (media complessiva $5,96 \pm 1,57 \mu\text{g L}^{-1}$) i valori sono risultati geograficamente omogenei.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio, nel secondo semestre di campionamento, sono sempre risultate inferiori al limite di rilevabilità del metodo analitico in tutte le stazioni. Nel primo semestre è stato rilevato solo sporadicamente nel mese di marzo.



Cromo – Analogamente al cadmio, solo pochi valori di cromo sono risultati superiori al limite di rilevabilità in tutto l’anno. Nel 2° semestre, in particolare, è stato quantificato solo in 2 campioni a novembre, BO2 al fondo ($0,11 \mu\text{g L}^{-1}$) e BO8 a 20m ($0,22 \mu\text{g L}^{-1}$).

Ferro – Nel secondo semestre le concentrazioni di ferro sono state quantificate solo sporadicamente. A luglio sono state registrate solo su 11 campioni totali, per una media generale di $5,63 \pm 0,22 \mu\text{g L}^{-1}$. A novembre è stato quantificato in soli 2 campioni, BO3 al fondo ($5,02 \mu\text{g L}^{-1}$) e BO6 A 40 m ($0,14 \mu\text{g L}^{-1}$). A dicembre, in generale le concentrazioni utili (16 su 32 totali) sono aumentate. Il range è stato $4,90 - 80 \mu\text{g L}^{-1}$, ma questo massimo rilevato in BO4 sul fondo è senza dubbio uno spike.

Mercurio – Le concentrazioni di mercurio sono state quantificate solo nel mese di dicembre in soli 9 campioni delle stazioni BO1-BO4 (media $0,09 \pm 0,02 \mu\text{g L}^{-1}$) e in 13 campioni nel gruppo di stazioni BO5-BO8 (media di $0,11 \pm 0,06 \mu\text{g L}^{-1}$).

Nichel – Nel mese di luglio il nichel è stato rilevato in quasi tutti i campioni, la media generale è pari a $0,15 \pm 0,03 \mu\text{g L}^{-1}$ con valori compresi tra $0,12$ e $0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ senza alcuna distinzione tra le stazioni vicine alla piattaforma e quelle di controllo. Nei mesi di novembre e dicembre è stato rilevato in soli 4 campioni: 2 a novembre BO3 in superficie ($0,11 \mu\text{g L}^{-1}$) e in BO7 20m ($1,52 \mu\text{g L}^{-1}$), e 2 a dicembre BO6 40m e al fondo ($0,17 \mu\text{g L}^{-1}$).

Piombo – Nei mesi di luglio e novembre i valori di piombo non hanno mai superato il limite di rilevabilità del metodo analitico. Mentre a dicembre le concentrazioni sono risultate omogenee tra le due aree (BO1-BO4: $0,61 \pm 0,53 \mu\text{g L}^{-1}$ e BO5-BO8: $0,58 \pm 0,21 \mu\text{g L}^{-1}$).

Rame – Nel secondo semestre di monitoraggio il rame è stato quantificato in soli 20 campioni totali: 11 a luglio 7 a novembre e 2 a dicembre. A luglio, quando quantificabile, questo metallo ha presentato una certa omogeneità geografica (BO1-BO4: $0,17 \pm 0,07 \mu\text{g L}^{-1}$, BO5-BO8: $0,13 \pm 0,04 \mu\text{g L}^{-1}$). A novembre, è stato osservato un lieve aumento con media globale pari a $0,74 \pm 0,24 \mu\text{g L}^{-1}$, mentre a dicembre è stato rilevato solo in BO3 in superficie ($10,8 \mu\text{g L}^{-1}$ probabilmente uno spike) e in BO8 a 40 m ($1,40 \mu\text{g L}^{-1}$).

Vanadio – Nel mese di novembre le concentrazioni di vanadio sono risultate inferiori ai limiti di rilevabilità, a luglio le concentrazioni sono risultate piuttosto contenute e omogenee (media $0,31 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$), mentre a dicembre le concentrazioni sono risultate più elevate (media di $1,69 \pm 0,29 \mu\text{g L}^{-1}$), simili ai valori rilevati a marzo 2022.

Zinco – Concentrazioni di zinco inferiori ai limiti di rilevabilità sono state registrate nel



mese a luglio e a novembre le concentrazioni sono risultate piuttosto contenute (range complessivo di 0,10 - 1,08 $\mu\text{g L}^{-1}$ e massimo in BO2 a 20 m). A dicembre sono risultati al di sopra del limite di rilevabilità solo 7 valori, rientranti nel range di 3,00 - 7,20 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Indio – Nel secondo semestre di monitoraggio l’indio è risultato quantificabile solo nel mese di dicembre con un valore medio pari a $0,15 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.

Silicio – Nel secondo semestre il silicio ha presentato concentrazioni contenute in tutti i mesi ed in tutte le stazioni campionate variando nel range complessivo di 0,03 - 0,39 mg L^{-1} .



Tab. 3- VII - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel corso dei survey condotti a nel 2022.

Stazione	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	1,2	<0,10	<0,10	1,09	<6,8	1,8	0,184	0,151	<0,10	2,28	8,3	0,9	0,75	0,146	1,8
BO1 20 m	21	2,83	<0,10	0,85	<6,8	1,8	0,178	0,181	<0,10	2,79	8	0,94	0,72	<0,10	5,3
BO1 40 m	0,78	<0,10	<0,10	0,92	<6,8	1,8	0,16	0,181	<0,10	2,47	7,7	0,85	0,8	0,184	5,8
BO1 Fondo	4,4	<0,10	<0,10	1,00	<6,8	1,8	0,178	0,156	<0,10	3,05	7,3	0,8	0,89	0,117	4,4
BO2 sup	53	<0,10	<0,10	1,00	<6,8	1,7	0,176	0,142	<0,10	2,89	7,4	0,88	0,74	0,159	5,5
BO2 20 m	5,2	1,13	<0,10	1,84	<6,8	1,8	0,166	0,172	<0,10	2,52	8,3	1,05	0,76	0,208	5,1
BO2 40 m	3,0	1,21	<0,10	1,31	<6,8	1,6	0,158	0,178	<0,10	2,67	7,8	0,96	0,74	0,202	6,00
BO2 Fondo	1,1	2,00	<0,10	1,33	<6,8	1,7	0,165	0,173	<0,10	2,84	7,6	0,96	0,89	0,203	6,2
BO3 sup	1,2	<0,10	<0,10	0,85	<6,8	1,9	0,143	0,168	<0,10	2,45	7,9	0,87	0,8	0,147	3,5
BO3 20 m	2,2	6,5	<0,10	4,25	<6,8	1,8	0,171	0,175	<0,10	2,7	7,9	1,1	0,83	0,169	5,8
BO3 40 m	3,1	0,75	<0,10	1,12	<6,8	1,8	0,154	0,183	<0,10	2,09	7,9	0,92	0,86	0,15	5,5
BO3 Fondo	11	<0,10	<0,10	0,76	<6,8	1,8	0,169	0,167	<0,10	2,68	8,1	0,86	0,89	0,131	8,2
BO4 sup	3,6	<0,10	<0,10	0,474	<6,8	1,6	0,154	0,146	<0,10	3,03	6,9	0,84	0,74	<0,10	5,5
BO4 20 m	5,2	1,82	<0,10	0,67	<6,8	1,8	0,172	0,176	<0,10	2,27	7,6	0,98	0,77	0,11	7,6
BO4 40 m	5,0	1,93	<0,10	1,18	<6,8	2,2	0,145	0,21	<0,10	2,69	8,6	0,9	0,93	0,131	7,4
BO4 Fondo	7,1	4,35	<0,10	0,79	<6,8	1,9	0,14	0,16	<0,10	2,4	8,3	0,85	0,96	0,418	6,8
BO5 sup	0,38	<0,10	<0,10	0,64	<6,8	1,6	0,135	0,153	<0,10	2,8	8,7	0,85	0,77	0,118	5,3
BO5 20 m	6,9	<0,10	<0,10	0,88	<6,8	1,8	0,147	0,144	<0,10	2,27	7,0	0,95	0,76	0,141	4,3
BO5 40 m	15	0,544	<0,10	0,61	<6,8	1,7	0,137	0,145	<0,10	2,96	8	0,82	0,81	0,151	6,00
BO5 Fondo	5,0	<0,10	<0,10	1,92	<6,8	1,7	0,147	0,117	<0,10	3,01	7,8	0,77	0,88	0,695	6,9
BO6 sup	9,6	<0,10	<0,10	0,99	<6,8	1,5	0,147	0,137	<0,10	2,62	7,7	0,82	0,682	0,12	4,5
BO6 20 m	1,0	<0,10	<0,10	0,71	<6,8	1,7	0,145	0,171	<0,10	2,79	7,5	0,91	0,97	0,157	5,6
BO6 40 m	7,6	1,77	<0,10	0,517	<6,8	1,7	0,137	0,171	<0,10	2,39	8,5	0,92	0,84	0,137	8,3
BO6 Fondo	7,2	0,426	<0,10	4,02	<6,8	1,7	0,149	0,157	<0,10	2,61	8,0	0,78	0,92	<0,10	4,6
BO7 sup	8,7	0,76	<0,10	0,242	<6,8	1,8	0,192	0,141	<0,10	2,59	8,5	0,9	0,73	<0,10	7,8
BO7 20 m	2,0	<0,10	<0,10	1,16	<6,8	1,7	0,159	0,146	<0,10	2,41	7,7	0,93	0,75	0,141	6,4
BO7 40 m	1,3	<0,10	<0,10	0,84	<6,8	1,6	0,122	0,135	<0,10	2,48	8,1	0,96	0,78	0,148	5,4
BO7 Fondo	2,8	1,5	<0,10	0,97	<6,8	1,8	0,141	0,144	<0,10	2,57	8,4	0,78	0,88	0,205	3,9
BO8 sup	5,5	<0,10	<0,10	0,472	<6,8	1,8	0,16	0,147	<0,10	2,39	8,1	0,86	0,685	<0,10	6,9
BO8 20 m	0,48	0,286	<0,10	0,414	<6,8	1,8	0,154	0,158	<0,10	2,52	7,7	1,00	0,75	<0,10	8,6
BO8 40 m	6,5	9,8	<0,10	0,326	<6,8	1,7	0,173	0,148	<0,10	2,71	8,0	1,15	0,72	0,129	8,6
BO8 Fondo	8,7	<0,10	<0,10	0,379	<6,8	1,6	0,188	0,131	<0,10	2,5	7,6	0,83	0,92	0,142	7,1

Tab. 3- VIII - Continua.

Stazione	Cadmio (Cd)					Cromo totale					Ferro (Fe)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,7	<5,0	<5,0	<4,9
BO1 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	<4,9
BO1 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,43	<5,0	<5,0	<4,9
BO1 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	4,9
BO2 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,7	<5,0	<5,0	6,4
BO2 20 m	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,48	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,2	5,08	<5,0	7
BO2 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,43	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,1	<5,0	<5,0	8,5
BO2 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,45	<0,10	<0,10	0,111	<0,22	<5,0	6,8	5,29	<5,0	13
BO3 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	<5,0	<5,0	80
BO3 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6	<5,0	<5,0	<4,9
BO3 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,35	5,6	<5,0	<4,9
BO3 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	5,24	5,02	8,9
BO4 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,4	<5,0	<5,0	6,3
BO4 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,7	5,2	<5,0	<4,9
BO4 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	5,53	<5,0	<4,9
BO4 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	5,03	<5,0	13
BO5 sup	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	<5,0	<5,0	<4,9
BO5 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,8	<5,0	<5,0	<4,9
BO5 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	<4,9
BO5 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,02	<5,0	<5,0	9,1
BO6 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	<5,0	<5,0	<4,9
BO6 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,3	5,6	<5,0	<4,9
BO6 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,47	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,45	5,7	0,144	<4,9
BO6 Fondo	0,14	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	36
BO7 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,63	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,5	<5,0	<5,0	<4,9
BO7 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,5	<5,0	<5,0	11
BO7 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	5,37	<5,0	<4,9
BO7 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,37	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,14	<5,0	<5,0	24,6
BO8 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,5	<5,0	<5,0	8,7
BO8 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,41	<0,10	<0,10	0,217	<0,22	<5,0	5,7	5,3	<5,0	9,8
BO8 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,8	<5,0	<5,0	<4,9
BO8 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,36	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,5	<5,0	<5,0	7,5

Tab. 3- VIII - Continua.

Stazione	Mercurio (Hg)					Nichel (Ni)					Piombo (Pb)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	0,08	<0,10	<0,050	<0,050	0,07	<0,10	<0,050	0,18	<0,10	<0,14	<0,10	0,206	<0,10	<0,10	0,28
BO1 20 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,1	<0,10	<0,050	0,148	<0,10	<0,14	<0,10	0,185	<0,10	<0,10	0,48
BO1 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,09	<0,10	<0,050	0,139	<0,10	<0,14	<0,10	0,167	<0,10	<0,10	<0,14
BO1 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,166	<0,10	<0,14	<0,10	0,168	<0,10	<0,10	0,63
BO2 sup	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,07	<0,10	<0,050	0,139	<0,10	<0,14	0,32	0,187	<0,10	<0,10	0,99
BO2 20 m	0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,10	0,128	<0,10	<0,14	0,39	0,209	<0,10	<0,10	0,86
BO2 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,10	0,124	<0,10	<0,14	0,49	0,195	<0,10	<0,10	0,89
BO2 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,10	0,13	<0,10	<0,14	0,25	0,228	<0,10	<0,10	0,15
BO3 sup	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,1	<0,10	0,113	0,139	0,109	<0,14	<0,10	0,192	<0,10	<0,10	2,16
BO3 20 m	0,17	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,22	<0,10	<0,14	<0,10	0,294	<0,10	<0,10	0,32
BO3 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,186	<0,10	<0,14	<0,10	0,187	<0,10	<0,10	0,26
BO3 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,08	<0,10	<0,050	0,15	<0,10	<0,14	<0,10	0,166	<0,10	<0,10	<0,14
BO4 sup	0,07	<0,10	<0,050	<0,050	0,06	<0,10	<0,050	0,190	<0,10	<0,14	<0,10	0,234	<0,10	<0,10	0,4
BO4 20 m	0,11	<0,10	<0,050	<0,050	0,114	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	0,369	<0,10	<0,10	0,15
BO4 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,18	<0,10	<0,14	<0,10	0,445	<0,10	<0,10	0,68
BO4 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,1	<0,10	<0,050	0,126	<0,10	<0,14	<0,10	0,197	<0,10	<0,10	0,24
BO5 sup	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,12	<0,10	<0,050	0,156	<0,10	<0,14	0,5	<0,10	<0,10	<0,10	0,51
BO5 20 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,05	<0,10	<0,050	0,119	<0,10	<0,14	0,21	0,152	<0,10	<0,10	0,45
BO5 40 m	0,06	<0,10	<0,050	<0,050	0,01	<0,10	<0,050	0,146	<0,10	<0,14	0,24	0,141	<0,10	<0,10	0,43
BO5 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,103	<0,10	<0,050	0,12	<0,10	<0,14	0,27	0,158	<0,10	<0,10	0,75
BO6 sup	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,209	<0,10	<0,050	0,146	<0,10	<0,14	0,27	0,165	<0,10	<0,10	0,62
BO6 20 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,04	<0,10	<0,050	0,165	<0,10	<0,14	0,26	0,157	<0,10	<0,10	0,55
BO6 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,179	<0,10	0,17	0,3	0,243	<0,10	<0,10	0,38
BO6 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,104	<0,10	<0,050	0,125	<0,10	0,17	0,4	0,165	<0,10	<0,10	0,49
BO7 sup	0,06	<0,10	<0,050	<0,10	0,123	<0,10	<0,050	0,146	<0,10	<0,14	0,48	0,197	<0,10	<0,10	0,36
BO7 20 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,164	<0,10	<0,050	0,118	1,52	<0,14	0,23	<0,10	<0,10	<0,10	0,56
BO7 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,050	0,138	<0,10	<0,14	0,25	0,131	<0,10	<0,10	0,99
BO7 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,149	<0,10	<0,050	0,141	<0,10	<0,14	0,27	0,123	<0,10	<0,10	0,55
BO8 sup	0,11	<0,10	<0,050	<0,050	0,09	<0,10	<0,050	0,132	<0,10	<0,14	0,23	0,18	<0,10	<0,10	0,56
BO8 20 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,189	<0,10	<0,050	0,177	<0,10	<0,14	0,28	0,19	<0,10	<0,10	1,08
BO8 40 m	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	0,04	<0,10	<0,050	0,121	<0,10	<0,14	0,26	0,239	<0,10	<0,10	0,65
BO8 Fondo	<0,05	<0,10	<0,050	<0,050	<0,01	<0,10	<0,10	0,247	<0,10	<0,14	0,28	0,187	<0,10	<0,10	0,39

Tab. 3- VIIV - Continua.

Stazione	Rame (Cu)					Vanadio (V)					Zinco (Zn)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	0,27	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	2,0	<0,10	0,254	<0,10	1,5	<0,10	0,086	<0,10	0,457	3,8
BO1 20 m	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	2,1	<0,10	0,303	<0,10	1,4	<0,10	0,088	<0,10	0,183	<2,4
BO1 40 m	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,9	<0,10	0,336	<0,10	1,9	<0,10	0,13	<0,10	0,539	<2,4
BO1 Fondo	0,34	<0,10	<0,10	0,554	<0,51	1,8	<0,10	0,299	<0,10	2,00	<0,10	0,23	<0,10	0,78	<2,4
BO2 sup	0,27	<0,10	0,103	<0,10	<0,51	1,9	<0,10	0,318	<0,10	2,4	0,4	0,071	<0,10	0,69	4,9
BO2 20 m	0,16	<0,10	<0,10	0,91	<0,51	1,5	<0,10	0,33	<0,10	2,1	16	0,077	<0,10	1,08	<2,4
BO2 40 m	0,17	<0,10	<0,10	0,96	<0,51	1,7	<0,10	0,322	<0,10	2,2	5,3	0,18	<0,10	0,83	<2,4
BO2 Fondo	0,22	<0,10	0,103	0,98	<0,51	1,7	0,16	0,306	<0,10	1,8	<0,10	0,25	<0,10	0,529	3,9
BO3 sup	0,33	<0,10	<0,10	<0,10	10,8	2,1	<0,10	0,334	<0,10	1,8	0,6	0,12	<0,10	0,59	7,2
BO3 20 m	0,38	<0,10	0,254	<0,10	<0,51	1,9	<0,10	0,355	<0,10	1,7	0,61	0,094	<0,10	0,494	<2,4
BO3 40 m	0,33	<0,10	0,216	<0,10	<0,51	2,0	<0,10	0,463	<0,10	1,4	<0,10	0,09	<0,10	0,317	<2,4
BO3 Fondo	0,33	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,9	<0,10	0,386	<0,10	1,9	<0,10	0,26	<0,10	0,317	<2,4
BO4 sup	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	<0,10	0,37	<0,10	1,7	0,27	0,16	<0,10	<0,10	<2,4
BO4 20 m	0,33	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	<0,10	0,323	<0,10	1,6	5,6	0,096	<0,10	0,325	<2,4
BO4 40 m	0,52	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	2,2	0,11	0,448	<0,10	1,6	3,7	0,14	<0,10	0,343	<2,4
BO4 Fondo	0,46	<0,10	0,162	<0,10	<0,51	2,0	<0,10	0,335	<0,10	1,4	<0,10	0,26	<0,10	0,341	4
BO5 sup	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,5	<0,10	0,289	<0,10	1,8	7,4	0,075	<0,10	0,253	<2,4
BO5 20 m	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,6	0,109	0,334	<0,10	1,6	<0,10	0,081	<0,10	0,482	<2,4
BO5 40 m	0,27	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,105	0,279	<0,10	2,00	<0,10	0,06	<0,10	0,402	<2,4
BO5 Fondo	0,85	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	2,0	<0,10	0,316	<0,10	1,5	<0,10	0,24	<0,10	0,462	<2,4
BO6 sup	0,35	<0,10	<0,10	0,78	<0,51	1,5	<0,10	0,234	<0,10	1,3	<0,10	0,068	<0,10	0,28	<2,4
BO6 20 m	0,28	<0,10	0,134	<0,10	<0,51	1,7	<0,10	0,354	<0,10	1,1	<0,10	0,049	<0,10	0,426	<2,4
BO6 40 m	0,24	<0,10	0,213	0,326	<0,51	1,6	0,191	0,27	<0,10	1,4	<0,10	0,13	<0,10	0,37	<2,4
BO6 Fondo	0,35	<0,10	0,103	<0,10	<0,51	1,7	<0,10	0,285	<0,10	1,9	0,33	0,18	<0,10	0,101	<2,4
BO7 sup	0,31	<0,10	0,106	<0,10	<0,51	1,7	<0,10	0,246	<0,10	1,7	43	0,077	<0,10	0,179	3,1
BO7 20 m	0,18	<0,10	<0,10	0,681	<0,51	1,7	0,133	0,31	<0,10	1,5	<0,10	0,088	<0,10	0,88	<2,4
BO7 40 m	0,18	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,6	0,173	0,235	<0,10	1,4	1,3	0,041	<0,10	0,9	<2,4
BO7 Fondo	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,161	0,289	<0,10	1,6	4,8	0,2	<0,10	0,421	<2,4
BO8 sup	0,22	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	<0,10	0,267	<0,10	2,00	1,4	0,1	<0,10	0,151	3
BO8 20 m	0,2	<0,10	0,127	<0,10	<0,51	1,6	<0,10	0,289	<0,10	1,4	3,5	0,081	<0,10	0,37	<2,4
BO8 40 m	0,24	<0,10	<0,10	<0,10	1,4	1,6	0,281	0,265	<0,10	1,6	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<2,4
BO8 Fondo	0,17	<0,10	0,118	<0,10	<0,51	1,6	<0,10	0,314	<0,10	1,8	4,5	0,26	<0,10	0,143	<2,4

Tab. 3- VIV - Continua.

Stazione	Indio (In)					Silicio				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
BO1 sup	<0,10	0,4	<0,10	<0,10	0,12	0,12	<0,10	0,14	0,094	<0,021
BO1 20 m	<0,10	0,347	<0,10	<0,10	0,19	0,13	<0,10	0,09	0,079	0,041
BO1 40 m	1,4	0,273	<0,10	<0,10	0,15	0,14	<0,10	0,16	0,13	0,045
BO1 Fondo	<0,10	0,323	<0,10	<0,10	0,14	0,12	<0,10	0,33	0,27	0,092
BO2 sup	<0,10	0,406	<0,10	<0,10	0,3	0,15	<0,10	0,096	0,028	0,047
BO2 20 m	2,0	0,408	<0,10	<0,10	0,12	0,13	<0,10	0,06	0,062	0,024
BO2 40 m	7,3	0,256	<0,10	<0,10	0,15	0,13	<0,10	0,11	0,12	<0,021
BO2 Fondo	0,47	0,283	<0,10	<0,10	0,13	0,15	0,436	0,3	0,27	0,064
BO3 sup	30,0	0,271	<0,10	<0,10	0,22	0,12	<0,10	0,1	0,054	<0,50
BO3 20 m	<0,10	0,288	<0,10	<0,10	0,18	0,13	1,38	0,083	0,058	<0,50
BO3 40 m	2,5	0,288	<0,10	<0,10	0,1	0,15	<0,10	0,094	0,096	<0,50
BO3 Fondo	<0,10	0,349	<0,10	<0,10	0,08	0,14	<0,10	0,35	0,31	<0,50
BO4 sup	<0,10	0,252	<0,10	<0,10	0,11	0,13	<0,10	0,12	0,045	<0,50
BO4 20 m	<0,10	0,256	<0,10	<0,10	0,15	0,13	0,92	0,13	0,045	<0,50
BO4 40 m	<0,10	0,169	<0,10	<0,10	0,11	0,13	<0,10	0,058	0,15	<0,50
BO4 Fondo	<0,10	0,227	<0,10	<0,10	0,13	0,11	<0,10	0,28	0,29	<0,50
BO5 sup	0,69	0,156	<0,10	<0,10	0,1	0,13	<0,10	0,11	0,17	0,35
BO5 20 m	<0,10	0,173	<0,10	<0,10	0,18	0,044	<0,10	0,062	0,22	0,24
BO5 40 m	3,5	1,17	<0,10	<0,10	0,08	0,054	<0,10	0,14	0,18	0,24
BO5 Fondo	3,4	0,177	<0,10	<0,10	0,14	0,069	<0,10	0,32	0,39	0,23
BO6 sup	0,35	0,184	<0,10	<0,10	0,09	0,074	<0,10	0,11	0,09	0,14
BO6 20 m	2,4	0,186	<0,10	<0,10	0,13	0,05	<0,10	0,077	0,13	0,13
BO6 40 m	0,37	0,23	<0,10	<0,10	0,18	0,073	<0,10	0,11	0,15	0,11
BO6 Fondo	2,0	0,217	<0,10	<0,10	0,18	0,068	<0,10	0,27	0,29	0,18
BO7 sup	5,2	0,419	<0,10	<0,10	0,18	0,11	<0,10	0,11	0,18	<0,021
BO7 20 m	0,43	0,154	<0,10	<0,10	0,19	0,15	<0,10	0,1	0,062	<0,021
BO7 40 m	1,3	0,145	<0,10	<0,10	0,14	0,14	<0,10	0,075	0,12	<0,021
BO7 Fondo	4,4	0,173	<0,10	<0,10	0,22	0,15	<0,10	0,29	0,26	<0,021
BO8 sup	7,3	0,316	<0,10	<0,10	0,1	0,13	<0,10	0,11	0,1	<0,021
BO8 20 m	3,0	0,315	<0,10	<0,10	0,15	0,13	<0,10	0,13	0,32	0,024
BO8 40 m	0,12	0,374	<0,10	<0,10	0,14	0,15	0,122	0,1	0,14	0,06
BO8 Fondo	4,9	0,353	<0,10	<0,10	0,11	0,14	<0,10	0,29	0,09	0,088

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Bonaccia NW durante le campagne di monitoraggio condotte nel 2022 a marzo (ENI152022), maggio (ENI162022), luglio (ENI172022), novembre (ENI182022) e dicembre (ENI192022). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi agli anni 2020 e 2021 e per la caratterizzazione fisica della colonna d'acqua dal 2019.

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Dall'analisi della distribuzione verticale nel tempo si distingue il caratteristico ciclo di variazione annuale della temperatura (fig. 3.36).

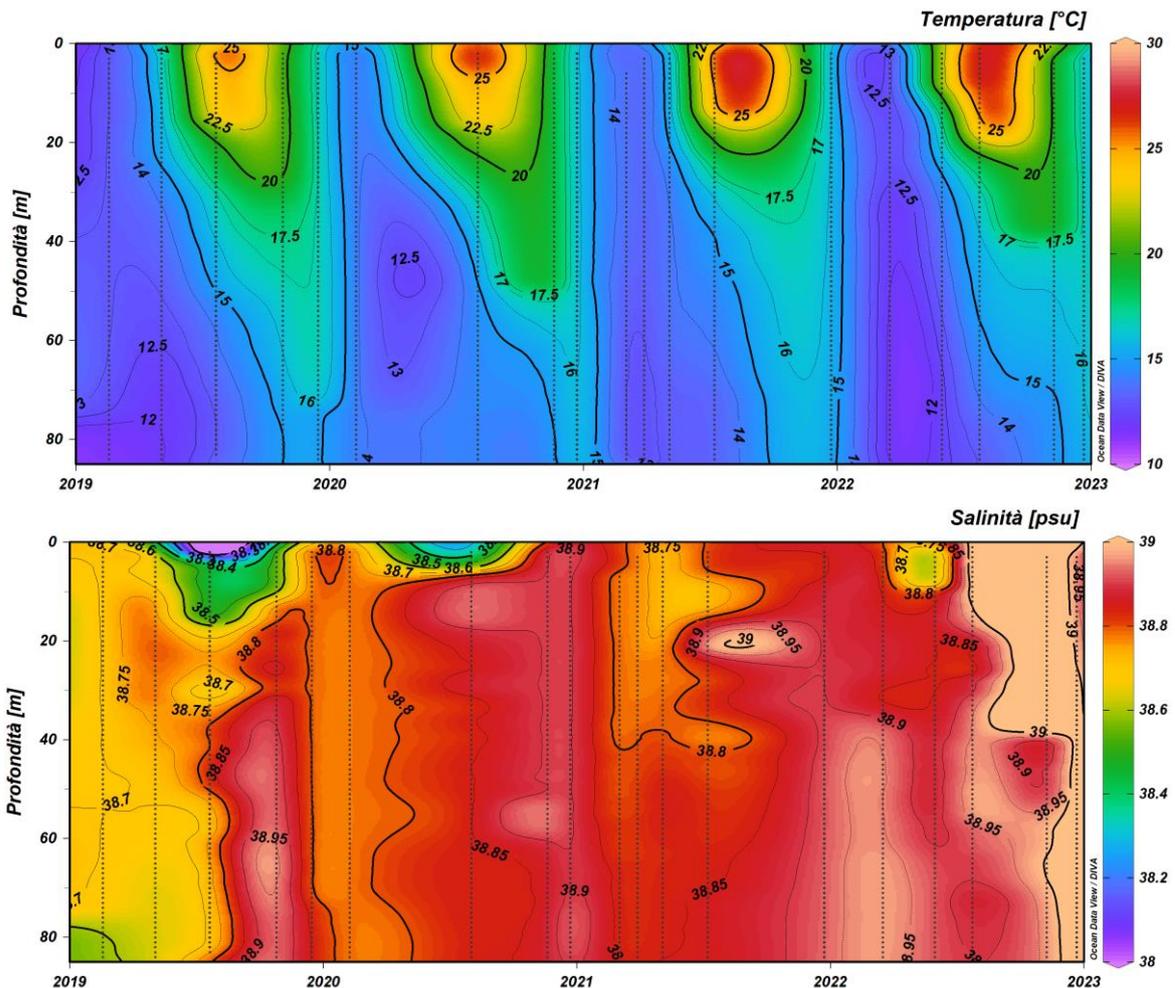


Fig. 3.36 - Andamento annuale della temperatura (°C) e della salinità (psu) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio 2019 a dicembre 2022).



In particolare, il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione verticale omogenea con valori minimi nel mese di marzo 2022 (media $12,19 \pm 0,45^\circ\text{C}$). Dai dati di maggio è visibile un principio di stratificazione, ben rappresentata nel campionamento di luglio dal forte gradiente verticale di temperatura, con i valori massimi registrati nello strato superficiale ($>27^\circ\text{C}$). A novembre è possibile apprezzare l'inizio del processo di rimescolamento della colonna d'acqua, che precede il ritorno ad una distribuzione omogenea tipicamente invernale, nel mese di dicembre (media $16,40 \pm 0,42^\circ\text{C}$). Dal confronto dei dati sull'intero periodo 2019-2022 si riscontra un aumento, generalizzato per il 2022 dei valori medi di temperatura nei primi 20m di profondità rispetto agli anni precedenti ($\Delta t > 0,9^\circ\text{C}$). La distribuzione verticale di salinità (fig. 3.36) nel 2022 risulta piuttosto omogenea su tutta la colonna d'acqua durante il campionamento di marzo (media $38,92 \pm 0,06$ psu) e di maggio (media $38,87 \pm 0,09$ psu), che ha fatto registrare valori più bassi nei primi 10m di profondità. A luglio si registrano valori massimi di salinità (>39 psu) in superficie e a quote intermedie e valori di poco più bassi nel resto della colonna d'acqua. Valori medi massimi ed alquanto omogenei sono stati rilevati ovunque nel mese di novembre (media $39,02 \pm 0,08$ psu) e dicembre (media $39,02 \pm 0,04$ psu).

Anche per la salinità è possibile riscontrare un aumento generalizzato dei valori medi per il 2022 rispetto ai campionamenti effettuati negli anni precedenti ($\Delta S > 0,2$ psu).

La concentrazione di materiale sospeso per il 2022 (fig. 3.37) ha mostrato valori uniformi ($> 0,7 \text{ mg L}^{-1}$) su tutta la colonna d'acqua nei mesi di marzo e maggio, mentre nella restante parte dell'anno è stata caratterizzata da valori omogenei piuttosto bassi ovunque ($< 0,5 \text{ mg L}^{-1}$). I valori massimi ($> 1,5 \text{ mg L}^{-1}$) sono stati registrati alle quote di fondo a maggio e più in generale, valori più elevati di torbidità sono stati rilevati al fondo ovunque e in tutti i campionamenti.

L'ossigeno disciolto (fig. 3.37) ha fatto registrare valori alla saturazione uniformi su tutta la colonna d'acqua a marzo (media $100,3 \pm 1,0\%$), in progressivo aumento alle quote intermedie a maggio fino ai valori massimi ($>120\%$) registrati ovunque intorno a 25m di profondità a luglio; a novembre è stato rilevato un graduale ritorno ad una distribuzione omogenea nei primi 40m di profondità, estesa a tutta la colonna d'acqua e con valori $<100\%$ a dicembre. I valori minimi sono stati rilevati in uno strato al fondo a novembre (media $86,3 \pm 1,1\%$).

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in

situ (fig. 3.37), ha mostrato valori piuttosto bassi ed uniformi a marzo (media $0,4 \pm 0,1 \mu\text{g L}^{-1}$), valori massimi tra 40m e 60m di profondità a maggio (massimo $1,7 \mu\text{g L}^{-1}$, stazione BO8), mentre a luglio sono stati registrati valori quasi nulli fino a quote intermedie e massimi al fondo ($>1 \mu\text{g L}^{-1}$); a novembre la distribuzione è risultata generalmente a valori bassi ed uniformi, con un picco registrato a quote intermedie (massimo $1,6 \mu\text{g L}^{-1}$, stazione BO5) e a dicembre è risultata uniforme e con valori $<0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ in tutta la colonna d'acqua.

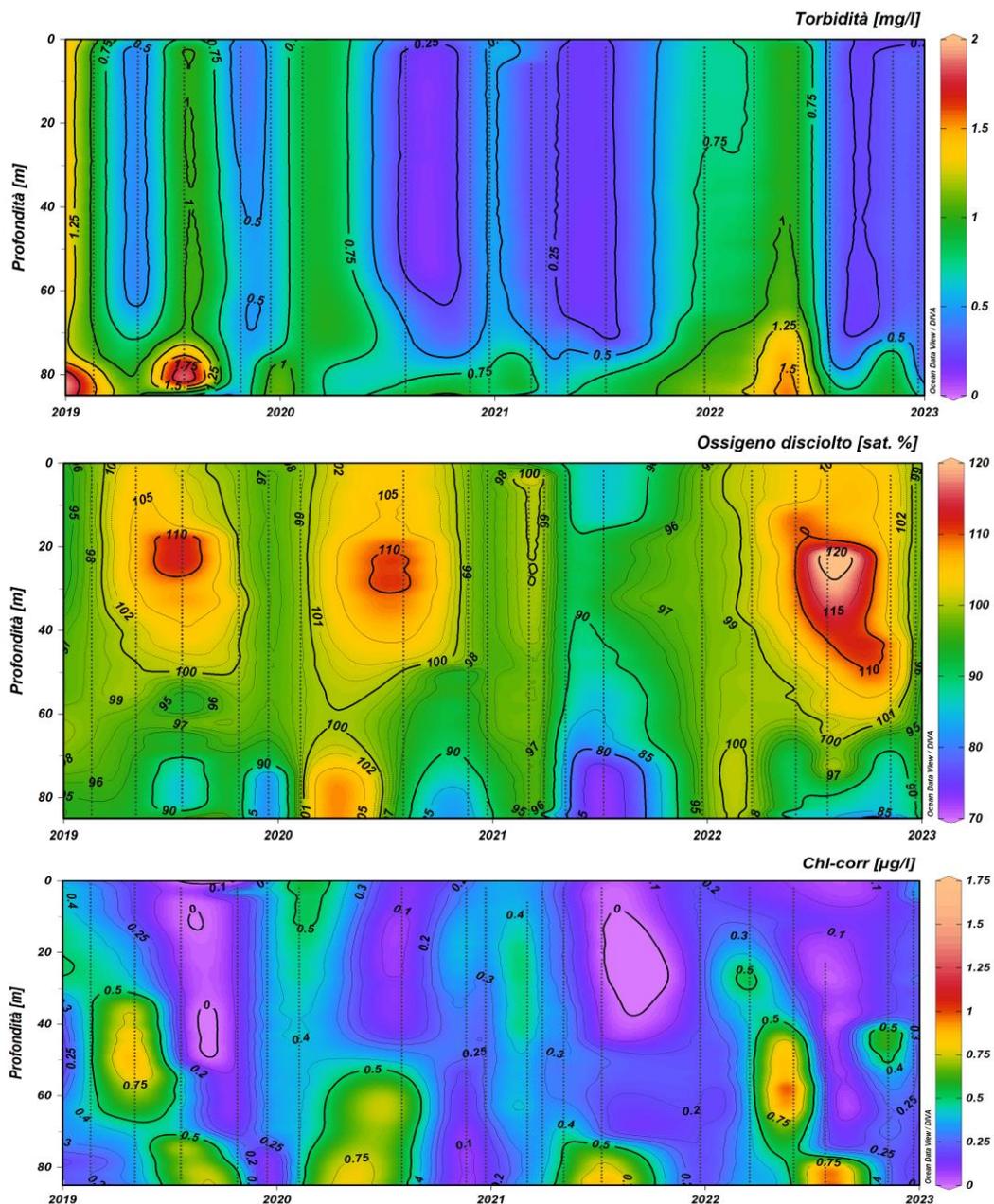


Fig. 3.37 - Andamento della torbidità (in mg L^{-1}), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come $\mu\text{g L}^{-1}$ di clorofilla) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio 2019 a dicembre 2022).



La concentrazione media di clorofilla *a* è risultata più elevata in primavera e più contenuta in inverno. La concentrazione massima di clorofilla *a* ($731,2 \text{ ng L}^{-1}$) è stata misurata alla profondità di 40 m nel mese di novembre (stazione BO5). Nel mese di marzo è stata invece rilevata la concentrazione media più elevata ($268,7 \pm 35,4 \text{ ng L}^{-1}$). Valori medi più bassi ($< 131 \text{ ng L}^{-1}$) sono stati riscontrati in luglio e dicembre, mentre maggio e novembre sono stati caratterizzati da concentrazioni medie comparabili (rispettivamente $185,1 \pm 98,3$ e $192,9 \pm 122,0 \text{ ng L}^{-1}$) più elevate rispetto ad agosto. Rispetto agli anni precedenti le concentrazioni medie sono risultate comparabili, sebbene nel mese di luglio siano risultate moderatamente più elevate rispetto allo stesso periodo del 2020.

Per la clorofilla *b* la concentrazione media più elevata ($22,4 \pm 9,3 \text{ ng L}^{-1}$) è stata rilevata a novembre, mentre i valori medi più contenuti ($< 13 \text{ ng L}^{-1}$) hanno caratterizzato i campionamenti di dicembre. Il valore massimo è stato misurato a luglio al fondo nella stazione BO6 ($81,9 \text{ ng L}^{-1}$). Le concentrazioni medie di clorofilla *b* sono risultate più elevate rispetto a quelle osservate nel 2020 e 2021 sia in estate che in autunno, mentre in primavera sono stati rilevati valori mediamente più elevati.

La clorofilla *c* ha presentato un andamento paragonabile a quello osservato per la clorofilla *a*. La concentrazione media più elevata è stata misurata in marzo e maggio ($\sim 67 \text{ ng L}^{-1}$), valori medi più bassi ($< 33 \text{ ng L}^{-1}$) sono stati osservati in dicembre, mentre luglio e novembre sono stati caratterizzati da concentrazioni medie comparabili ($\sim 55 \text{ ng L}^{-1}$). Il massimo ($234,8 \text{ ng L}^{-1}$) è stato osservato a 40 m nella stazione BO5 a novembre.

Anche le concentrazioni medie di clorofilla *c* sono risultate comparabili all'anno precedente, sebbene nel mese di luglio siano risultate moderatamente più elevate rispetto allo stesso periodo del 2020. Come già osservato negli anni precedenti, nei mesi estivi i valori massimi sono stati riscontrati al fondo in tutte le stazioni della piattaforma, valori confermati dai profili di fluorescenza.

La concentrazione massima di nitriti ($0,47 \mu\text{M}$) è stata osservata a maggio al fondo (stazione BO6), mentre le concentrazioni medie più elevate ($\sim 0,20 \mu\text{M}$) sono state osservate a marzo. Concentrazioni medie più contenute hanno caratterizzato gli altri mesi ($< 0,11 \mu\text{M}$). Il mese di novembre è stato caratterizzato dalla massima concentrazione media di nitrati ($0,53 \pm 0,90 \mu\text{M}$), mentre la concentrazione media più contenuta ha caratterizzato i mesi di marzo e luglio ($\sim 0,28 \mu\text{M}$). Per l'ammonio e i fosfati le concentrazioni medie sono risultate contenute e



comparabili in tutti i mesi investigati. Il contenuto medio di silicati è risultato più elevato nel mese di marzo e novembre ($\sim 1,80 \mu\text{M}$) periodo nel quale i massimi sono stati osservati al fondo, mentre la concentrazione media più contenuta ($1,27 \pm 0,39 \mu\text{M}$) ha caratterizzato il mese di dicembre.

Rispetto al secondo semestre del 2020- 2021 per quanto riguarda i nitriti sono state misurate concentrazioni comparabili al 2020 ma inferiori alle medie del 2021; i nitrati sono risultati moderatamente più elevati del 2021 ma più contenuti rispetto al 2020. L'ammonio e i silicati sono risultati lievemente inferiori ai dati 2020-2021, mentre i fosfati, sebbene siano risultati inferiori al 2021 sono paragonabili al 2020.

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici

Le concentrazioni degli **Idrocarburi Totali** (Fig. 3.38), in tutto l'anno 2022, sono risultate sempre inferiori al limite di rilevabilità. Nel biennio di campionamento 2020- 2021 la concentrazione massima è stata rilevata ad agosto 2020 dalla seconda metà dello stesso anno fino alla fine del 2021 le concentrazioni sono notevolmente diminuite fino alla completa scomparsa nell'anno 2022.

Gli **Idrocarburi Alifatici** hanno mostrato un andamento simile a quello degli IT. Le concentrazioni medie degli IA sembrano diminuire tra il 2020 ed il 2021 fino a scomparire completamente nel 2022. Nel 2020 la concentrazione media più elevata ($101 \pm 51 \mu\text{g L}^{-1}$) è stata registrata nel mese di agosto in prossimità della piattaforma, mentre nel 2021 le concentrazioni medie sono apparse confrontabili tra di esse, sebbene a maggio questi composti non siano stati rilevati a 100 m dalla piattaforma.

Per quanto riguarda gli **Idrocarburi Policiclici Aromatici**, le concentrazioni medie registrate nel triennio di campionamento sono risultate molto basse e prossime al limite di rilevabilità. I valori medi calcolati a fine 2022 e l'assenza di questi composti a dicembre (solo un campione rilevabile), suggeriscono una diminuzione delle concentrazioni durante il triennio di monitoraggio.

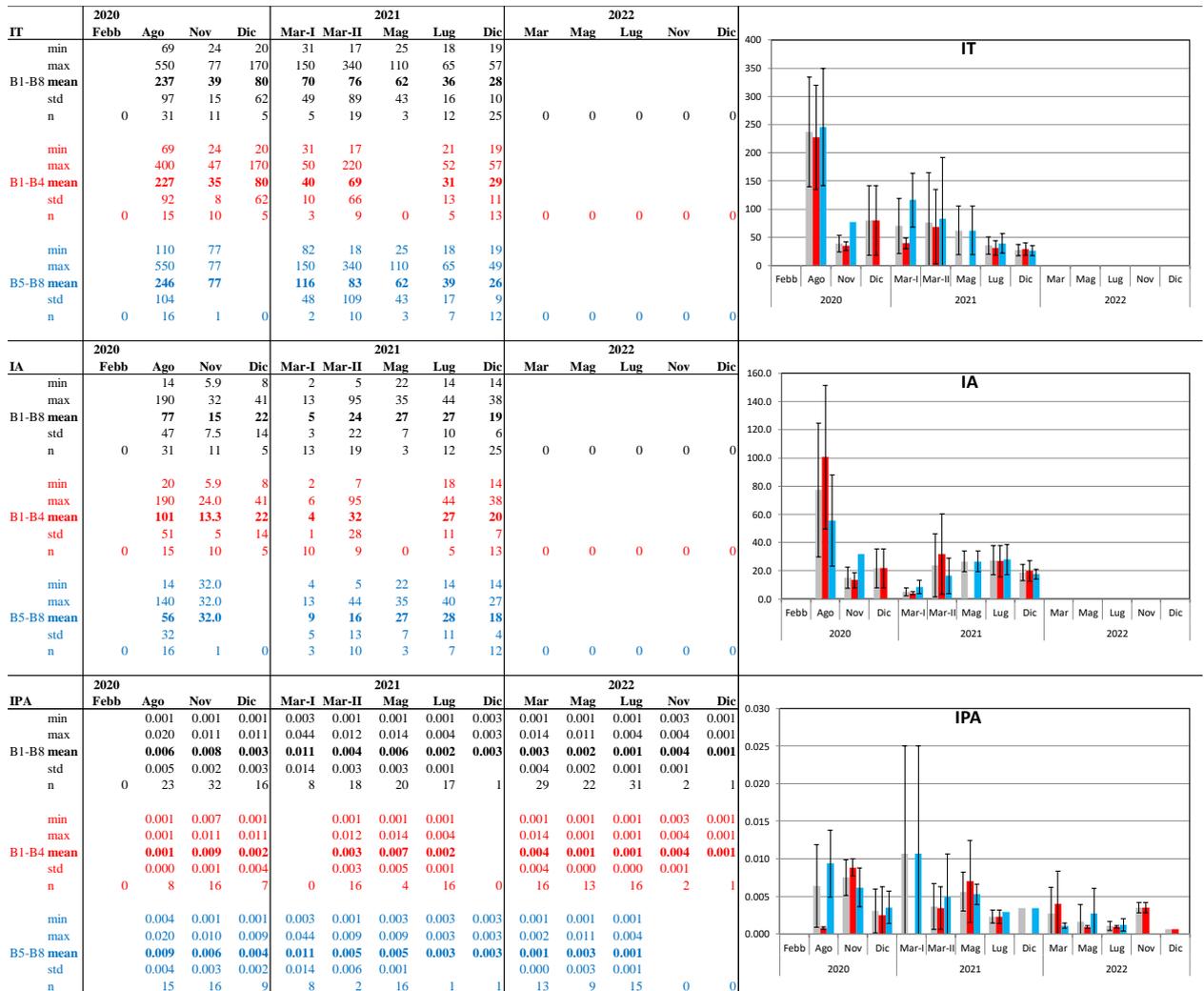


Fig. 3.38 – Andamento degli IT, IA e IPA relativo al 2022 e confronto con gli anni 2020 e 2021. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo, massimo, media, deviazione standard ed il numero di campioni in cui gli IT, IA e IPA sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1 - BO8, in nero, in grigio nel grafico) nelle stazioni poste a 100 m dalla piattaforma (BO1 - BO4, in rosso nelle tabelle e nei grafici) e nelle stazioni di controllo poste a 2000 m dalla piattaforma (BO5 - BO8 in azzurro nelle tabelle e nei grafici). Tutte le misure sono espresse in $\mu\text{g L}^{-1}$.



Solventi organici aromatici (BTEX)

Per i **BTEX** (fig. 3.39) in generale nel triennio 2020-2022 non si riscontra un andamento annuale comune, inoltre le concentrazioni non presentano una distribuzione geografica differenziabile.

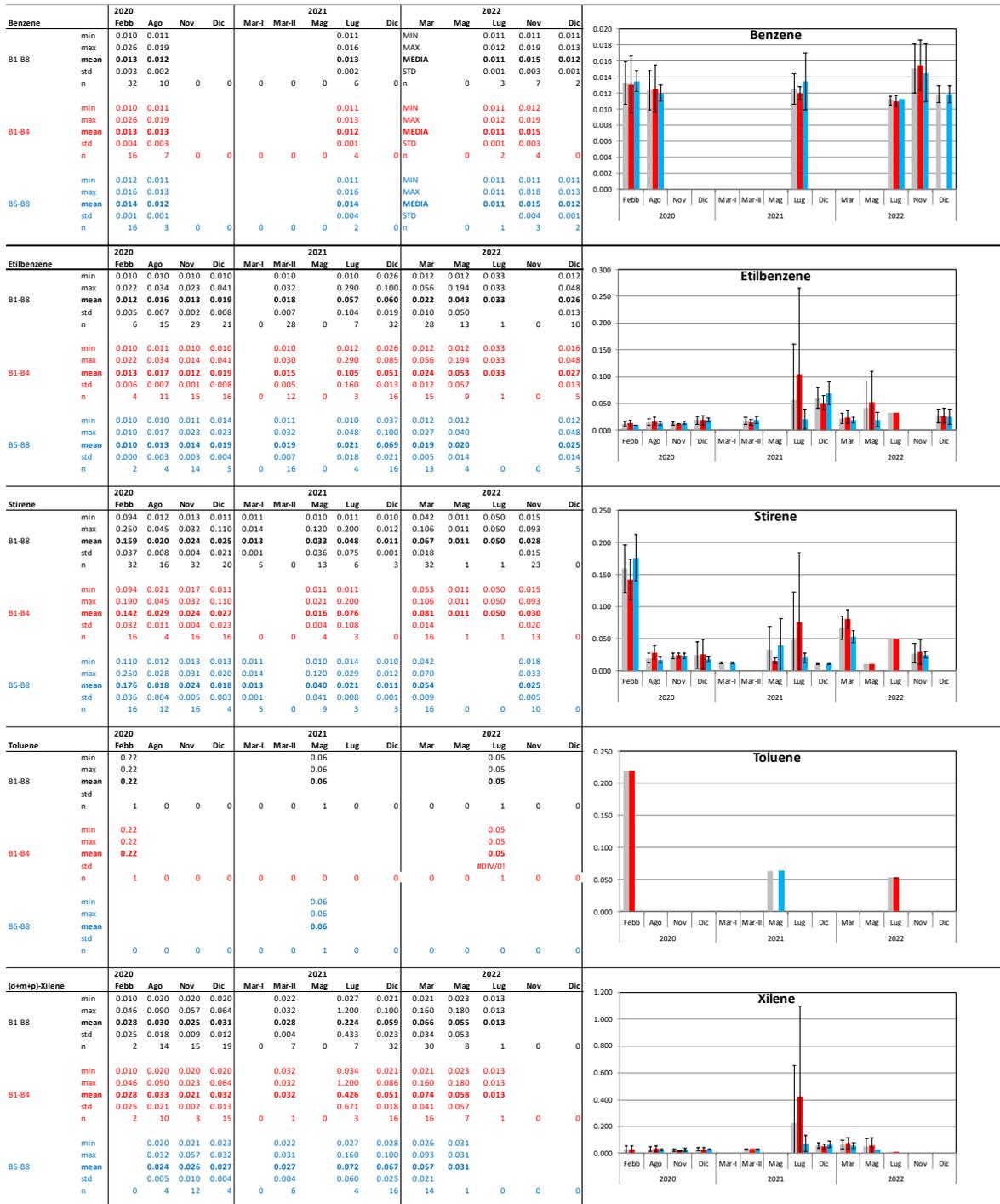
Benzene – Nel 2022 il benzene è stato quantificato solo in 12 campioni e ha registrato valori medi pressoché costanti e comparabili con i dati rilevati nel biennio precedente (range 0.011 - 0.015 $\mu\text{g L}^{-1}$).

La presenza dell'**etilbenzene** non ha mostrato un chiaro andamento nel corso del triennio 2020-2022. Le concentrazioni medie annue sono sensibilmente aumentate nel secondo semestre del 2021, mentre da marzo 2022 si è osservata una generale riduzione nella presenza di etilbenzene nei campioni analizzati.

Le concentrazioni di **stirene** rilevate durante il 2022 sono risultate basse e non differenziabili temporalmente. Il numero dei campioni nei quali è stato rilevato è notevolmente inferiore al totale dei campioni prelevati. Negli anni 2022-2021 le concentrazioni medie dello stirene sono risultate più contenute, rispetto ai massimi osservati a febbraio 2020, e comunque non differenziabili temporalmente né geograficamente. Il numero dei campioni nei quali è stato rilevato è sempre inferiore rispetto al totale dei campioni prelevati e all'anno 2020 in cui è stato quantificato nel 79% dei campioni analizzati.

Il **toluene** nel 2022 è stato rilevato solo in un campione, analogamente a tutto il triennio considerato.

Infine, le concentrazioni dello **xilene** relative al 2022 hanno indicato una diminuzione sia nel numero di campioni in cui è stato quantificato che nelle concentrazioni fino alla totale scomparsa nel 2° semestre. È stata osservata una maggiore presenza a fine 2021 e inizio 2022 in termini di numero di campioni rilevabili ma non in termini di contenuti, sempre molto modesti. In generale, i livelli di xilene si sono mantenuti bassi e costanti in tutto il triennio 2020-2022, spesso con pochi valori rilevabili rispetto al totale.





Glicole Etilenico

Nel triennio 2020-2022 il **glicole etilenico** non è stato rilevato

Metalli Pesanti

Come già specificato altrove, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (BO1-BO4 e BO5-BO8) e tra i risultati delle varie campagne durante il 2022 non sono pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre indicanti le deviazioni standard (fig. 3.40). Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale durante il 2022 e più in generale durante il triennio 2020 – 2022.

Alluminio – Nell'intero triennio di monitoraggio l'alluminio ha presentato un'ampia variabilità dei valori e isolati picchi di concentrazione hanno caratterizzato sia campioni appartenenti al gruppo di stazioni vicine alla piattaforma sia campioni provenienti dai controlli. A dicembre 2021 è stato registrato il massimo assoluto dell'intero periodo monitoraggio ($62 \mu\text{g L}^{-1}$). Considerando questo dato "fuori range" e pertanto escludendolo, l'intero triennio è stato caratterizzato da un repentino aumento di concentrazione alla fine dell'anno 2020 seguito da una diminuzione nelle concentrazioni medie che è rimasta costante durante tutto il 2021 e un'ulteriore diminuzione dei valori medi nell'ultimo anno fino ad una quasi totale scomparsa di alluminio nel secondo semestre 2022.

Arsenico – Per l'arsenico sono stati riscontrati livelli geograficamente omogenei con valori medi comparabili tra le stazioni prossime alla piattaforma e le stazioni di controllo. Nel 2022 sono stati registrati i massimi medi annuali a marzo e a dicembre ($1,75$ e $2,61 \mu\text{g L}^{-1}$), durante il resto dell'anno le concentrazioni sono tornate a valori tipici del biennio precedente, attorno a $0,15$ - $0,25 \mu\text{g L}^{-1}$. In generale non si osserva alcun gradiente di concentrazione in funzione della profondità o della distanza dalla piattaforma.

Bario – I valori di bario sono risultati geograficamente omogenei senza differenziazioni significative tra i due gruppi di stazioni. Analogamente all'arsenico i massimi medi annuali sono stati registrati a marzo e a dicembre 2022 con massimo assoluto rilevato a marzo ($8,70 \mu\text{g L}^{-1}$) mentre, durante il resto dell'anno le concentrazioni si sono riportate ai valori bassi e costanti simili a quelle del biennio precedente.



Cadmio – La presenza di cadmio nel 2022 è stata sporadica, così come durante il triennio: rilevato solo in 3 campioni nel 2022, in 8 campioni totali nel 2021 e non rilevato affatto nel 2020.

Cromo – Analogamente al cadmio, anche la presenza del cromo nel 2022 è stata piuttosto sporadica e solo pochi valori di cromo, sono risultati superiori al limite di rilevabilità. Così come negli anni precedenti. L'unico valore misurato a dicembre 2020 ($8,50 \mu\text{g L}^{-1}$) deve essere considerato uno spike; pertanto, è stato escluso dal grafico di fig.3.40 in quanto compiutamente fuori scala.

Ferro – Nel 2022 il ferro è stato rilevato solo sporadicamente e con valori piuttosto costanti ad eccezione del mese di dicembre dove è stato registrato il massimo assoluto che probabilmente è uno spike. Nel 2021 i livelli sono stati piuttosto costanti ad eccezione del mese di luglio quando è avvenuto un aumento sensibile delle concentrazioni. Considerando l'ampia dispersione dei dati e senza considerare i valori massimi rilevati a dicembre 2020 e 2022 (79 e $80 \mu\text{g L}^{-1}$ rispettivamente) si può concludere che nel triennio l'andamento è stato piuttosto costante.

Mercurio – Nel 2022 il mercurio è stato rilevato solo a marzo e dicembre, quando la media è stata simile a quanto osservato in agosto 2020. In generale il triennio è stato caratterizzato da un andamento irregolare della presenza di questo metallo.

Nichel – I livelli medi di questo metallo si sono mantenuti bassi in tutto il 2022. Anche nel biennio precedente le concentrazioni sono state modeste con qualche rara eccezione, e spesso hanno superato la soglia di rilevabilità solo pochi valori.

Piombo – Nonostante sia stato rilevato solo a marzo, maggio e dicembre, i valori medi rilevati nel 2022 sono notevolmente superiori agli anni precedenti. Infatti nel 2022, le medie globali si sono attestate nel range $0,202 - 0,594 \mu\text{g L}^{-1}$ mentre nel biennio 2020-2021 le medie sono variate nel range di $0,05 - 0,16 \mu\text{g L}^{-1}$. In generale non sono state rilevate differenze significative nelle concentrazioni di piombo tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle di controllo.

Rame – Il rame è stato rilevato solo sporadicamente nel 2022, e quando quantificabile ha mostrato una certa omogeneità geografica, a parte il picco isolato di dicembre di $10,8 \mu\text{g L}^{-1}$ osservato nelle stazioni prossime alla piattaforma. Nel biennio precedente, solo a luglio 2021 il numero dei campioni rilevabili è stato totale, con una concentrazione media



comunque bassa. A parte il picco di marzo 2021 (7,40 $\mu\text{g/L}$), peraltro isolato, e l'unico valore di dicembre 2021 (1,10 $\mu\text{g/L}$), i valori medi sono risultati al di sotto dei 0,50 $\mu\text{g/L}$.

Vanadio – Come diversi altri metalli, anche il vanadio è rimasto pressoché basso e costante durante tutto triennio di monitoraggio ad eccezione dei mesi di marzo e dicembre 2022 in cui sono state registrati i valori medi più alti di tutto il periodo indagato (rispettivamente 1,77 e 1,69 $\mu\text{g L}^{-1}$). In generale il triennio (2020-2022) è stato caratterizzato da valori medi bassi (inferiori a 0,60 $\mu\text{g L}^{-1}$), costanti e distribuiti in modo estremamente omogeneo in tutto il periodo di osservazione

Zinco – Lo zinco, in tutto il triennio è stato caratterizzato da un andamento poco chiaro, con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale. C'è da evidenziare che nel 2022 questo metallo non è mai stato rilevato nel mese di luglio e che le concentrazioni nei mesi di maggio e novembre sono risultate molto basse e prossime al limite di rilevabilità.

Indio – Questo metallo è stato rilevato solo sporadicamente. Solo nel 2022 è stato rilevato su un maggior numero di campioni nei mesi di marzo, maggio e dicembre, con un picco isolato a marzo. Nel 2021 è stato quantificato solo in 6 campioni e nel 2020 in 2 soli campioni. In generale, vista la sporadicità dei campioni rilevabili, l'indio è stato scarsamente presente nel triennio 2020-2022.

Silicio – Nel 2022, escludendo il valore medio massimo riscontrato nel mese di maggio i valori medi totali di silicio sono risultati pressoché costanti in tutti i mesi campionati compresi tra 0,118 e 0,156 mg L^{-1} . Nel 2021 è stato evidenziato un trend negativo dopo il massimo misurato a marzo, relativo a un solo campione rilevabile. Da evidenziare che nel periodo agosto 2020 - marzo 2021 il silicio non è stato praticamente rilevato. In generale, nel triennio non si sono osservate differenze tra i due gruppi di stazioni.

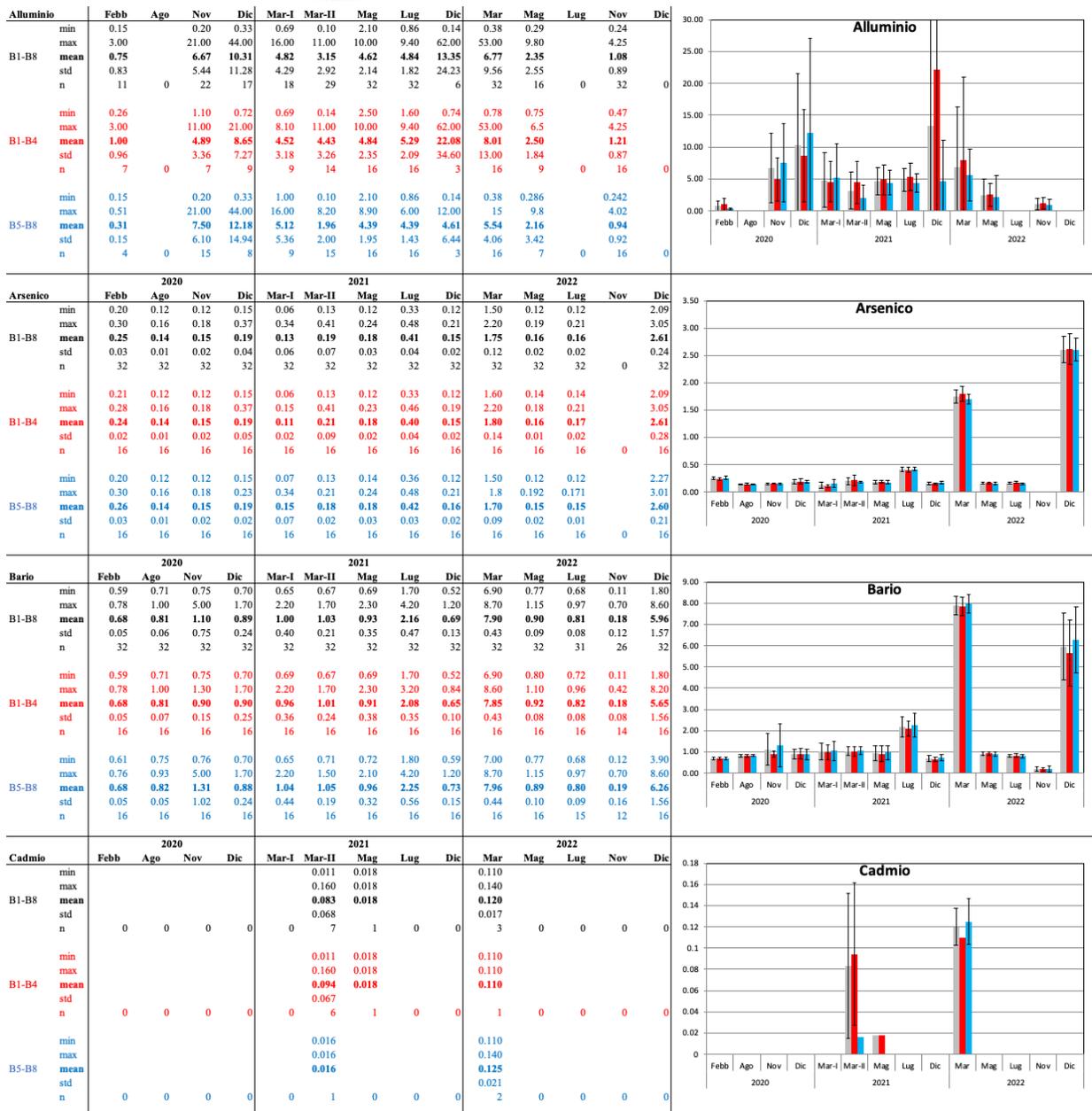


Fig. 3.40 - Andamento dei **metalli pesanti** nel 2022 e confronto con il 2020 e 2021. Nelle tabelle dei singoli metalli sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui il metallo è risultato rilevabile nell'intero areale (BO1-BO8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Bonaccia NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro). Tutte le misure sono espresse in $\mu\text{g L}^{-1}$ mentre per il silicio in mg L^{-1} .

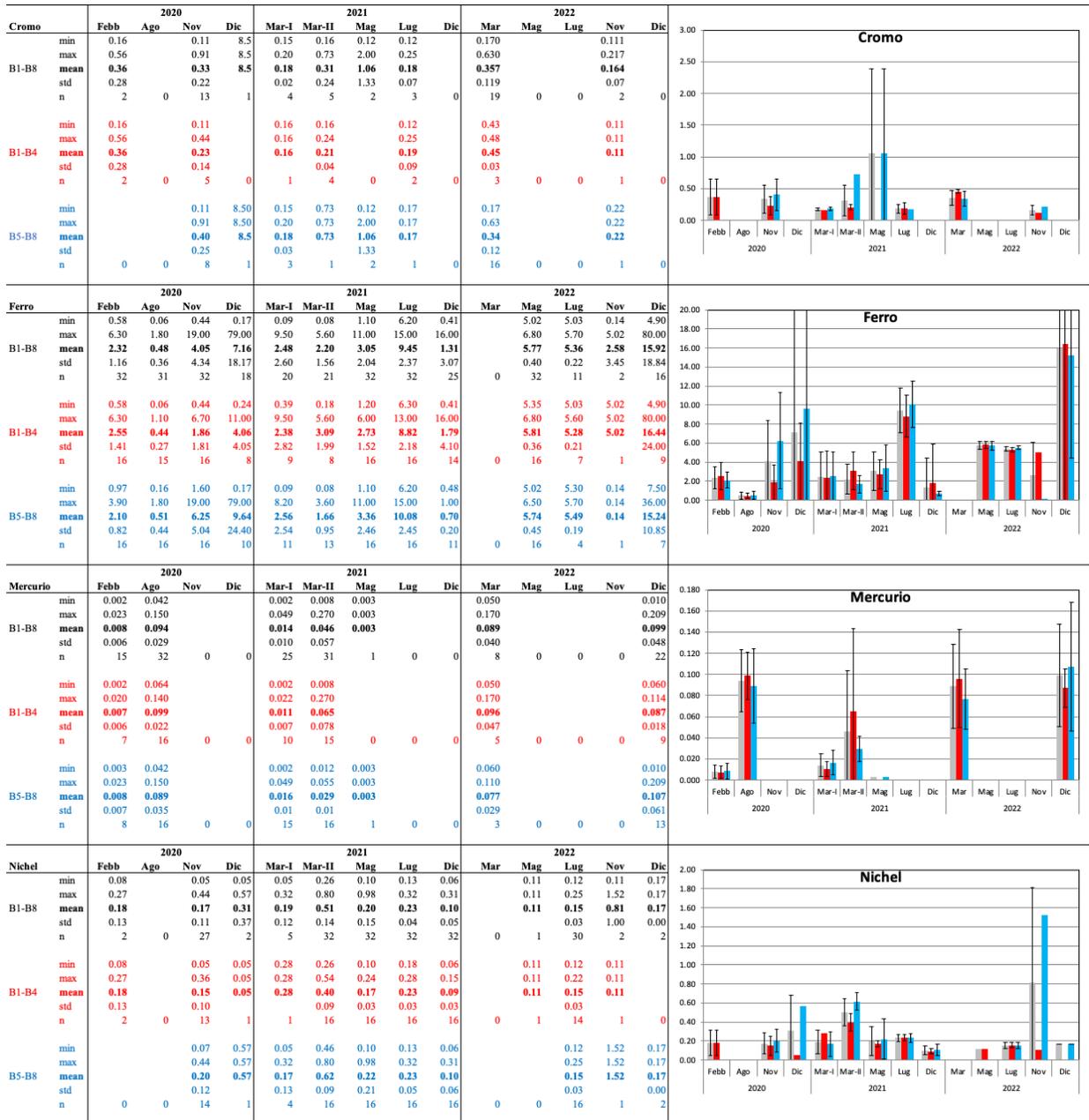


Fig. 3.40. Continua.

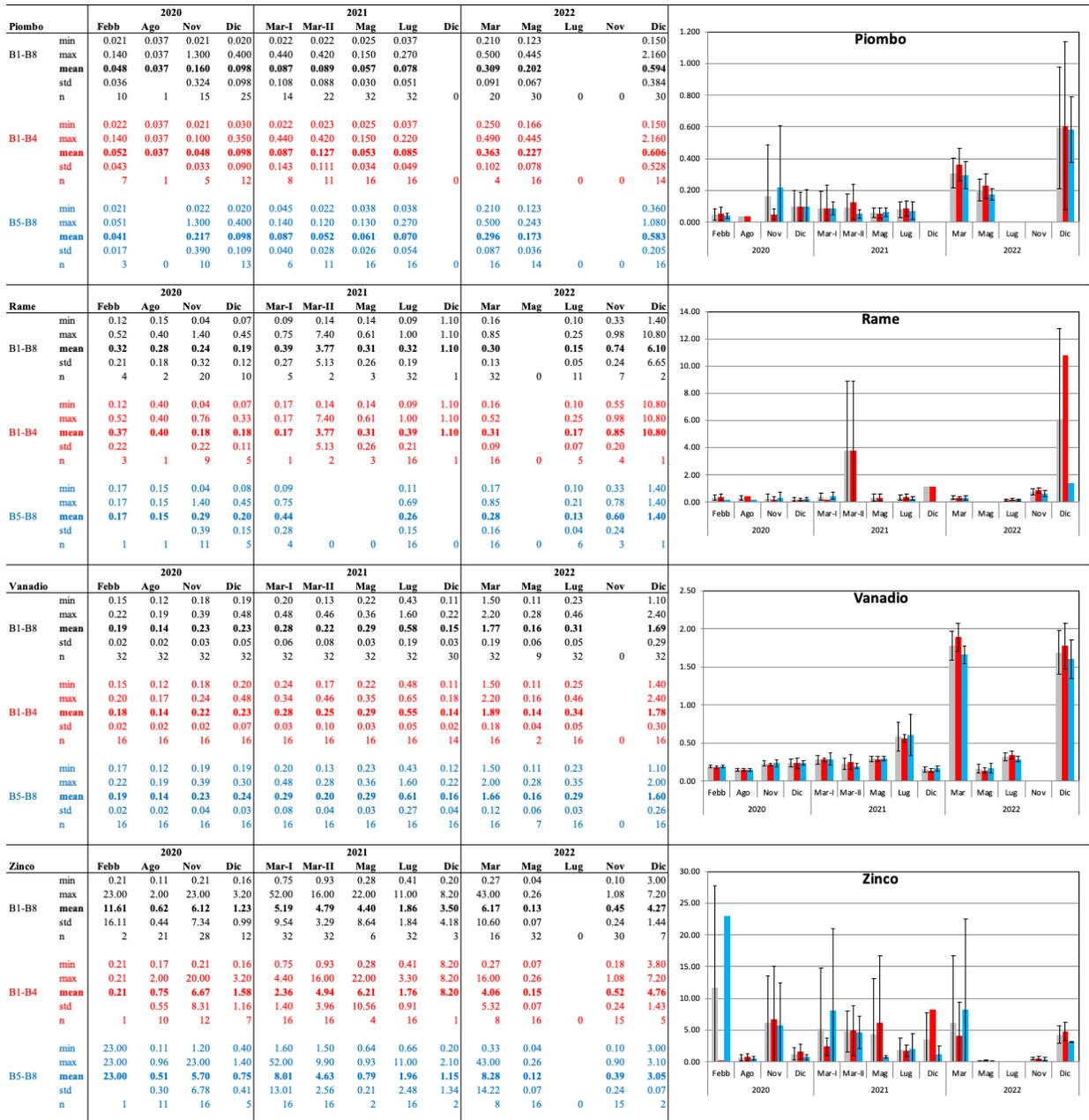


Fig. 3.40. Continua.

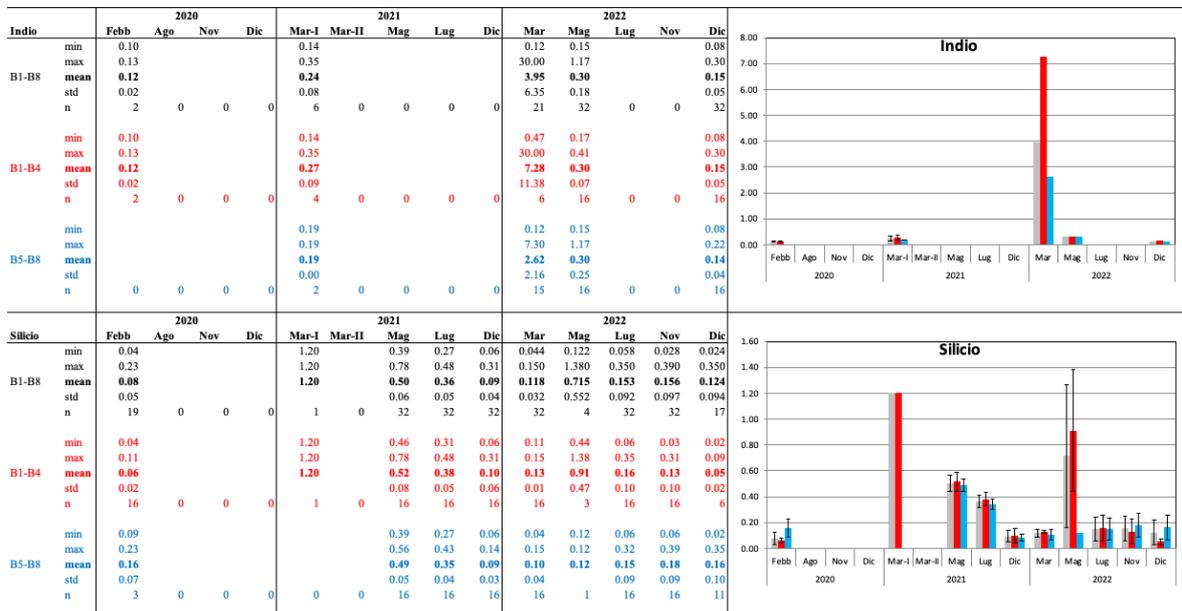


Fig. 3.40. Continua.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione (fig. 3.41) relativo alle registrazioni effettuate nel 2022 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione. Infatti, non si notano abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Le variazioni di pressione, sono dovute al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio, descritte in precedenza.

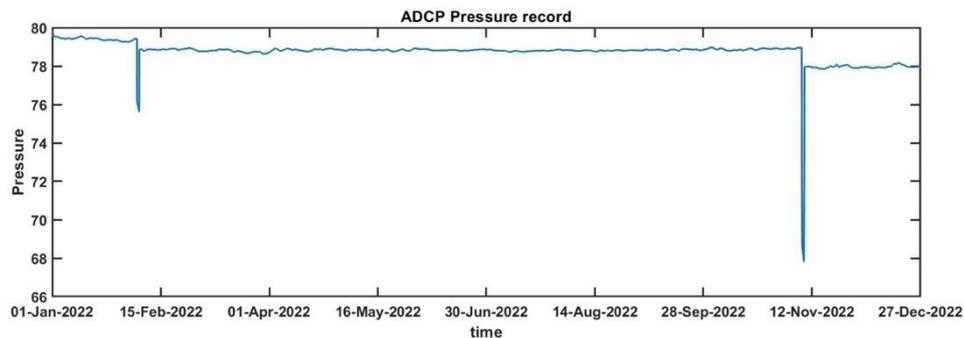


Figura 3.41 - Pressione misurata nel periodo gennaio - febbraio 2022 dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW.

I risultati delle misure correntometriche ottenuti nella finestra temporale gennaio-dicembre 2022 sono graficati nelle figure 3.42- 3.44.

Durante il periodo preso in esame la corrente è stata caratterizzata da una direzione prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud durante la prima parte dell'anno. A giugno la direzione della corrente è stata caratterizzata da una elevata variabilità. La velocità nel periodo preso in considerazione è risultata abbastanza costante, con valori inferiori a $0,1 \text{ m s}^{-1}$, ma da fine febbraio e fino alla metà di marzo vi sono state delle fasi di incremento fino a $0,15 \text{ m s}^{-1}$, mentre in ottobre e novembre sono stati registrati alcuni picchi fino ad arrivare a $0,25 \text{ m s}^{-1}$.

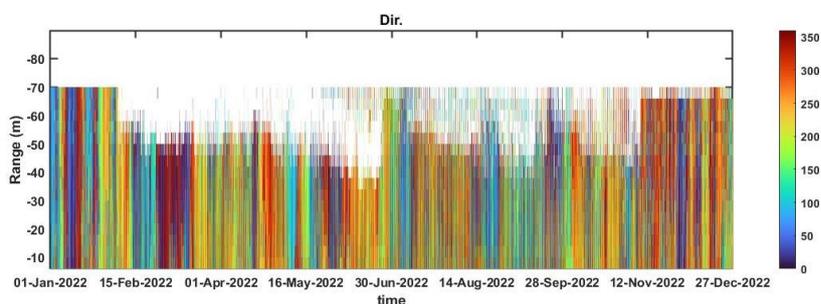


Figura 3.42 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - febbraio 2022

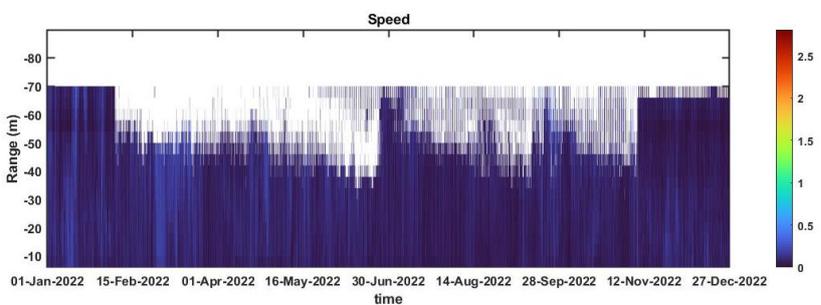


Figura 3.43 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - febbraio 2022.

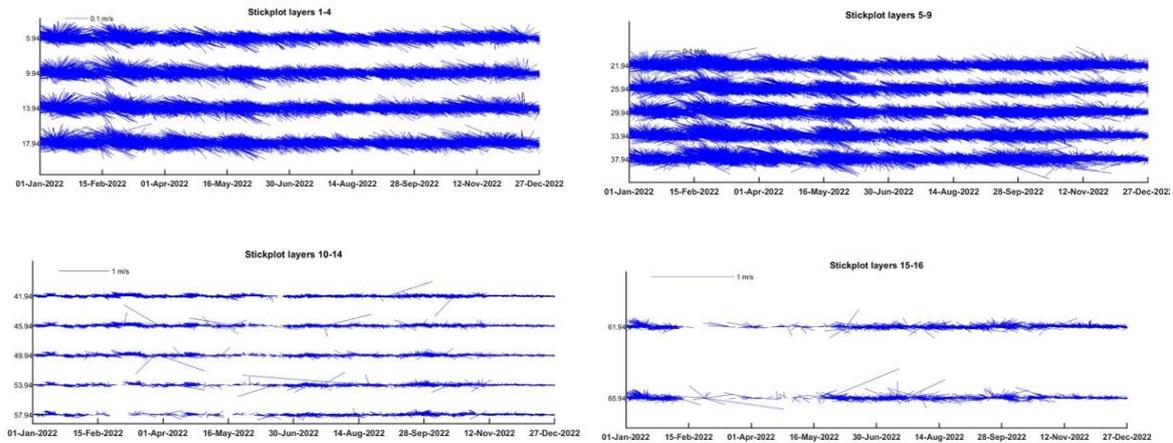


Figura 3.44 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d’acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - febbraio 2022.

L’andamento della temperatura rilevata dall’ADCP (fig. 3.45, 3.46) nel periodo preso in considerazione mostra una diminuzione nei periodi invernali (gennaio-marzo) passando dai 16°C fino ad arrivare intorno ai 12°C e stabilizzandosi intorno ai 13,5°C fino al mese di maggio. Da luglio è iniziato un lento e costante incremento dei valori, con il raggiungimento di 16°C circa a metà ottobre che, seppure con delle oscillazioni, si sono mantenuti sino a fine dicembre con punte di quasi 17°C, confermando quanto registrato dalla sonda durante la campagna oceanografica. I picchi che si notano a maggio, luglio e novembre sono dovuti al recupero del mooring per manutenzione.

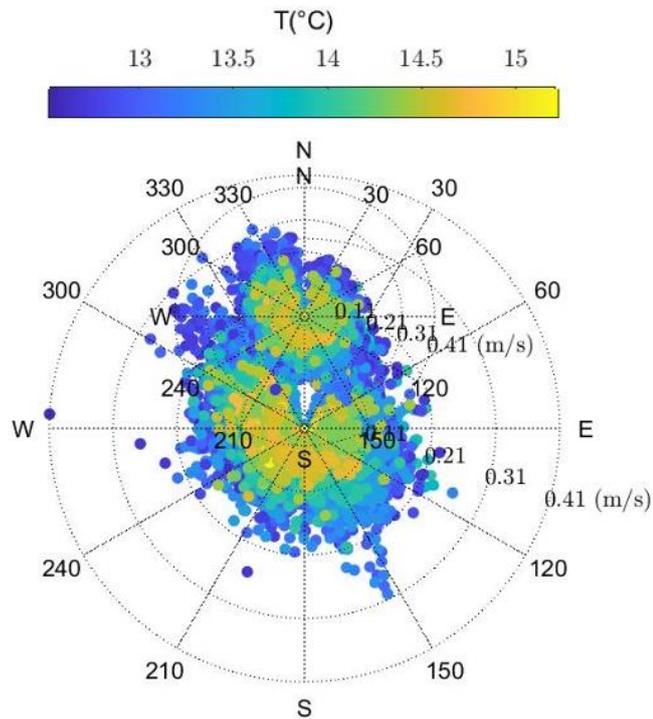


Figura 3.45- Scatter polare della temperatura rilevata con l'ADCP nel periodo da gennaio a dicembre 2022

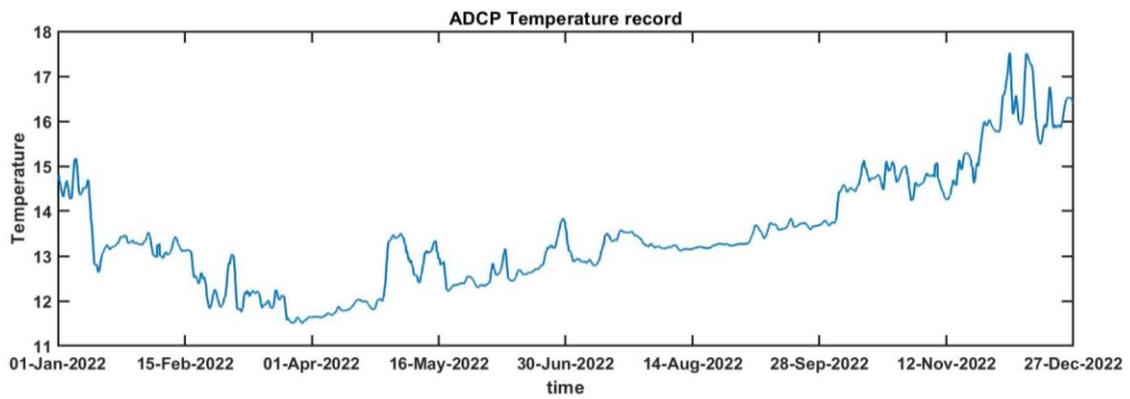


Figura 3.46- Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2022.



4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. Tale monitoraggio a partire dal 2022 è proseguito per opera del nuovo RTI costituito dal Mandatario OGS e dai Mandanti CNR-IRBIM di Ancona, SZN di Napoli, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara, CIBM di Livorno, UNIVPM di Ancona e Shelter di Milano.

Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell’ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-IRBIM dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra, Clara NW; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Franzo *et al.* 2022; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d’acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo e biomarker in policheti, quest’ultimo aspetto a partire dal 2019), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarker in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione qualitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico il rilevamento di cetacei e rettili marini.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:



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

Nel dicembre 2020 è terminato il monitoraggio relativo alla fase di esercizio di Bonaccia NW per cui, a partire dal 1° semestre 2021, sarebbero dovute proseguire esclusivamente le campagne oceanografiche per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nonché la registrazione delle correnti. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 parte delle indagini previste non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 che ha di fatto bloccato con il lockdown tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Tali indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e i risultati sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2022c.

Nella presente relazione, sono riportati i risultati relativi alle indagini oceanografiche condotte nel 2022 confrontati con i dati del biennio precedente.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua – Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 2022 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a e 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Bonaccia NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018; 2019a; 2019b; Franzo *et al.*, 2022; Spagnolo *et al.*, 2020b; 2021b; 2021c; 2022a; 2022b; 2022c; 2022d).

Nel 2022 è stato registrato un incremento dei valori medi di temperatura nello strato superficiale nei mesi estivi, e un aumento generalizzato della salinità su tutta la colonna d'acqua in tutti i campionamenti, rispetto agli anni precedenti.

Anche le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Tutti i nutrienti hanno presentato mediamente concentrazioni contenute e non hanno mostrato distribuzioni spaziali correlate alla distanza dalla piattaforma.

Anche il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).



Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quelle di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate comparabili ai valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998). I valori non hanno mostrato distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma.

In generale non sono emerse particolari differenze tra i siti vicini e quelli lontani da Bonaccia NW per i vari parametri analizzati.

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

Per quanto riguarda i contaminanti, le concentrazioni di idrocarburi totali (IT), idrocarburi alifatici (IA), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), BTEX e glicole etilenico non hanno indicato particolari criticità nell'intera area d'indagine dal momento che hanno presentato valori inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale o comunque molto contenuti. La dispersione statistica non ha permesso una evidenziazione di tendenze temporali, anche se in alcuni casi sembra che rispetto all'inizio del 2020 le concentrazioni medie siano in generale diminuite (come nel caso dei solventi organici aromatici, BTEX). Sono inoltre spesso stati evidenziati periodi di assenza di diversi inquinanti, e il numero di campioni in cui i composti sono risultati rilevabili è stato spesso ben al di sotto del totale dei campioni prelevati. Non è emersa neanche una differenziazione statisticamente valida tra le stazioni campionate a 100 m di distanza dalla piattaforma (BO1-BO4) e quelle di controllo (BO5-BO8), il che porta alla conclusione che l'effetto della presenza Bonaccia NW sull'ambiente marino circostante possa essere considerato trascurabile.

Sebbene alcuni metalli abbiano presentato valori più elevati rispetto alle campagne precedenti, la generale comparabilità delle concentrazioni misurate vicino alla piattaforma e nei controlli suggerisce che tale incremento non è inequivocabilmente dovuto all'attività della piattaforma.

Si rimanda alla nota tecnica (All.2) per dettagli inerenti gli aspetti metodologici.

Correntometria – In generale, l'area in cui è installata Bonaccia NW ha avuto un regime variabile, seppure la direzione prevalentemente settentrionale sia stata confermata anche nel 2022. La velocità è stata come di consueto attorno a $0,1 \text{ m s}^{-1}$ con incrementi per brevi



periodi. Le velocità sono risultate piuttosto modeste in linea con quanto osservato in precedenza.



5. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake Bay institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- 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., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Pre-survey (dicembre 2014 - marzo 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 132 + XXX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di posa in opera (aprile 2015 - gennaio 2016). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, indagini sedimentologiche e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 2*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 152 + XXVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016). Rapporto n. 3*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 162 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Salvalaggio V. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia*



NW. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto finale 1° anno (gennaio - dicembre 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 233 + LIII pp.

Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - rapporto semestrale 2° anno (gennaio-giugno 2017). Rapporto n. 5.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 173 + LIII pp.

Fabi G., Spagnolo A., De Biasi A.M., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto Finale 2° anno (dal pre-survey a dicembre 2017). Rapporto n. 7.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 87 + XIX pp.

Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Tassetti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma BonacciaNW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 3° anno. Rapporto n. 8.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + XLIX pp.

Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Salvalaggio V. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 3° anno (dal pre-survey a dicembre 2018). Rapporto n. 10.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 263 + LII pp.

Franzo A., Saggiomo M., Borghini M., Siena G., Kralj M. 2022. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma - Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2022. Rapporto n. 18.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 53 + X pp.

Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.

Khoo K.H., Culberson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.

Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Bonaccia NW.* Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 133 pp.

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

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.

Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de>, 2016

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 4° anno (2019). Rapporto n. 11*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 184 + lvii pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXXIII pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Manarini T., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 13*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 295 + CXXXVIII pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Manarini T., Siena G., Saggiomo M., Urbini L. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 14*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 85 + XV pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 302 + CXXXVII pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 15*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 308 + CLIX pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Tassetti A.N., Urbini L. 2022c. *Servizi di*



monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 2021. Rapporto n. 16. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 227+ LII pp.

Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Kralj, M., Saggiomo M., Siena G., 2022d. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 2021. Rapporto n. 17. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 91+ X 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.

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.



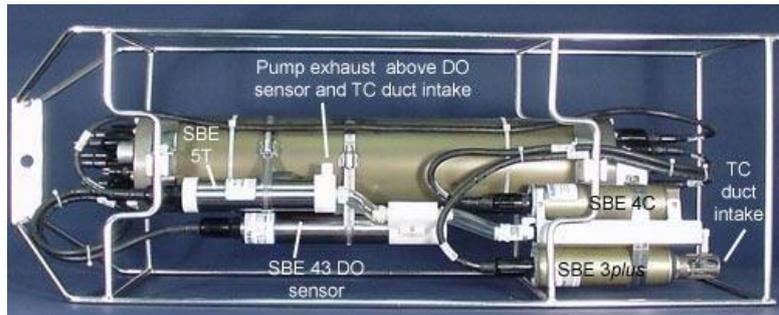
ALLEGATI

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI

A1

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

A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

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

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



Main Dimensions

		SAMPLER CAPACITY (liters)							
		1.7	2.5	5	8	10	12	20	30
A	inch	25.0	33.0	27.2	35	41.0	46.0	35.0	46.0
	mm	633	838	692	889	1041	1168	889	1168
B	inch	13	13	13	13	13	13	13	13
	mm	330	330	330	330	330	330	330	330
C	inch	2.5	2.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	mm	63	63	89	89	89	89	89	89
D	inch	3.5	3.5	5.6	5.6	5.6	5.6	8.6	8.6
	mm	89	89	142	142	142	142	218	218
E	inch	5.5	5.5	7.6	7.6	7.6	7.6	10.7	10.7
	mm	139	139	192	192	192	192	273	273
F	inch	8.0	8.0	10.1	10.1	10.1	10.1	13.3	13.3
	mm	204	204	257	257	257	257	338	337
G	inch	18.0	26.0	20.0	28.0	34.0	39.0	24.3	37.0
	mm	457	660	508	711	863	990	711	990
EMPTY WEIGHT	lb	5.5	6.5	8.0	10	12.5	13.5	25.0	28.0
	kg	2.5	3.0	3.6	4.5	5.7	6.1	11.4	12.7

* with Flipping Thermometer Assembly

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





**CNR
IRBIM**
ISTITUTO PER LE
RISORSE BIOLOGICHE
E LE BIOTECNOLOGIE
MARINE



OGS
Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.



A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

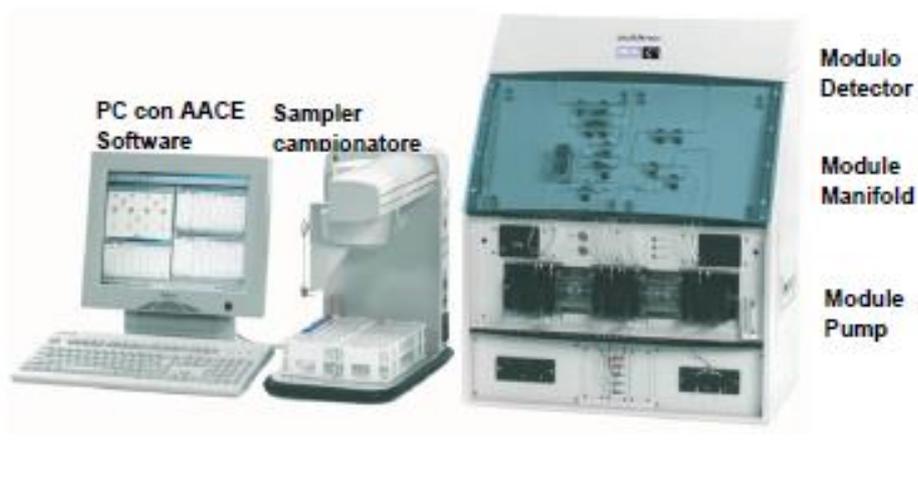
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

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

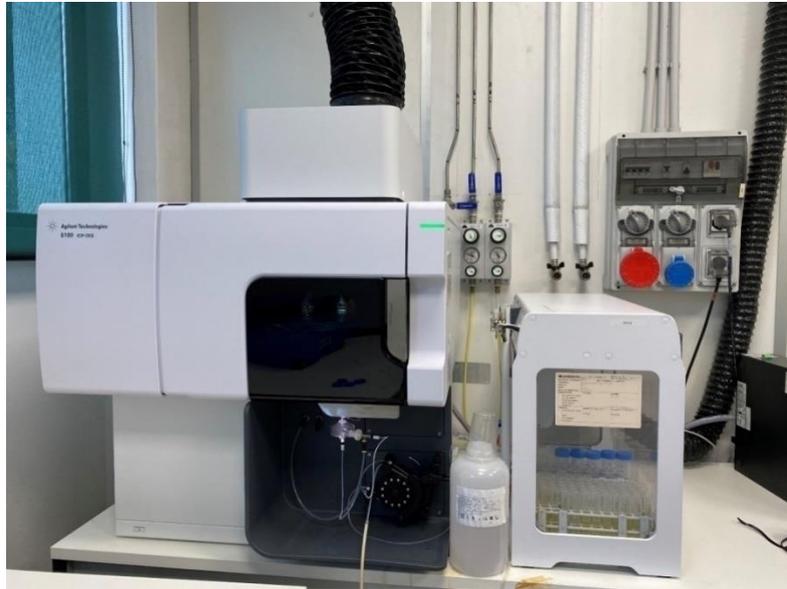


Autocampionatore MASN8140044 ESI



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

NOTA TECNICA INERENTE LE ANALISI DEI CONTAMINANTI



AGROLAB Ambiente S.r.l. a socio unico

Sede Legale e Laboratori: Via Frassinia, 21 - 54033 Carrara (MS)
Sede Operativa e Laboratori: C.da Biggemi, 57 ex ss. 114 - 96010 Priolo Gargallo (SR)
Sede Operativa e Laboratori: Zona Industriale Val Basento - 75015 Pisticci (MT)
Sede Operativa e Laboratori: Via Gorgia 1 (angolo Via Venezia) - 93012 Geia (CL)
www.agrolab.it



Spett.le

Distretto Centro Settentrionale –

ENI Upstream and Technical Services

Via del Marchesato, 13

48122 Marina di Ravenna (RA)

CR0B077-2022 del 20/12/2022

Oggetto: Contratto n° 2500032813 avente ad oggetto "Attività di Monitoraggio Ambientale Offshore per la società Eni S.p.A. – Direzione Generale Natural Resources"

Gent.mi,

per il monitoraggio delle acque della campagna di marzo e dicembre 2022 è stato necessario, a causa di problemi al parco strumenti in dotazione al sito produttivo di Priolo (SR) storicamente usato per tali determinazioni, effettuare le analisi dei metalli presso la nostra sede di Carrara diversamente da quanto fatto nelle campagne precedenti.

Le differenze strumentali, come indicate di seguito, hanno determinato un aumento delle concentrazioni per alcuni metalli campionati in marzo e dicembre 2022 ed in particolare per Indio che si discostano da quanto precedentemente trasmesso per le campagne precedenti.

In particolare a Carrara vengono utilizzati ICP MS:

- 2 Agilent – 7900 Series;
- 1 PerkinElmer – Nexlon350X.

Entrambi non hanno nessun abbattitore per l'effetto matrice acqua di mare.

Le analisi condotte nei campioni di marzo e dicembre 2022 sono state effettuate su strumentazione Agilent Technologies con una pre diluizione in rapporto 1:5 e primo punto di taratura studiato di conseguenza a tale diluizione.

Per le acque in oggetto sono state necessarie diluizioni aggiuntive in rapporto 1:10 e/o 1:20 perchè la sola prediluizione non permetteva abbattimento degli interferenti e rivelazione degli standard interni rendendo di conseguenza non valutabile il dato sperimentale ottenuto.



AGROLAB Ambiente S.r.l. a socio unico

Sede Legale e Laboratori: Via Frassinia, 21 - 54033 Carrara (MS)
 Sede Operativa e Laboratori: C. da Biggemi, 57 ex ss. 114 - 96010 Priolo Gargallo (SR)
 Sede Operativa e Laboratori: Zona Industriale Val Basento - 75015 Pisticci (MT)
 Sede Operativa e Laboratori: Via Gorgia 1 (angolo Via Venezia) - 93012 Geia (CL)
www.agrolab.it



I campioni vengono analizzati in batch contenenti 20 campioni ciascuno e riportano la seguente struttura.

Bianco di calibrazione

Retta di taratura (7 punti)

ICV controllo della retta di taratura (+-10%)

CCV (+-10%)

CCB (<1/2 LOQ)

MB (<1/2 LOQ)

LCS (+-20%)

LCSD(+20%)

SIC

10 campioni

CCV (+-10%)

CCB (<1/2 LOQ)

10 campioni

MS (+-25%)

CCV (+-10%)

CCB (<1/2 LOQ)

Bianco di calibrazione

Il Bianco di calibrazione è una soluzione preparata con le medesime modalità degli standard di calibrazione ma priva degli analiti di interesse.

Standard di calibrazione

Soluzioni utilizzate per la calibrazione dello strumento, preparate da stock solution o da standard certificati.

Verifica iniziale della curva di Calibrazione (ICV)

Il ICV è la soluzione per la verifica della curva, cioè uno standard di controllo preparato da sorgente diversa (altro lotto) dei punti di curva, utilizzato per verificare inizialmente la taratura.

Bianco del metodo (MB)



AGROLAB Ambiente S.r.l. a socio unico

Sede Legale e Laboratori: Via Frassinia, 21 - 54033 Carrara (MS)
 Sede Operativa e Laboratori: C. da Biggemi, 57 ex ss. 114 - 96010 Priolo Gargallo (SR)
 Sede Operativa e Laboratori: Zona Industriale Val Basento - 75015 Pisticci (MT)
 Sede Operativa e Laboratori: Via Gorgia 1 (angolo Via Venezia) - 93012 Gela (CL)
www.agrolab.it



Il Bianco del metodo è costituito da una matrice pulita sottoposta allo stesso trattamento del campione, sia per quanto riguarda la preparazione, sia per quanto riguarda l'analisi. Viene utilizzato per evidenziare l'assenza di contaminazioni durante la preparazione e l'analisi del batch dei campioni.

Campione di Controllo del laboratorio (LCS) e duplicato (LCSD)

Il Campione di controllo del laboratorio è costituito da una matrice pulita a cui viene aggiunta una concentrazione nota degli analiti di interesse. Di norma per ogni batch analitico vengono preparate due soluzioni di controllo.

Verifica della curva di calibrazione (CCV)

Il CCV è la soluzione per la verifica della curva, cioè uno standard di controllo preparato dalla solita sorgente dei punti di curva, utilizzato per verificare periodicamente la taratura. Il suo valore è vicino alla concentrazione mediana del range di taratura.

Controllo Continuativo del Bianco (CCB)

o Continuing Calibration Blank, (CCB) sono bianchi di calibrazione letti come campioni, e che devono risultare inferiori al primo punto di calibrazione. La loro conformità accerta l'assenza di contaminazioni strumentali.

Aggiunta dell'analita (MS)

L'aggiunta dell'analita è costituita da un campione analitico a cui viene aggiunta un'aliquota nota di materiale di riferimento contenente gli stessi analiti presenti nel campione in analisi, e che viene sottoposto alla stessa procedura di analisi del campione. Viene utilizzato per valutare le interferenze di matrici del campione e il recupero degli analiti.

Soluzione di controllo delle interferenze (SIC)

E' una soluzione contenente concentrazioni note di elementi ricercati e le possibili interferenze. La determinazione corretta degli analiti dimostra l'assenza d'interferenze.

Inoltre nel 2022, il laboratorio ha rivalutato il metodo di quantificazione del contenuto idrocarburico C10:C32. Questo ha determinato l'adozione di un diverso Limite di Quantificazione rispetto alle campagne precedenti.

Per la quantificazione vengono costruite due tarature, una da miscela di idrocarburi alifatici C_nH_{n+2} e una da standard costituito da olio A ed olio B.

Nel caso di una positività nella frazione C10:C40 il campione viene sottoposto a nuova purificazione su silice e quantificazione.

Poiché il valore dell'intervallo C10:C32 viene restituito come frazione dell'intervallo C10:C40, il limite di quantificazione (LOQ) riportato in RdP, 23 $\mu\text{g/L}$, si desume pari a 80% dell'area compresa tra i markers C10 e C40.

	MDL $\mu\text{g/L}$	LOQ $\mu\text{g/L}$
--	---------------------	---------------------



AGROLAB Ambiente S.r.l. a socio unico

Sede Legale e Laboratori: Via Frassinò, 21 - 54033 Carrara (MS)
 Sede Operativa e Laboratori: C.da Biggemi, 57 ex ss. 114 - 96010 Priolo Gargallo (SR)
 Sede Operativa e Laboratori: Zona Industriale Val Basento - 75015 Pisticci (MT)
 Sede Operativa e Laboratori: Via Gorgia 1 (angolo Via Venezia) - 93012 Geia (CL)
www.agrolab.it



C10 - C40	1,154	28
C10 - C32	0,92	23

Rimanendo a disposizione, porgiamo cordiali saluti.

File firmato digitalmente da:
 Dott.Chim. Mauro Placido Fallica



A3

NOTA TECNICA INERENTE LA VARIAZIONE DEI DATI ANALITICI CAMPAGNA MAGGIO



AGROLAB Italia S.r.l.

Via Retrone 29/31, 36077 Altavilla Vicentina VI, Italy
 Tel.: +39 0444 349040, Fax: +39 0444 349041
altavilla@agrolab.it www.agrolab.it



Altavilla Vicentina, 07.06.2023

OGGETTO: VARIAZIONE DEI DATI ANALITICI CAMPAGNA MAGGIO

Sommario

1. Presentazione..... 1
 2. Esiti..... 1

1. Presentazione

Il presente documento viene emesso a corredo dei rapporti di prova afferibili al progetto n. 56 presentato dal laboratorio Agrolab Ambiente e relativi ai monitoraggi marini delle piattaforme Elettra, Bonaccia NW, Clara NW e Fauzia.

2. Esiti

A seguito di un ricontrollo dati eseguito dal responsabile di reparto, in carica nei siti coinvolti, è emersa una errata importazione, nel sistema LIMS in dotazione al Laboratorio, delle concentrazioni relative ai composti della classe metalli.

In particolare il problema è stato riscontrato sui composti di seguito elencati:

- Alluminio (Al)
- Arsenico (As)
- Bario (Ba)
- Cadmio (Cd)
- Cromo totale
- Ferro (Fe)
- Indio (In)
- Mercurio (Hg)
- Nichel (Ni)
- Piombo (Pb)
- Rame (Cu)
- Vanadio (V)
- Zinco (Zn)



AGROLAB Italia S.r.l.

Via Retrone 29/31, 38077 Altavilla Vicentina VI, Italy
Tel.: +39 0444 349040, Fax: +39 0444 349041
altavilla@agrolab.it www.agrolab.it



Il Laboratorio esegue pertanto nuovo e corretto import dei dati sperimentali onde emendare quanto erroneamente fornito alla committenza.

I rapporti di prova che hanno subito un nuovo inserimento sono quelli relativi ai seguenti ordini:

18442, 18443, 18444, 18445.

Si precisa in questa sede che la rivalutazione e la correzione dei dati eseguita richiede necessariamente nuova fase di *reprocessing* che può, in alcuni casi, produrre scostamenti rispetto al primo dato di prova.

In fede

Mauro Placido Fallica