



**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.



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

## **SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO ELETTRA**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA  
PIATTAFORMA ELETTRA**

**INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA**

**Rapporto Finale 2022**

**RAPPORTO n. 23**

**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**

**MIRENO BORGHINI**

**GIUSEPPE SIENA**

**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.



**SHELTER**  
Sustain your business



## 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	Campionamento in mare, 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

MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA	
ELETTRA.....	1
1. INTRODUZIONE.....	1
2. MATERIALI E METODI.....	3
2.1. CAMPIONAMENTO.....	3
2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	3
2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE.....	6
2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI .....	8
3. RISULTATI.....	17
3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	17
3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	17
3.1.2. NUTRIENTI.....	30
3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO .....	44
3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX .....	57
3.1.5. GLICOLE ETILENICO .....	64
3.1.6. METALLI PESANTI .....	65
3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	73
3.1.7.1 INDAGINI FISICHE, CHIMICHE E BIOLOGICHE .....	73
3.1.7.2 INDAGINI SUGLI INQUINANTI .....	78
3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE .....	88
4. CONCLUSIONI .....	92
5. BIBLIOGRAFIA .....	95
ALLEGATI.....	I
A1.....	II
A2.....	XI
A3.....	XVI



## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 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 Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. 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.

La piattaforma Elettra è installata in Adriatico centrale, a circa 50 km dalla costa marchigiana al largo di Ancona nella zona delle sabbie siltose, su un fondale di circa 78 m.

Le operazioni di posa sono iniziate a gennaio 2014 e sono ufficialmente terminate il 04/08/2014.

Nel 1° semestre 2019 si è concluso il monitoraggio quinquennale della piattaforma nella fase di produzione, che ha previsto indagini su tutti i comparti marini (colonna d’acqua, sedimenti, bioaccumulo e biomarker in organismi marini, comunità bentonica e ittica, avvistamento di cetacei e rettili marini; Tab. 1-I). In base al parere n. 1056 CTVA del 12/10/2012 del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a partire dal 2° semestre 2019 e per tutta la durata di produzione della piattaforma le indagini previste riguarderanno solamente la colonna d’acqua.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nell’anno 2022.



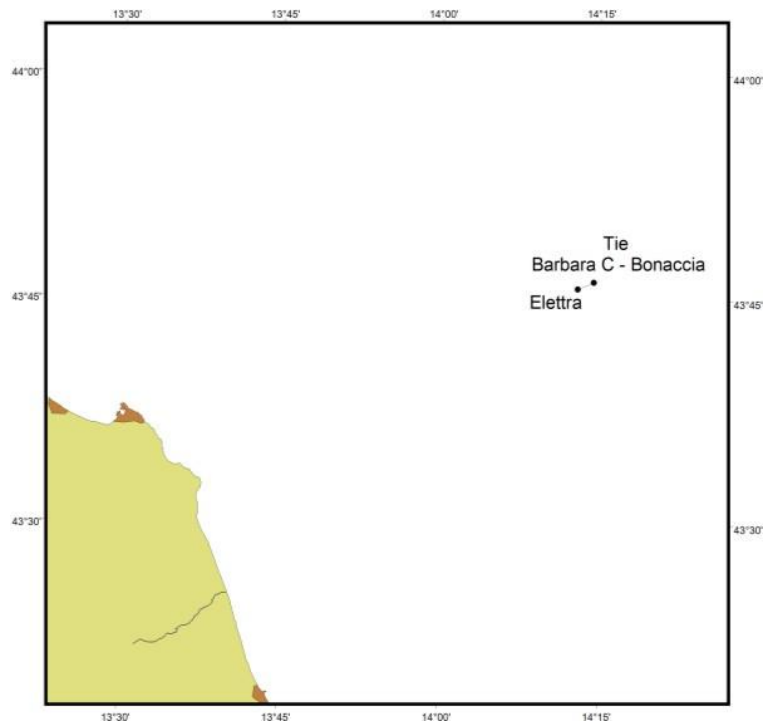
**Tab. 1-I** – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In giallo le indagini terminate, in verde quelle ancora in corso.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Elettra
<b>Ante operam</b>	Colonna acqua	2 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
<b>Cantiere</b>	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
<b>Esercizio</b>	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	
<b>Pre smantellamento</b>	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
<b>Smantellamento</b>	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
<b>Post smantellamento</b>	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 survey mediante operatori MMO; \*\* Incluso nella fase di Esercizio

## 2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Elettra è ubicata a circa 50 km al largo di Ancona a una profondità di circa 78 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.



**Fig. 2.1** - Ubicazione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Elettra	43°45'49",62N 14°12'54",96E

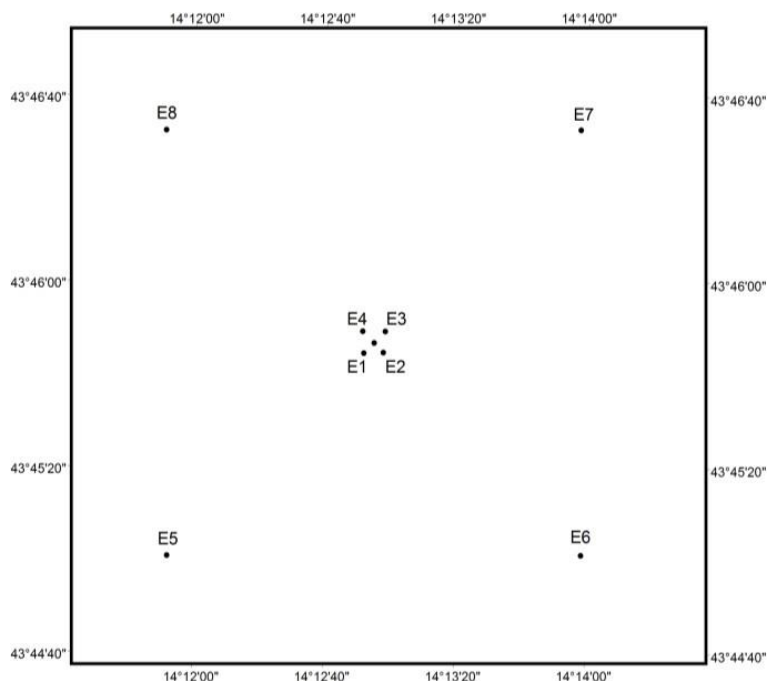
### 2.1. CAMPIONAMENTO

#### 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) nel 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 Elettra per le indagini idrologiche.

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

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza da Elettra (m)	Posizione rispetto alla piattaforma
E1	43°45'47",28N	14°12'51",90E	100	SW
E2	43°45'47",46N	14°12'57",72E	100	SE
E3	43°45'51",84N	14°12'58",26E	100	NE
E4	43°45'51",96N	14°12'51",48E	100	NW
E5	43°45'03",42N	14°11'52",02E	2000	SW
E6	43°45'04",08N	14°13'58",74E	2000	SE
E7	43°46'35",82N	14°13'57",72E	2000	NE
E8	43°46'35",16N	14°11'50",64E	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;
- 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 ed i transetti e spazialmente utilizzando appositi software.

### **2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE**

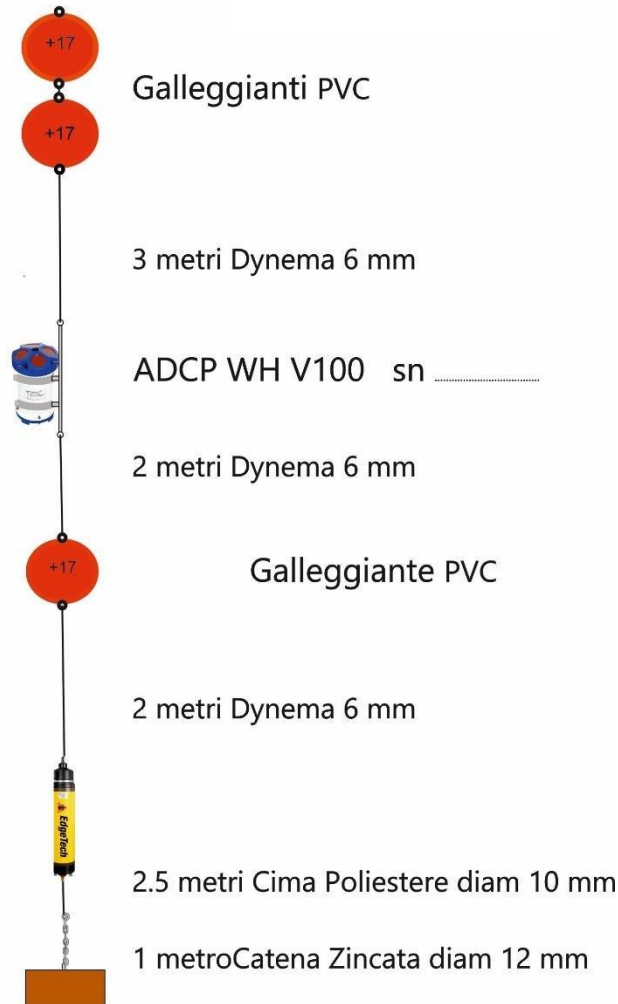
Nel 2022 i dati correntometrici in prossimità della piattaforma Elettra sono stati registrati dal 01 gennaio al 31 dicembre. L'ormeggio correntometrico è stato posizionato in prossimità della struttura (coordinate: 43°45.843' N, 14°12.924' E) su un fondale di circa 76 m. Esso era costituito da un correntometro 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 17 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3).

## Elettra

Lat. 43°45.843' N

Lon. 14°12.924'E

Depth 76 m



**Fig. 2.3** – Schema dell’ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra.

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 20 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 disopra della superficie libera del mare, sono stati eliminati per la presenza di dati non leggibili dovuti all’elevato rumore presente.



## 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 a bordo per valutare la concentrazione dell'ossigeno disciolto, e in laboratorio per 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.



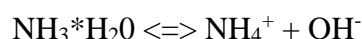
**Nutrienti inorganici** – per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni di acqua di mare sono stati filtrati a bordo, mediante siringa, su filtri di fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 µm e Ø 47 mm), pre-combusti a 450°C per 4 ore, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°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<sub>2</sub>) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopulazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO<sub>3</sub>) 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<sub>3</sub>) e l’ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell’acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l’ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH<sub>3</sub>). 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 (NH<sub>4</sub>).

Il fosforo reattivo (PO<sub>4</sub>) 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)<sub>4</sub>) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.

I limiti di rilevabilità sono:

- NO<sub>2</sub>: 0,01 µM



- NO<sub>3</sub>: 0,02 µM
- NH<sub>4</sub>: 0,02 µM
- PO<sub>4</sub>: 0,01 µM
- Si(OH)<sub>4</sub>: 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<sup>-1</sup> 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  $0,7 \mu\text{m}$  e  $\varnothing 47 \text{ mm}$ ), 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  $-20^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a  $60^{\circ}\text{C}$  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  $\text{mg L}^{-1}$ . 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). La differenza tra i limiti di rilevabilità dei metalli (Tab. 2-III) è dovuta all'utilizzo di strumentazione diversa nelle determinazioni analitiche delle diverse campagne di monitoraggio, in quanto, come riportato nella nota "Nota tecnica inerente le analisi dei contaminanti" (All.A2), a causa di indisponibilità temporanea di strumenti del laboratorio di analisi, le stesse sono state eseguite con uno strumento diverso.

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel



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

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

Parametro	Metodica	UM	LR Marzo e maggio	LR Luglio e novembre	LR Dicembre
<i>Metalli</i>					
Alluminio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	6,8
Arsenico	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,037
Bario	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,69
Cadmio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,16
Cromo totale	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,22
Ferro	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	5	5	4,9
Indio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,08
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,05	0,05	0,01
Nichel	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,14
Piombo	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,14
Rame	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,51
Vanadio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,31
Zinco	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,1	0,1	2,4
Silicio	EPA 200.7 1994	mg L <sup>-1</sup>	0,021	0,021	0,021-0,5*
<i>BTEX</i>					
Benzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,01
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,01
Stirene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,01
Toluene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,05	0,05	0,05
Xilene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,02	0,01	0,01
<i>ALTRE SOSTANZE</i>					
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,0028 <sup>x</sup>	0,0028 <sup>x</sup>	0,0028 <sup>x</sup>
Idrocarburi alifatici C10-C32	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L <sup>-1</sup>	23	23	23
Idrocarburi totali (espressi come n-esano) Calcolo	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L <sup>-1</sup>	31 <sup>x</sup>	31 <sup>x</sup>	31 <sup>x</sup>
Glicole monoetilico	EPA 8015D 2003	mg L <sup>-1</sup>	2,2	1,5	1,5

\*0,5= in alcuni campioni LOD /LOQ sono stati alzati a causa della presenza di interferenti nella matrice analizzata

<sup>x</sup> Le sommatorie sono state calcolate 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.





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<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) (frazione estraibile);
- b) singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) 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'imbutto 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.

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

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

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

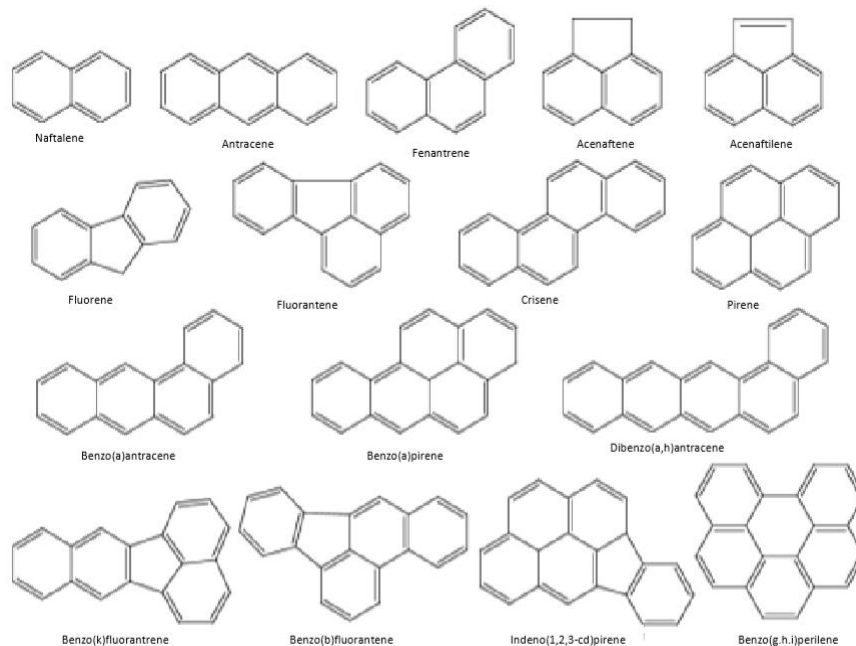
**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati



900 ml di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbutto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbutto 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. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel campionamento di **marzo 2022** (fig. 3.1) è risultata evidente una forte omogeneità nelle distribuzioni di temperatura (media  $12,29 \pm 0,34^\circ\text{C}$ ) e salinità (media  $38,90 \pm 0,04$  psu) in tutta l'area indagata.

Anche la torbidità ha mostrato profili omogenei fino a circa 60 m di profondità (media  $0,8 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup>) e valori massimi verso il fondo (massimo 1,7 mg L<sup>-1</sup>, in E8).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato piuttosto uniforme in tutta l'area (media  $100,6 \pm 1,6\%$ ).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno confermato la forte omogeneità delle distribuzioni di temperatura (medie  $13,02 \pm 0,19$  °C in superficie e  $11,89 \pm 0,10$  °C al fondo) e salinità ( $\Delta s < 0,1$  psu in superficie e media  $38,95 \pm 0,00$  psu al fondo).

La fluorescenza (fig. 3.3) è stata caratterizzata da valori molto bassi in superficie ( $< 0,2$  µg L<sup>-1</sup>) in tutte le stazioni mentre un picco di debole intensità è stato registrato intorno ai 40 m di profondità (massimo 0,8 µg L<sup>-1</sup>, stazione E5).

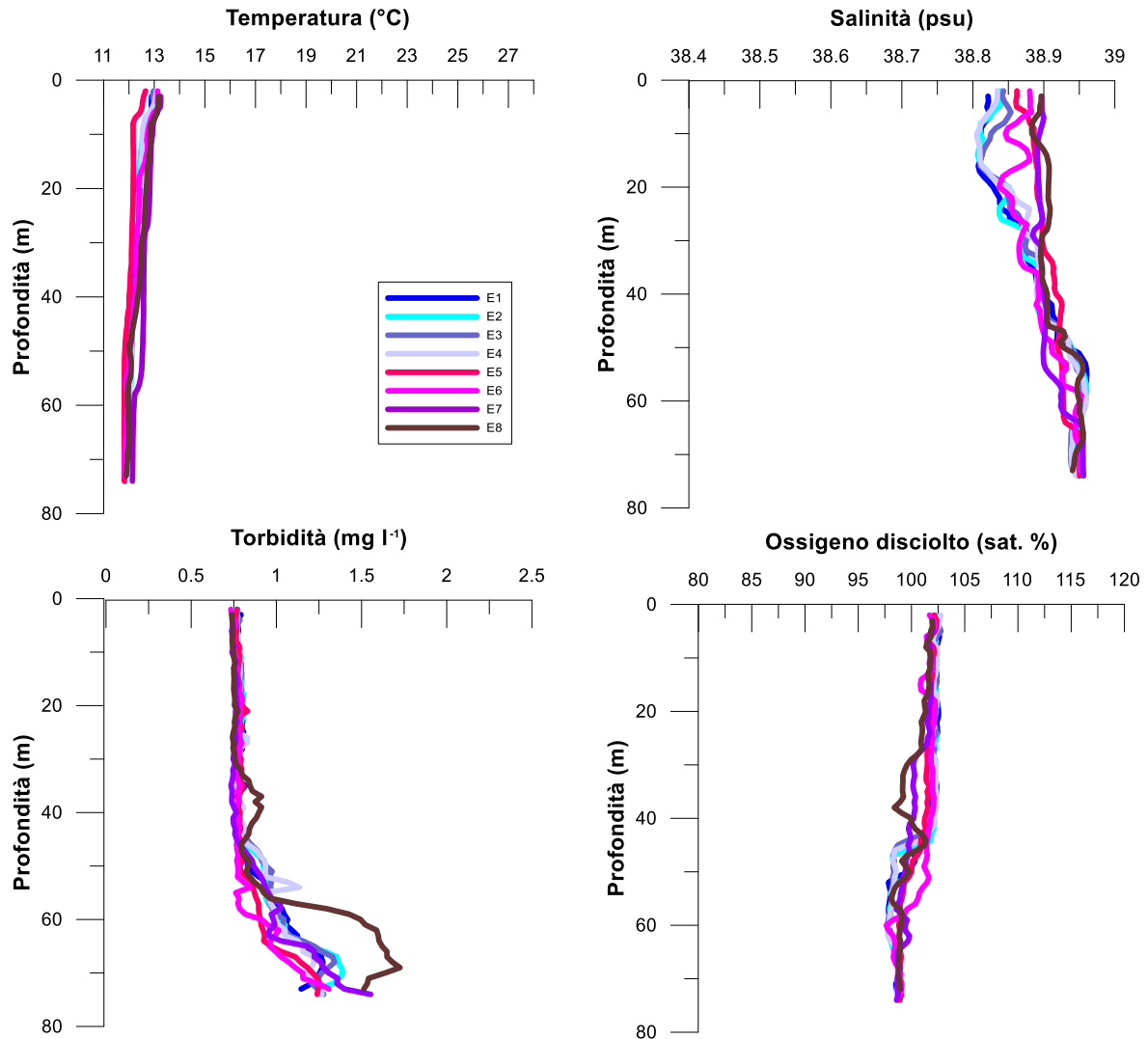
A **maggio 2022** (fig. 3.4) i profili verticali di temperatura rilevano il processo di stratificazione stagionale, con i valori massimi in un piccolo strato omogeneo in superficie (media  $21,88 \pm 0,10^\circ\text{C}$ ) e i minimi in uno strato omogeneo al fondo (media  $12,35 \pm 0,03^\circ\text{C}$ ).

La salinità ha mostrato una distribuzione variabile con i minimi in superficie (minimo 38,69 psu, in E6) e i massimi in uno strato piuttosto uniforme al fondo (media  $38,92 \pm 0,00$  psu).

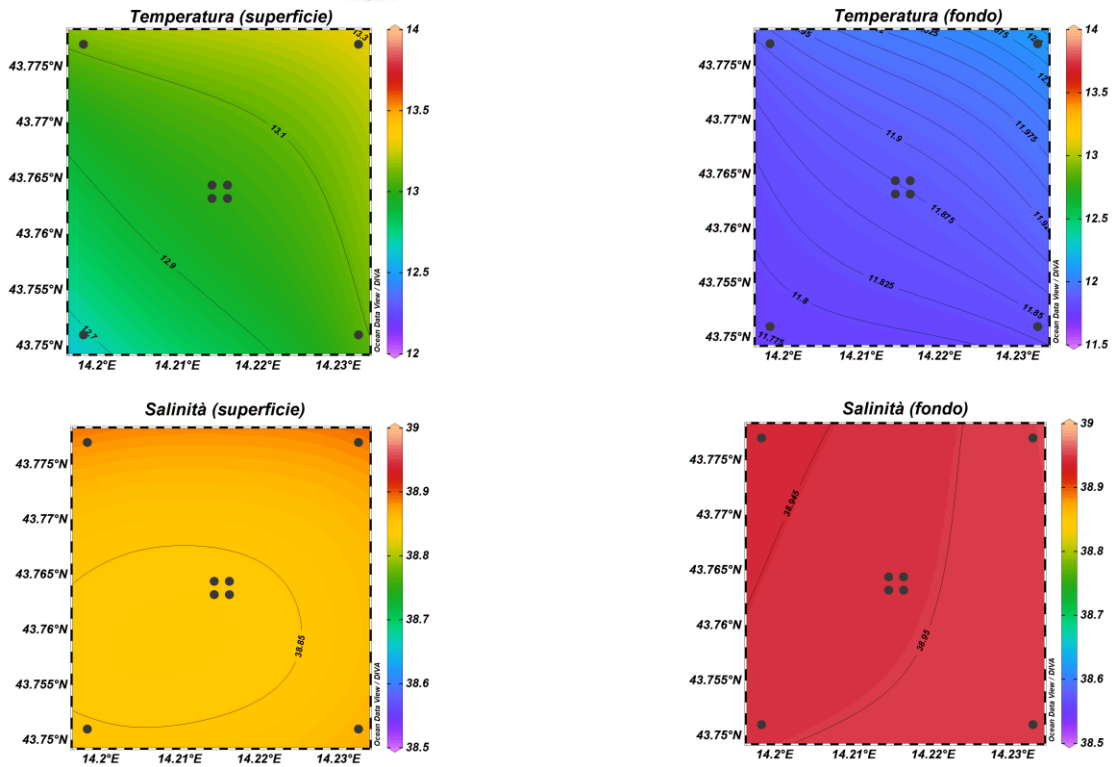
La torbidità è risultata fortemente omogenea dalla superficie fino a circa 60 m di profondità (media  $1,0 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>), per poi aumentare verso il fondo (massimo 1,7 mg L<sup>-1</sup>, in E8).

L'ossigeno disciolto alla saturazione ha fatto registrare valori massimi intorno a 20 m di profondità in tutte le stazioni (massimo assoluto 111,8%, in E7) e valori in diminuzione progressiva verso il fondo (media  $90,7 \pm 0,8\%$ ). Le mappe areali (fig. 3.5) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione della temperatura in superficie (media  $21,90 \pm 0,07$  psu) e al fondo (media  $12,32 \pm 0,02$  psu), una debole variabilità della salinità tra le stazioni in superficie ( $\Delta < 0,1$  psu) e una forte omogeneità al fondo (media  $38,92 \pm 0,00$  psu).

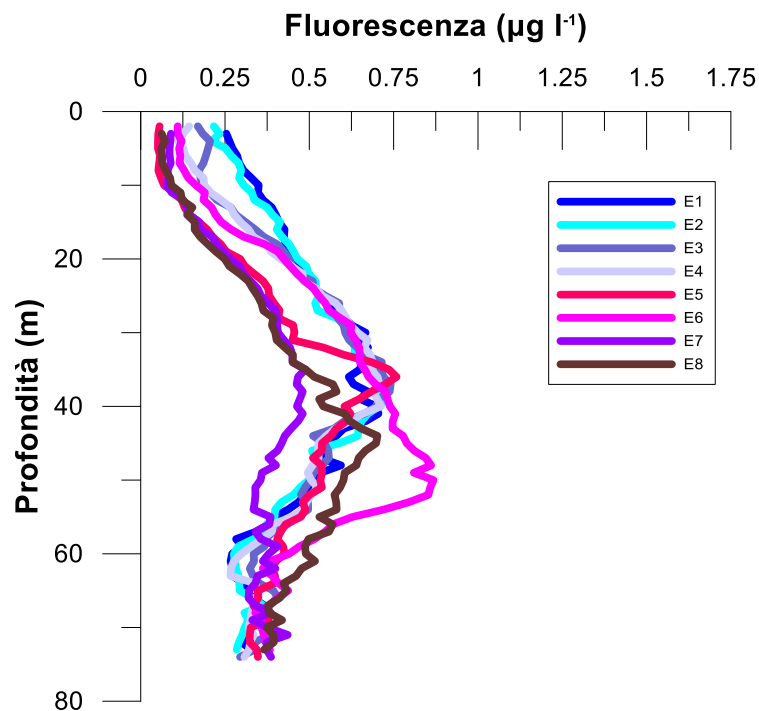
La fluorescenza (fig. 3.6) ha presentato valori minimi in superficie ( $<0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ed un picco intorno a 65 m di profondità (massimo assoluto  $1,9 \mu\text{g L}^{-1}$  in E5).



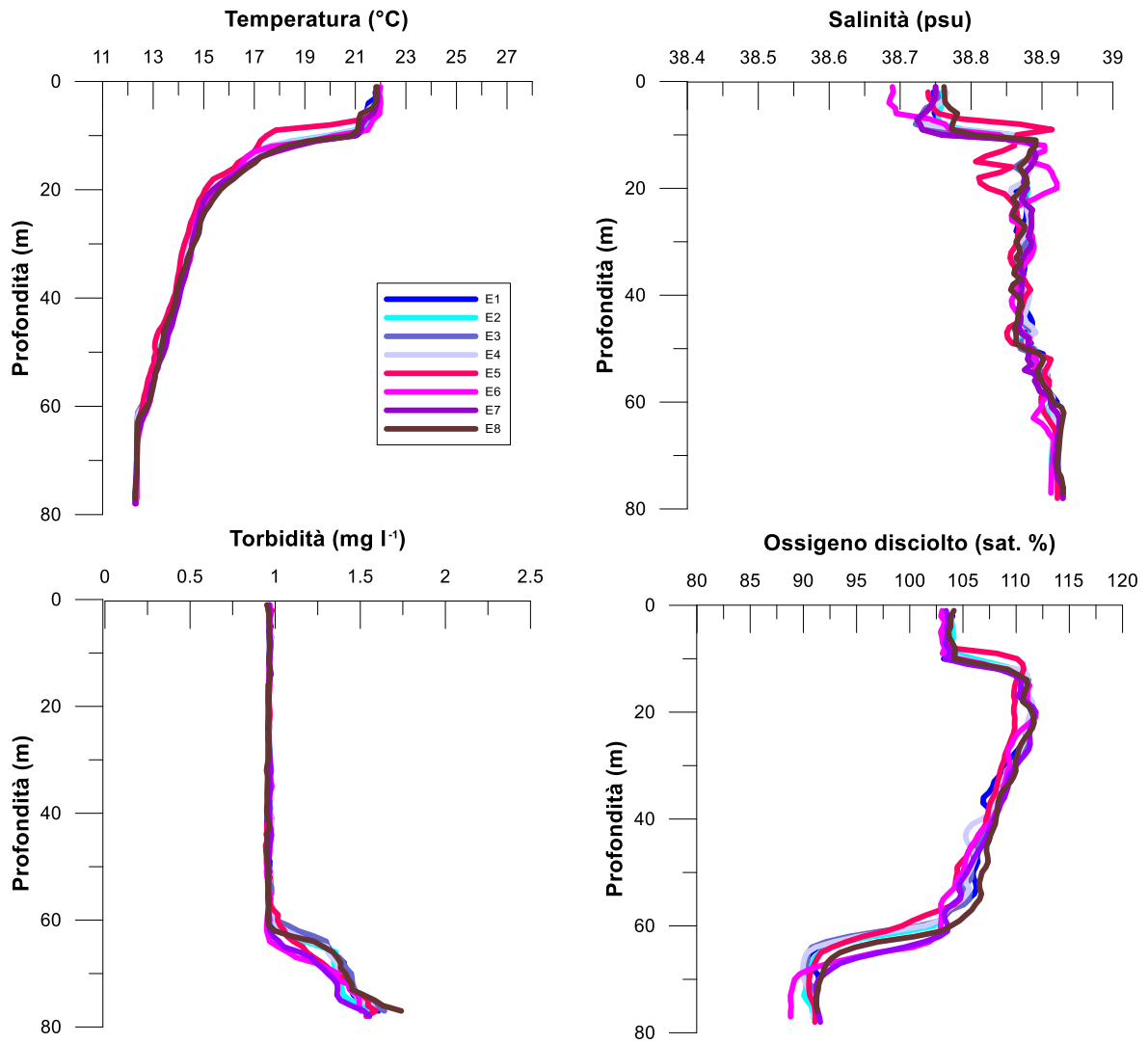
**Fig. 3.1** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2022.**



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

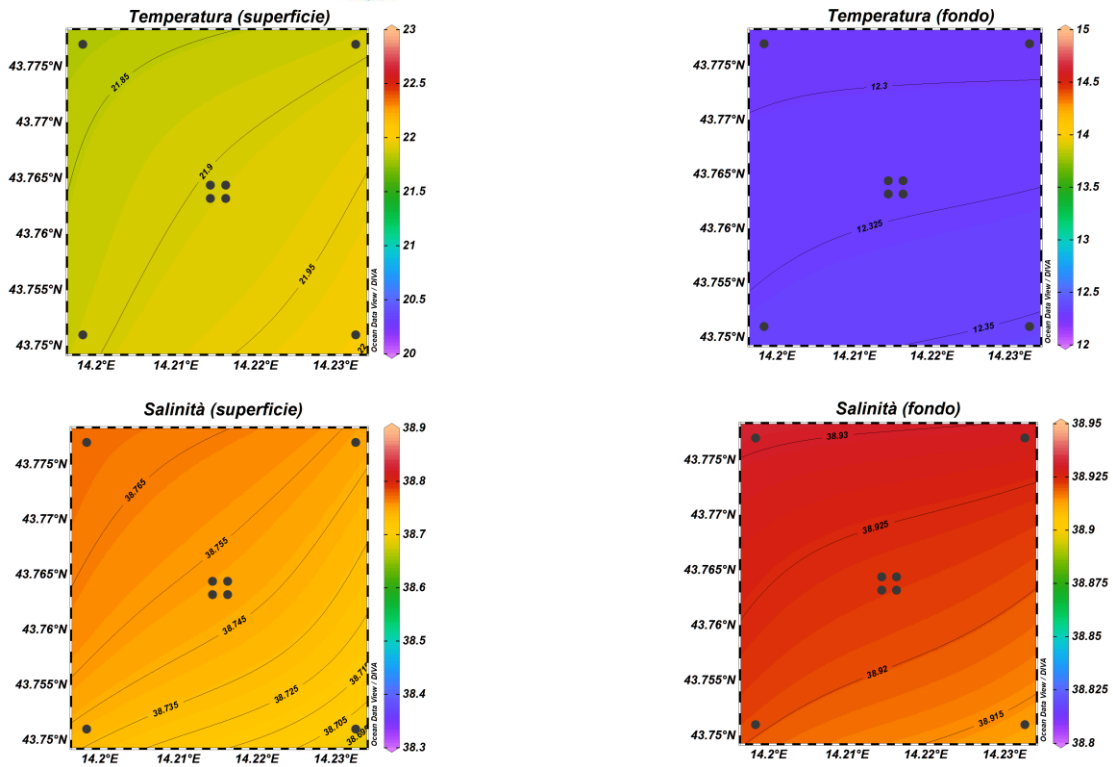


**Fig. 3.3** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Marzo 2022**.

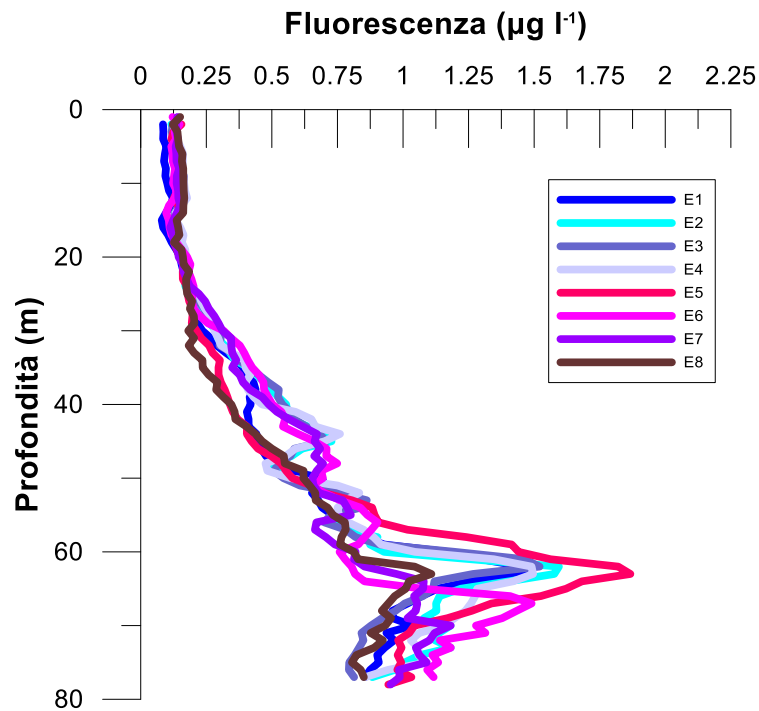


**Fig. 3.4-** Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2022.**





**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.



Nel mese di **luglio** (fig. 3.7) la caratteristica stratificazione verticale stagionale è risultata evidente in tutte le stazioni di campionamento, con valori massimi in superficie (massimo 27,97°C, stazione E7), un termoclino ben sviluppato e valori minimi uniformi al fondo (media 13,30±0.19°C).

La salinità ha fatto rilevare i valori massimi in superficie (massimo 39,15 psu in E4), in rapida diminuzione con la profondità fino ai valori minimi intorno ai 20m (minimo 38.01 psu, stazione E5) e valori uniformi più elevati fino al fondo (media 38,85±0,21°C).

La torbidità è risultata molto bassa (<0,3 mg L<sup>-1</sup>) e fortemente omogenea fino quasi al fondo, dove si è registrato un rapido aumento raggiungendo il valore massimo di 1,8 mg L<sup>-1</sup>, stazione E1).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è stato >100% ovunque fino a circa 60m di profondità, con un picco intorno a 20 m (massimo 125,9%, stazione E5) e valori decrescenti verso il fondo, dove sono stati registrati i valori minimi (minimo 86,9%, stazione E7).

Le mappe areali (fig. 3.8) hanno presentato una distribuzione orizzontale piuttosto omogenea di temperatura in superficie (media 27,86±0,10°C), e valori minimi al fondo (media 13,10±0,04°C). Anche per la salinità è stata rilevata una distribuzione omogenea con valori molto elevati in superficie (media 39,11±0,03 psu) e valori più bassi al fondo (media 38,88±0,01 psu).

La fluorescenza (fig. 3.9) ha fatto registrare valori molto bassi (<0,1 µg L<sup>-1</sup>) ed omogenei in tutti i siti dalla superficie fino a circa 50 m, seguiti da valori in rapido aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo 1,4 µg L<sup>-1</sup>, stazione E3).

Nel mese di **novembre** (fig. 3.10) dai profili verticali di temperatura, omogenei tra le stazioni, è stato rilevato un rimescolamento verticale delle acque dalla superficie fino a circa 25 m di profondità (media 19,31±0,017 °C), seguito da valori in progressiva diminuzione fino ai valori minimi osservati al fondo (media 14,53±0.07 °C).

I profili di salinità hanno indicato un andamento analogo, con una distribuzione omogenea in tutte le stazioni dalla superficie fino a circa 25 m di profondità (39,02±0.006 psu), valori variabili e meno elevati fino a circa 54 m, e un andamento piuttosto omogeneo fino al fondo in tutte le stazioni con un valore medio di 38,94±0,01 psu.



La torbidità ha fatto registrare valori uniformi ( $<0,31 \text{ mg L}^{-1}$ ) in tutte le stazioni fino alla profondità di 50 m, in aumento verso valori massimi al fondo (massimo  $0,96 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E6).

I profili verticali di ossigeno disciolto hanno mostrato valori alquanto omogenei (intorno a 105%) in tutte le stazioni fino a circa 23 m di profondità, seguiti da un picco massimo intorno a 27 m con valori di circa 120%, in diminuzione fino a 60 m per poi attestarsi su un valore medio di ( $85,11 \pm 0,34 \%$ ) fino al fondo.

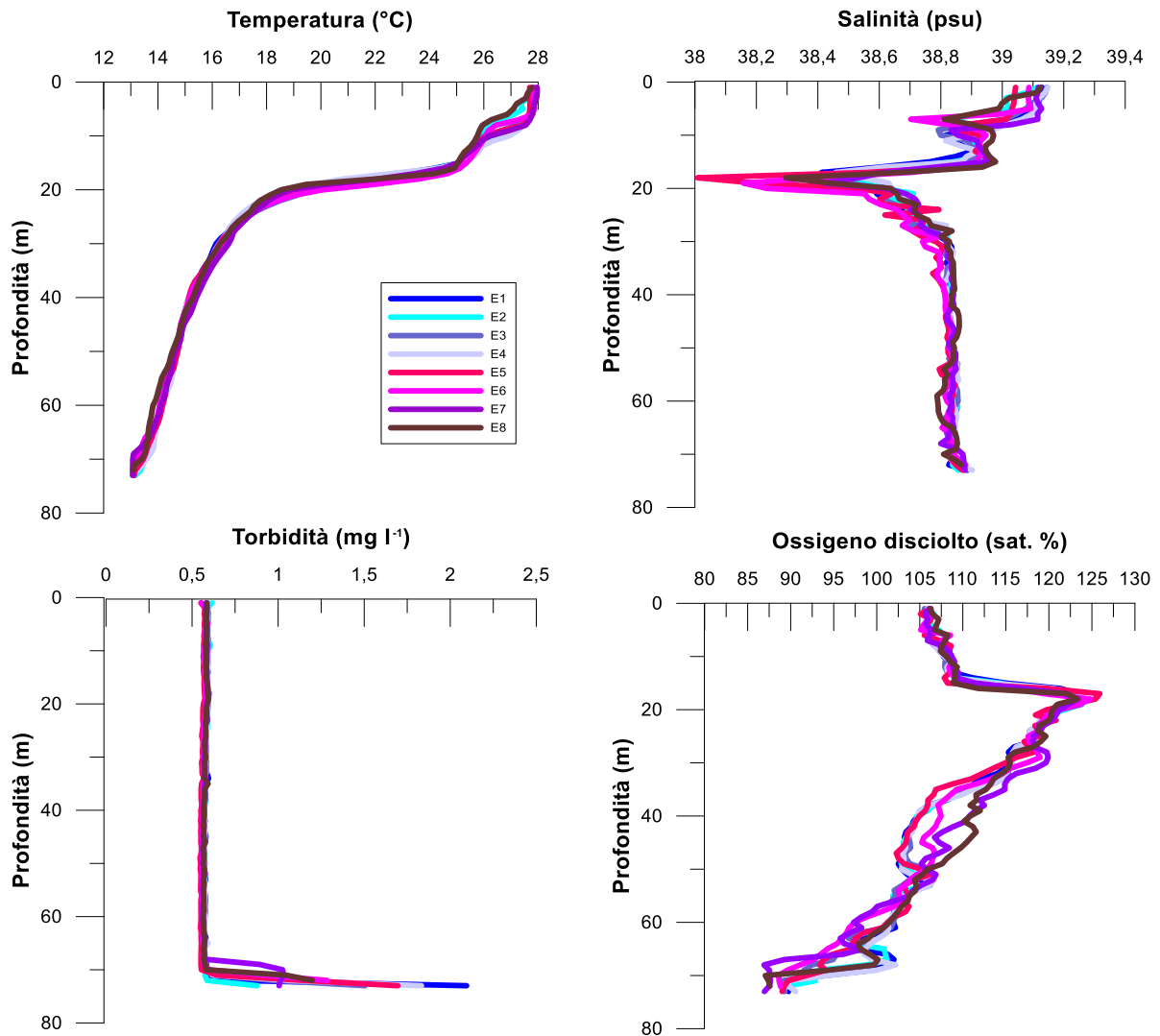
Le mappe areali (fig. 3.11) hanno mostrato una sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura (media  $19,31 \pm 0,02^\circ\text{C}$ ) e un debole gradiente SW-NE ( $\Delta S < 0.1 \text{ psu}$ ) per la salinità in superficie. La distribuzione orizzontale al fondo ha evidenziato un debole gradiente O-E sia per la temperatura ( $\Delta T \sim 0,2^\circ\text{C}$ ) che per la salinità ( $\Delta S \sim 0,02 \text{ psu}$ ).

La fluorescenza (fig. 3.12) è apparsa omogenea e caratterizzata da valori  $<0,23 \mu\text{g L}^{-1}$  anche essa nei primi 25 m di profondità in tutte le stazioni (media  $0,21 \pm 0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ), in lieve aumento fino al fondo (media  $0,43 \pm 0,04 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

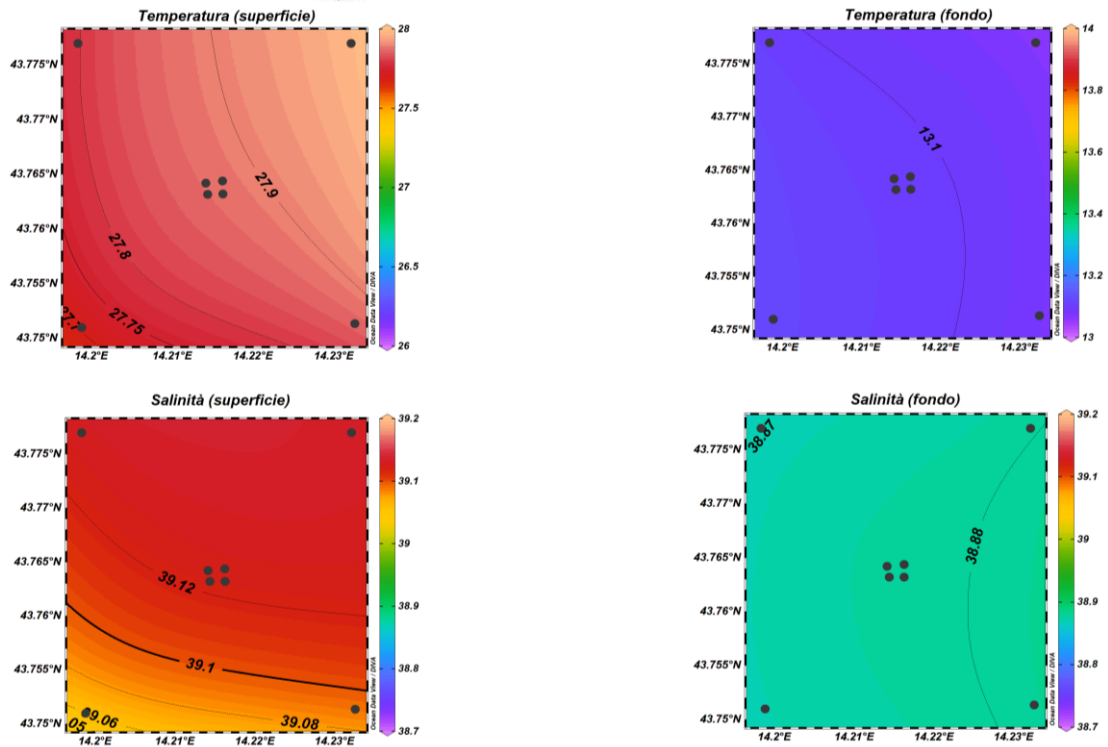
A **dicembre** (fig. 3.13) è risultato evidente il forte rimescolamento verticale della colonna d'acqua dovuto alle dinamiche invernali. Per la temperatura i profili sono risultati alquanto omogenei dalla superficie fino a 40 m (media di  $16,88 \pm 0,03^\circ\text{C}$ ) in lieve decremento fino ai minimi del fondo ( $15,3 \pm 0,12^\circ\text{C}$ ). La stessa situazione è stata registrata per la salinità con profili piuttosto uniformi fino a circa 55 m (media  $39,03 \pm 0,01 \text{ psu}$ ), seguiti da valori in lieve diminuzione fino al fondo (minimo di 38,96 psu, stazione E8).

La torbidità è risultata piuttosto uniforme fino a circa 65m (media  $0,65 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$ ), con un pico a 52 m (massimo  $0,88 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E7), per poi aumentare piuttosto rapidamente al fondo (massimo  $1,65 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E7). L'ossigeno disciolto ha presentato in tutte le stazioni valori pressoché costanti e  $<100\%$  lungo la verticale fino a circa 65m (media  $99,07 \pm 0,69\%$ ), per diminuire rapidamente fino ai valori minimi al fondo (minimo 85,4%, stazione E8).

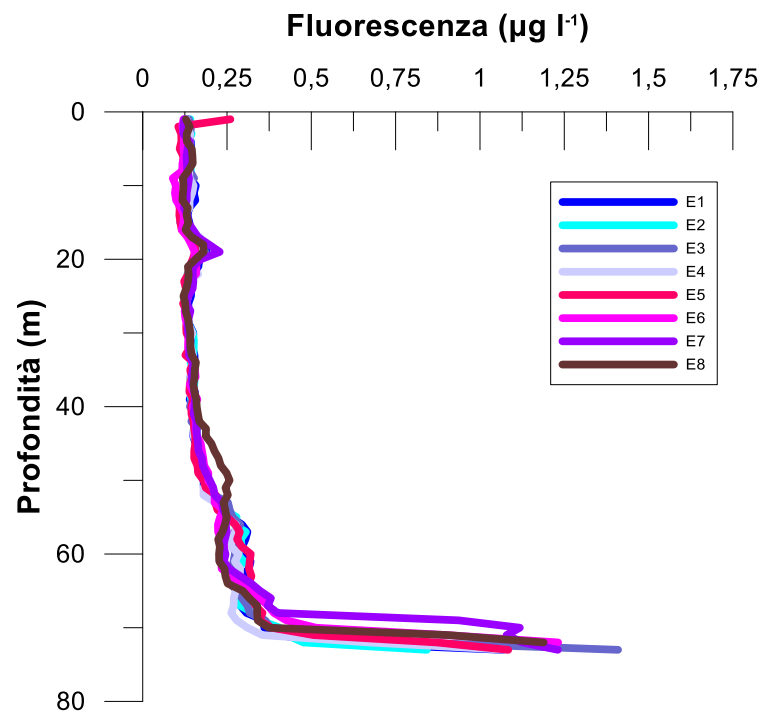
Le mappe areali (fig. 3.14) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità dei parametri in esame con un  $\Delta T < 0,1^\circ\text{C}$  in superficie e  $\Delta T < 0,2^\circ\text{C}$  al fondo, mentre la salinità ha fatto registrare un  $\Delta S < 0,01 \text{ psu}$  sia in superficie che al fondo. La fluorescenza (fig. 3.15) è stata generalmente uniforme  $<0,5 \mu\text{g L}^{-1}$  dalla superficie al fondo ovunque.



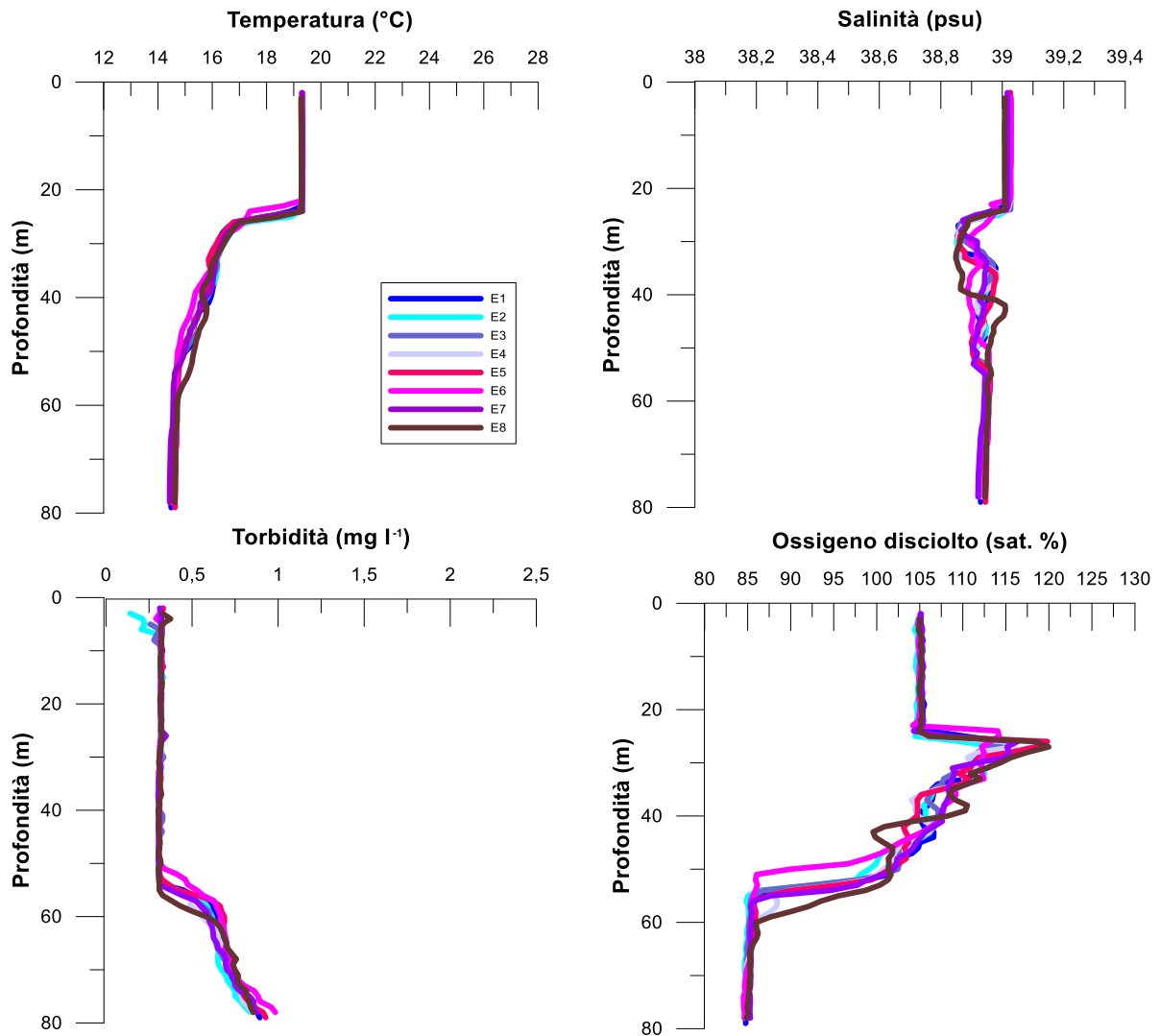
**Fig. 3.7** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2022.**



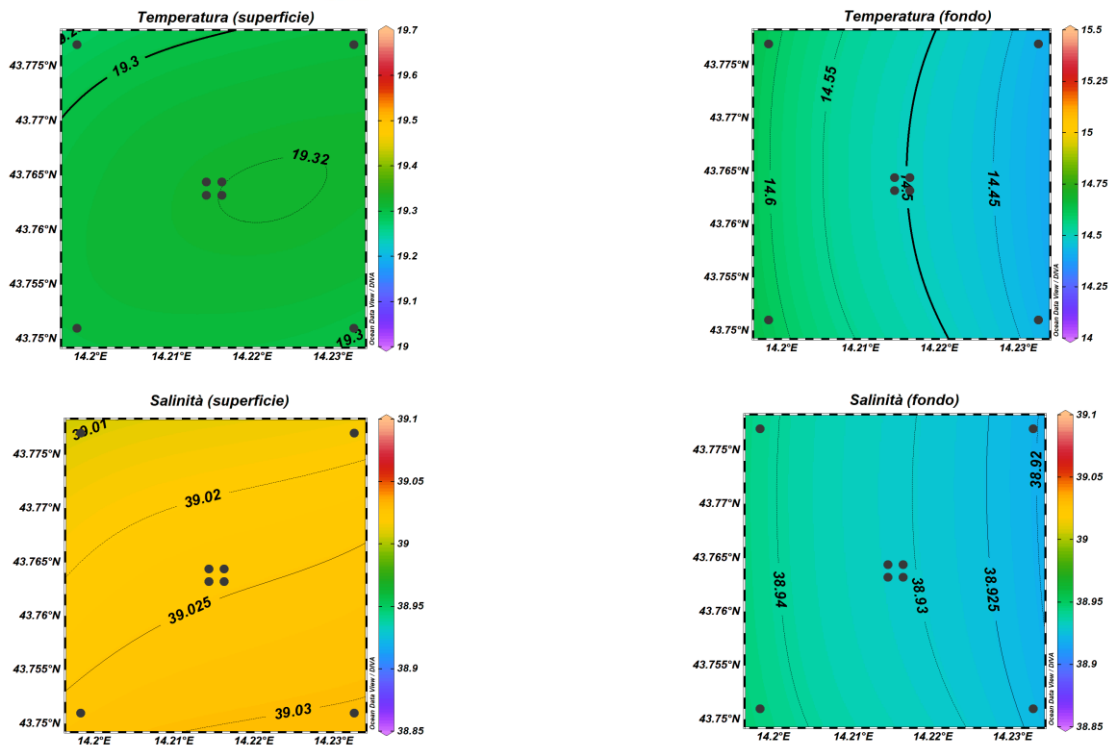
**Fig. 3.8** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2022**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



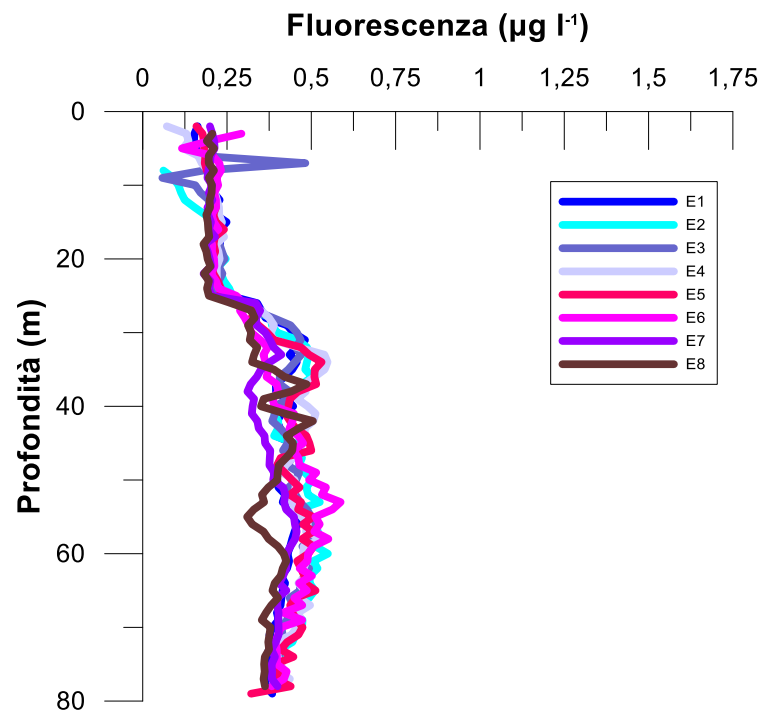
**Fig. 3.9** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Luglio 2022**.



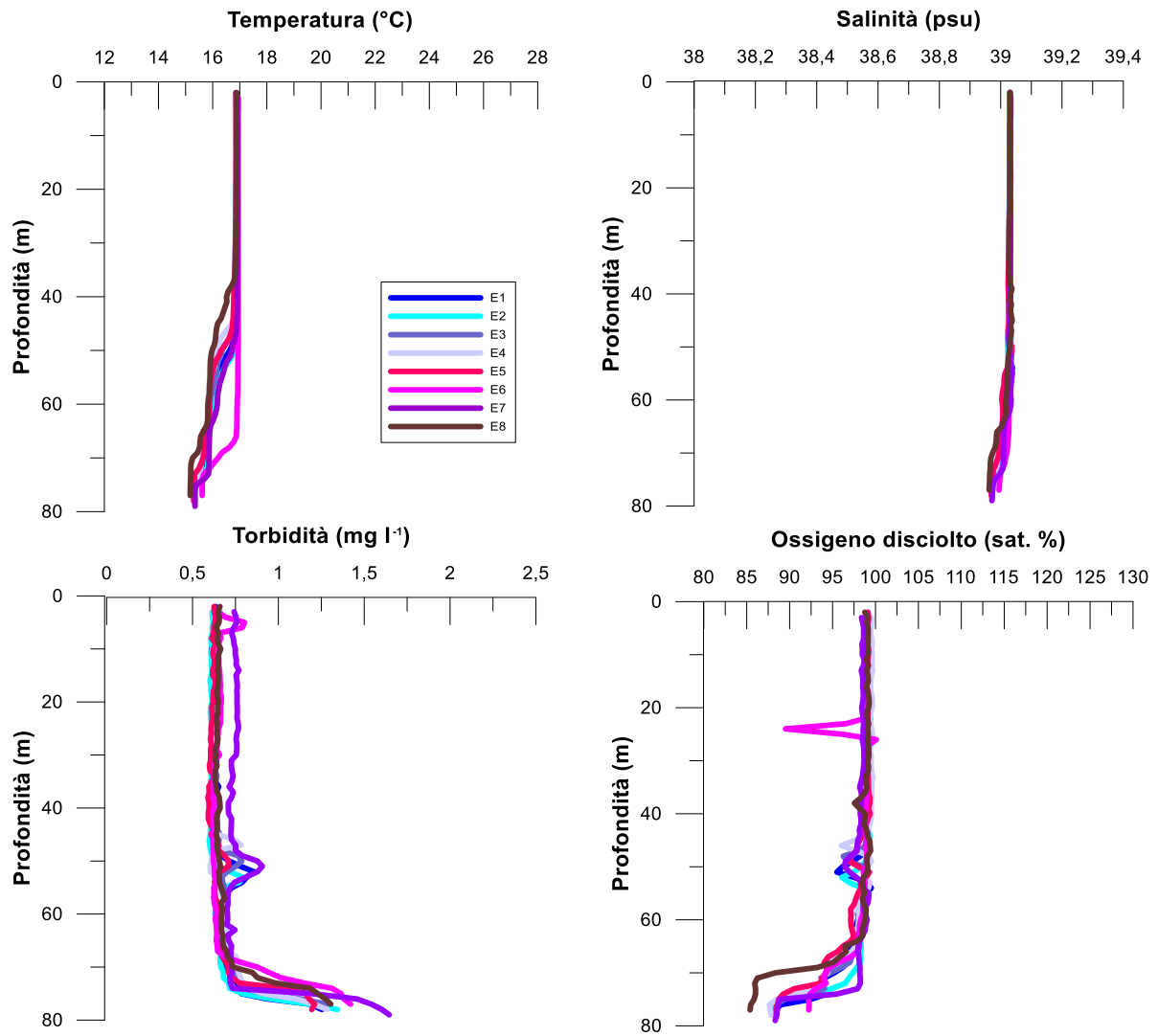
**Fig. 3.10** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Novembre 2022.**



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

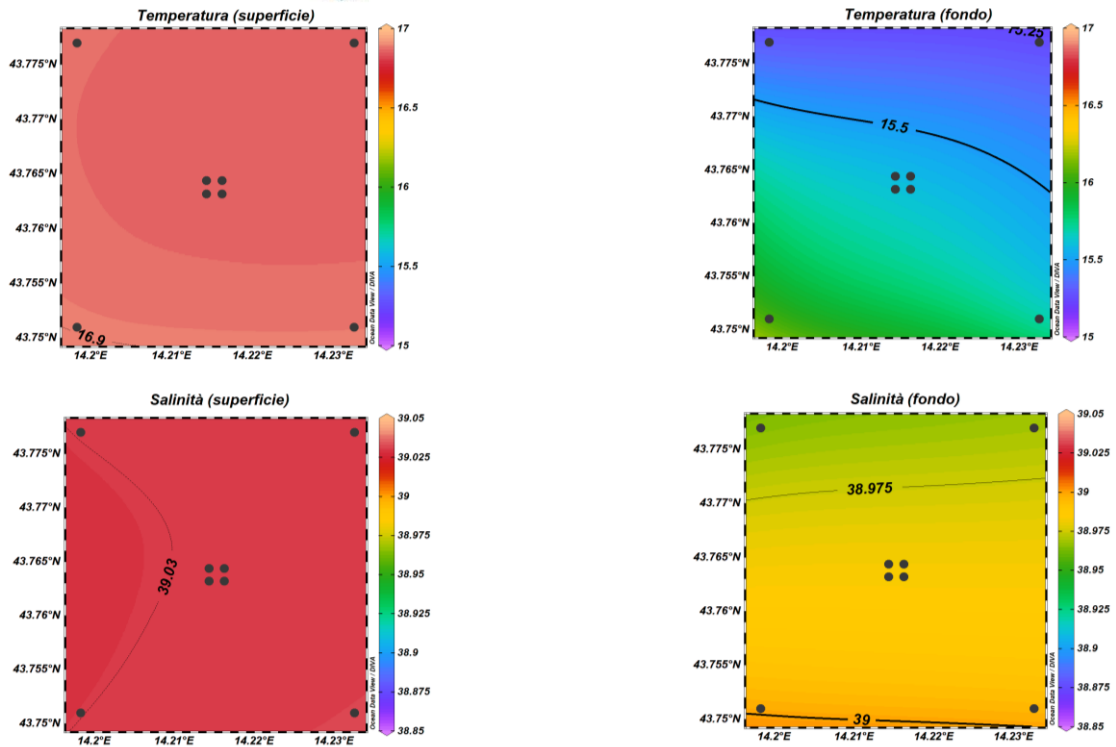


**Fig. 3.12** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Novembre 2022**.

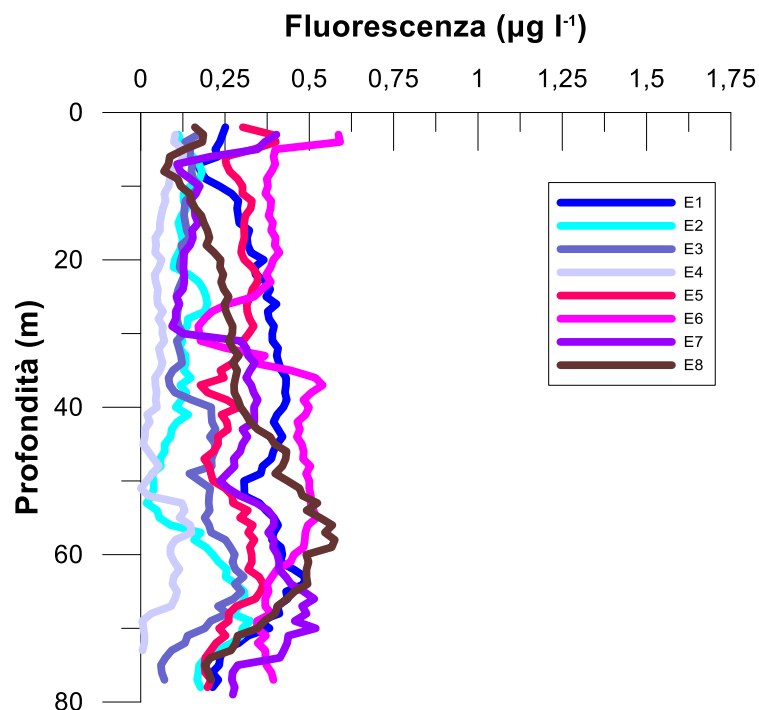


**Fig. 3.13-** Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Dicembre 2022.**





**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 pari a  $0,31 \pm 0,06$   $\mu\text{M}$  per i nitrati ( $\text{NO}_3$ ),  $0,23 \pm 0,10$   $\mu\text{M}$  per i nitriti ( $\text{NO}_2$ ),  $0,02 \pm 0,03$   $\mu\text{M}$  per l'ammonio ( $\text{NH}_4$ ). In generale le concentrazioni più elevate di  $\text{NO}_3$  sono state rilevate nelle acque superficiali, quelle di  $\text{NO}_2$  al fondo, mentre per  $\text{NH}_4$  non è stato rilevato alcun andamento particolare. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  in superficie è risultata  $0,38 \pm 0,07$   $\mu\text{M}$ , e valori più elevati sono stati osservati nelle stazioni più vicine alla piattaforma ( $0,44 \pm 0,03$   $\mu\text{M}$ ) rispetto a quanto osservato nei controlli ( $0,32 \pm 0,02$   $\mu\text{M}$ ). Il minimo di  $\text{NO}_2$  ( $0,22$   $\mu\text{M}$ ) è stato riscontrato a 20 m di profondità in E5 e a 40 m in E6. La concentrazione media di  $\text{NO}_2$  al fondo è risultata pari a  $0,37 \pm 0,03$   $\mu\text{M}$ , il massimo ( $0,40$   $\mu\text{M}$ ) è stato raggiunto al fondo in E1 e in E8, mentre il minimo ( $0,12$   $\mu\text{M}$ ) è stato riscontrato in superficie e 40 m in E6. La concentrazione massima di  $\text{NH}_4$  ( $0,18$   $\mu\text{M}$ ) è stata misurata a 40 m in E2, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili.

Le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ) sono risultate piuttosto contenute ( $0,01 \pm 0,01$   $\mu\text{M}$ ) con un massimo ( $0,04$   $\mu\text{M}$ ) riscontrato a 40 m in E2, e molti campioni con concentrazioni uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

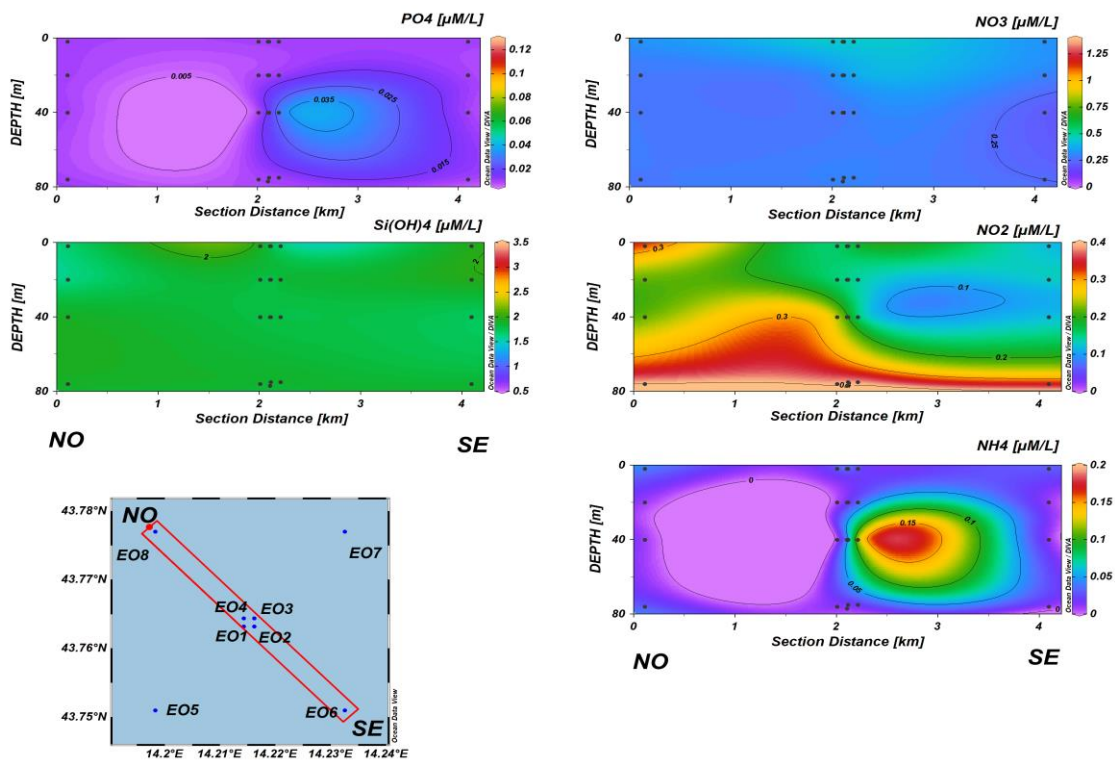
La concentrazione media di silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) è risultata pari a  $1,81 \pm 0,12$   $\mu\text{M}$ , e nessun andamento particolare è stato osservato. Il massimo ( $2,01$   $\mu\text{M}$ ) è stato misurato in superficie in E4, mentre il minimo ( $1,60$   $\mu\text{M}$ ) a 20 m in E5.

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  $0,31 \pm 0,47$   $\mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,05 \pm 0,07$   $\mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$ ,  $0,03 \pm 0,02$   $\mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Le concentrazioni di  $\text{NO}_3$  e  $\text{NO}_2$  sono risultate più elevate nelle acque di fondo, mentre per  $\text{NH}_4$  valori moderatamente più elevati hanno caratterizzato le acque superficiali. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  al fondo è risultata pari a  $1,10 \pm 0,11$   $\mu\text{M}$ , il massimo ( $1,35$   $\mu\text{M}$ ) è stato riscontrato al fondo in E6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati tra la superficie ed i 40 m in E1, E2 ed E7. I valori di  $\text{NO}_2$  sono variati tra un massimo di  $0,39$   $\mu\text{M}$ , osservato al fondo in E7, e valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni ad eccezione di E1 e E4. La concentrazione media di  $\text{NO}_2$  al fondo è risultata pari a  $0,14 \pm 0,10$   $\mu\text{M}$ . i valori di  $\text{NH}_4$

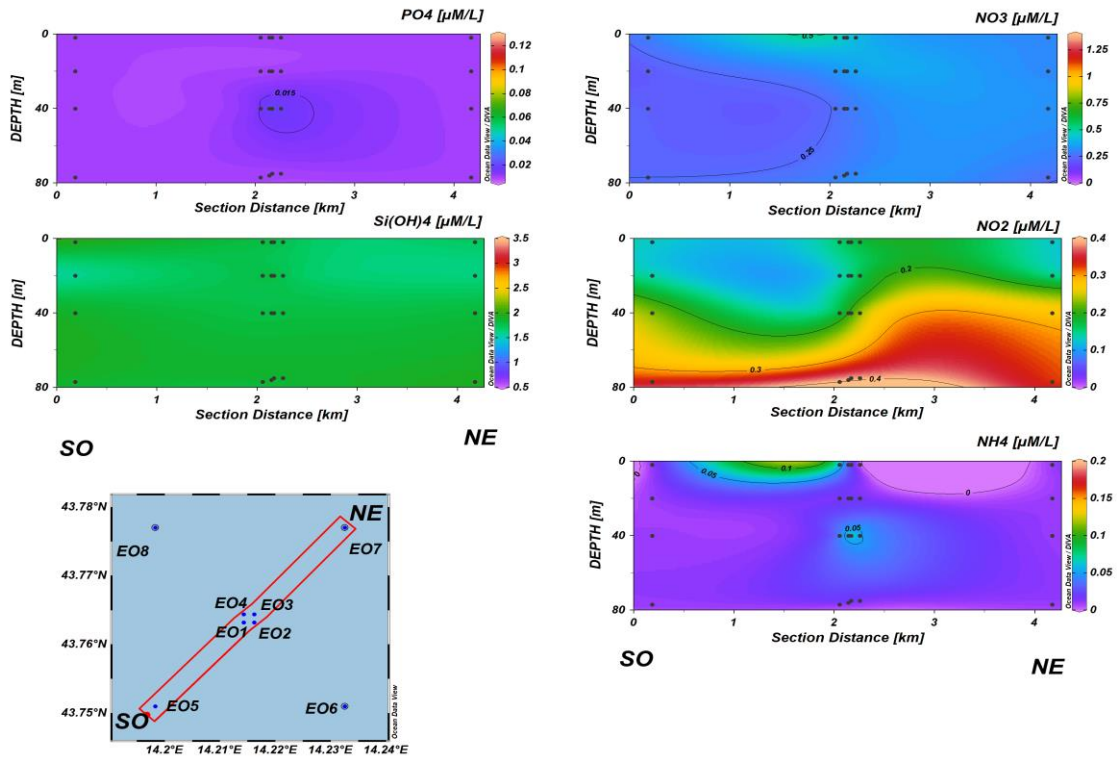
sono risultati omogenei e contenuti, con il massimo ( $0.10 \mu\text{M}$ ) in superficie di E4, e valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili in E1, E2, E4, E5 ed E8.

Per il  $\text{PO}_4$  non è stato rilevato alcun andamento particolare e le concentrazioni sono risultate piuttosto contenute nell'intera area d'indagine (media pari a  $0.02 \pm 0.02 \mu\text{M}$ ). Il massimo ( $0.13 \mu\text{M}$ ) è stato osservato al fondo in E1, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati misurati in quote variabili in tutte le stazioni.

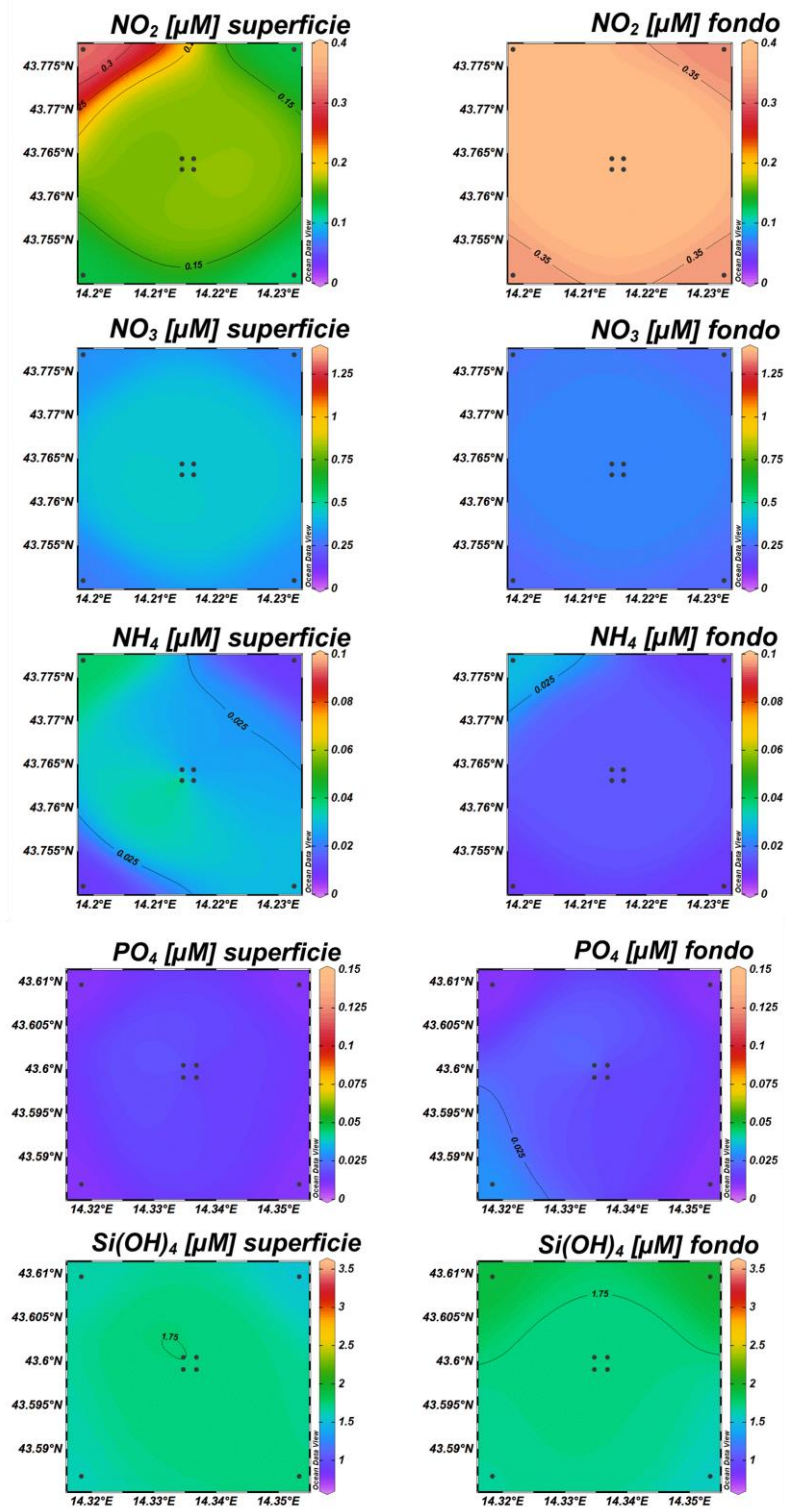
La concentrazione media di  $\text{Si}(\text{OH})_4$  è risultata pari a  $1.54 \pm 1.04 \mu\text{M}$ , con valori più elevati nelle acque di fondo (media  $3.29 \pm 0.08 \mu\text{M}$ ), massimo di  $3.43 \mu\text{M}$  in E1 sempre al fondo, e il minimo ( $0.68 \mu\text{M}$ ) a 40 m in E2.



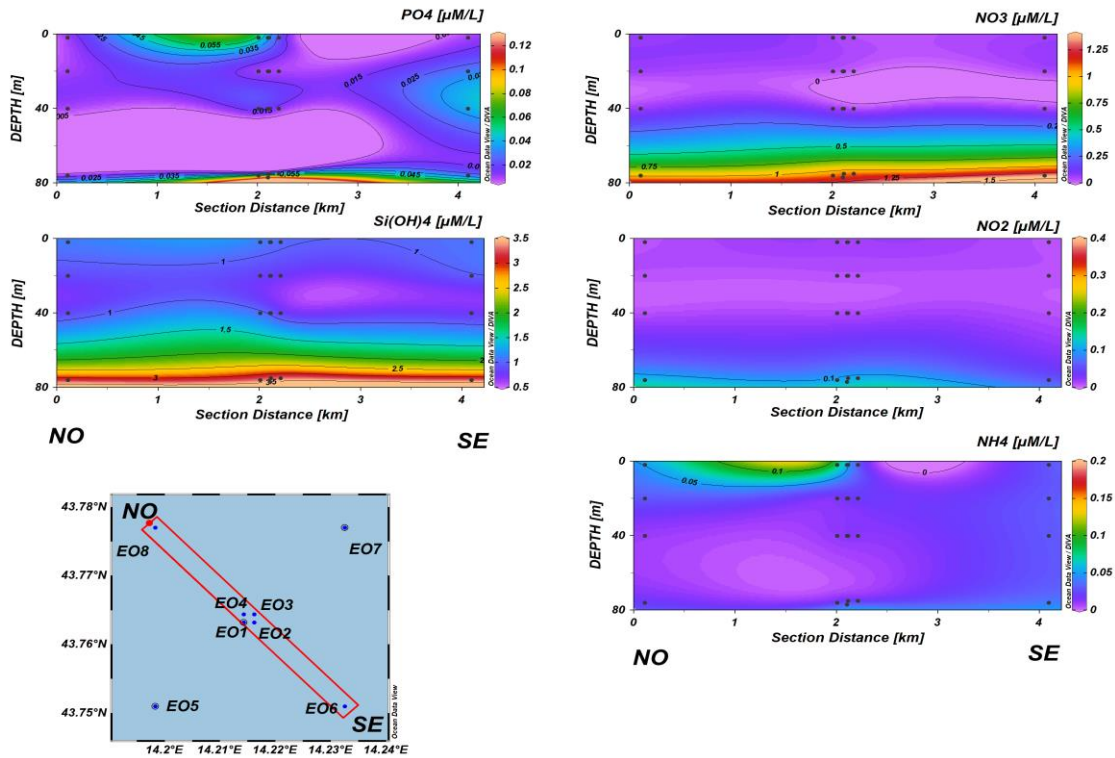
**Fig. 3.16a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Marzo 2022.**



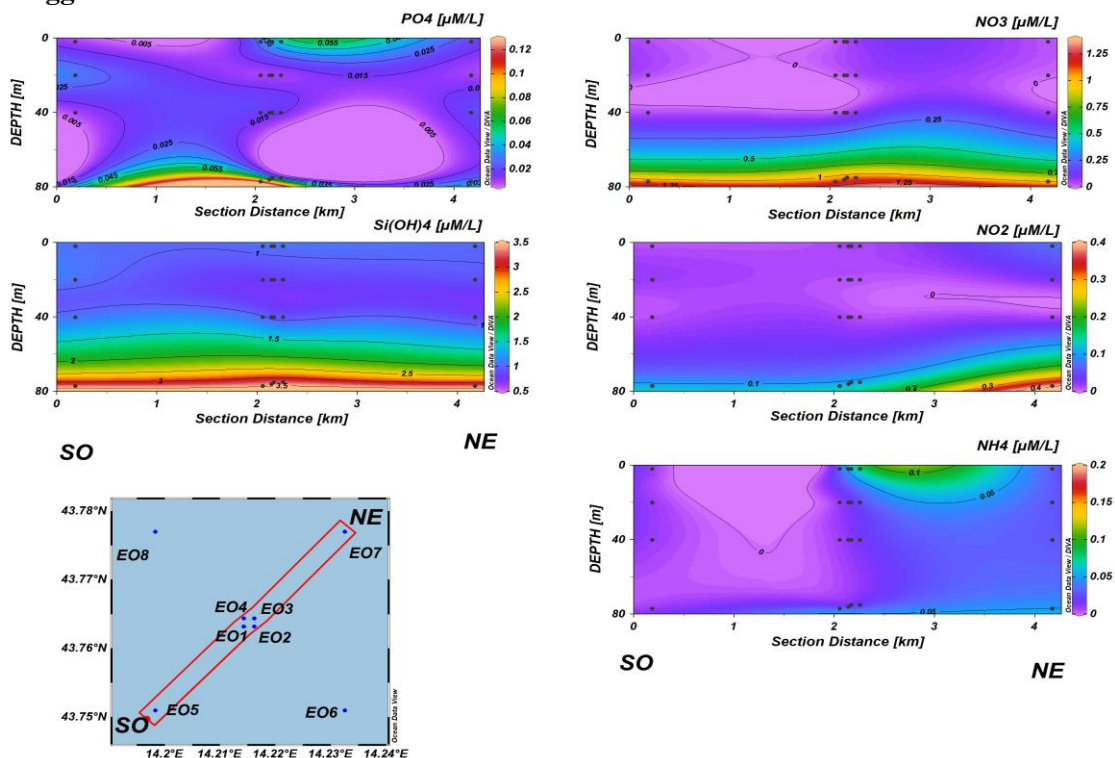
**Fig. 3.16b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Marzo 2022.**



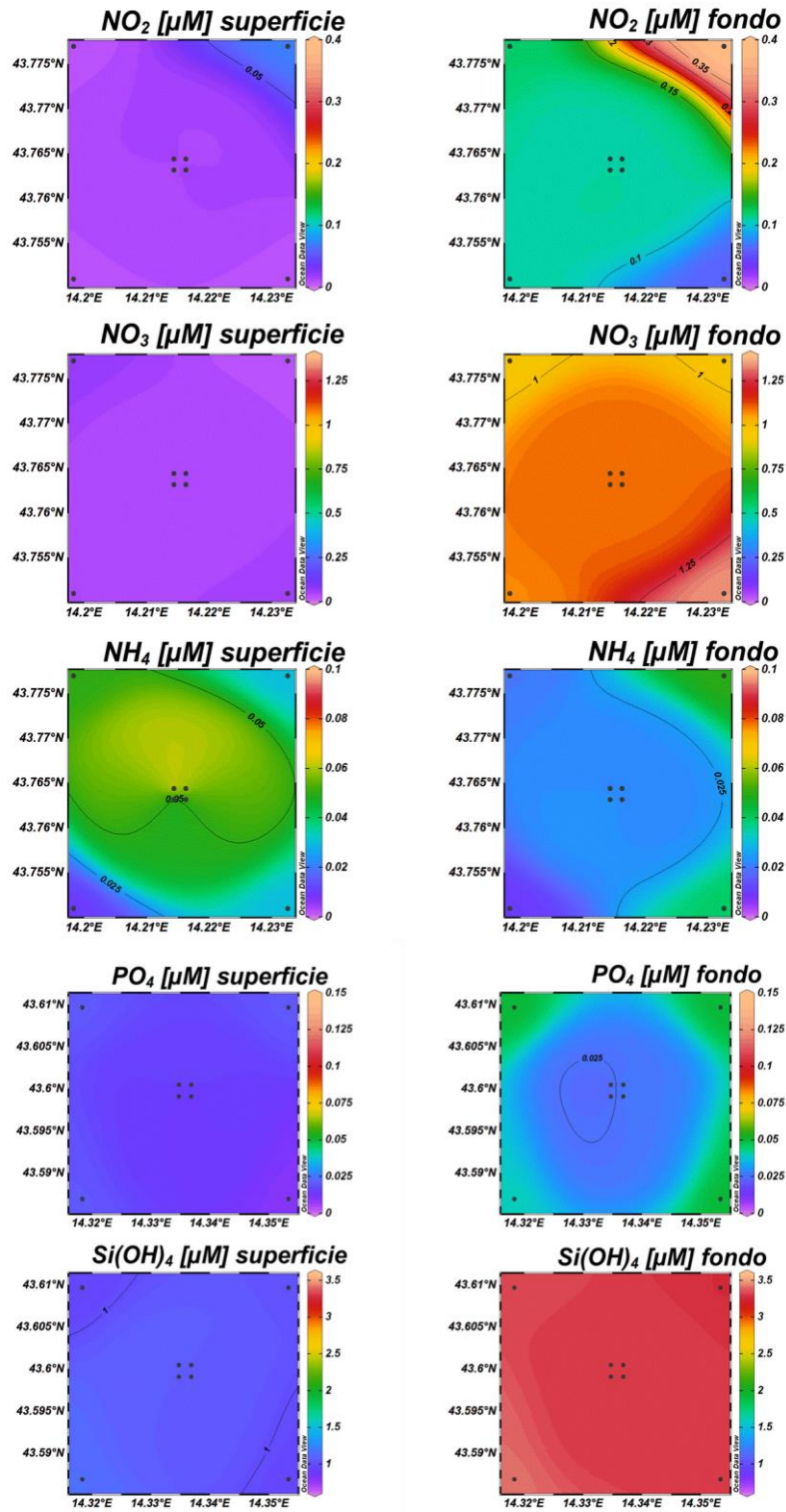
**Fig. 3.17** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Marzo 2022.



**Fig. 3.18a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Maggio 2022.



**Fig. 3.18b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Maggio 2022.



**Fig. 3.19** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Maggio 2022.



Nel **luglio 2022** (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,06 \pm 0,08 \mu\text{M}$  per i nitrati ( $\text{NO}_3$ ),  $0,07 \pm 0,10 \mu\text{M}$  per i nitriti ( $\text{NO}_2$ ),  $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$  per l'ammonio ( $\text{NH}_4$ ). In generale le concentrazioni più elevate di nitriti sono state rilevate nelle acque di fondo, mentre per i nitrati e l'ammonio non è stato rilevato alcun andamento particolare. Il valore più elevato di nitrati ( $0,29 \mu\text{M}$ ) è stato misurato in superficie della stazione E8, mentre concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state riscontrate a quote variabili tra la superficie ed i 40 m in tutte le stazioni. La concentrazione media di  $\text{NO}_2$  al fondo è risultata pari a  $0,21 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ; il massimo ( $0,31 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 m della stazione E3, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state osservate a quote variabili tra la superficie ed i 40 m in tutte le stazioni. La concentrazione massima di  $\text{NH}_4$  ( $0,11 \mu\text{M}$ ) è stata misurata al fondo della stazione E1 e in superficie della stazione E7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutte le altre stazioni.

Le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ) sono risultate contenute ed omogenee ( $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ); fatta eccezione per i due valori più elevati  $0,12$  e  $0,06 \mu\text{M}$ , riscontrati rispettivamente delle stazioni E3 ed E8 nella quota superficiale, il resto dei valori sono risultati uguali o inferiori a  $0,03 \mu\text{M}$ .

La concentrazione media di silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) è stata di  $1,54 \pm 1,11 \mu\text{M}$ . Valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni, con una concentrazione media pari a  $3,35 \pm 0,34 \mu\text{M}$ . Il massimo ( $3,74 \mu\text{M}$ ) è stato misurato al fondo della stazione E5, mentre il minimo ( $0,63 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 m nella stazione E4.

A **novembre 2022** (figg. 3.22a, 3.22b, 3.23) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,54 \pm 0,89 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,04 \pm 0,03 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$ ,  $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Per i  $\text{NO}_3$  le concentrazioni più elevate sono state osservate al fondo ( $2,05 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ) con il massimo ( $2,15 \mu\text{M}$ ) nella stazione E5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m di tutte le stazioni. Per i  $\text{NO}_2$  non è stato osservato un andamento particolare, il massimo di  $0,14 \mu\text{M}$  è stato raggiunto alla profondità di 40 m nella stazione E6, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie ed i 40 m in tutte le stazioni tranne che nella E6. Anche per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare; il massimo ( $0,09 \mu\text{M}$ ) è stato misurato in superficie nella stazione





E6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati a quote variabili in tutte le stazioni.

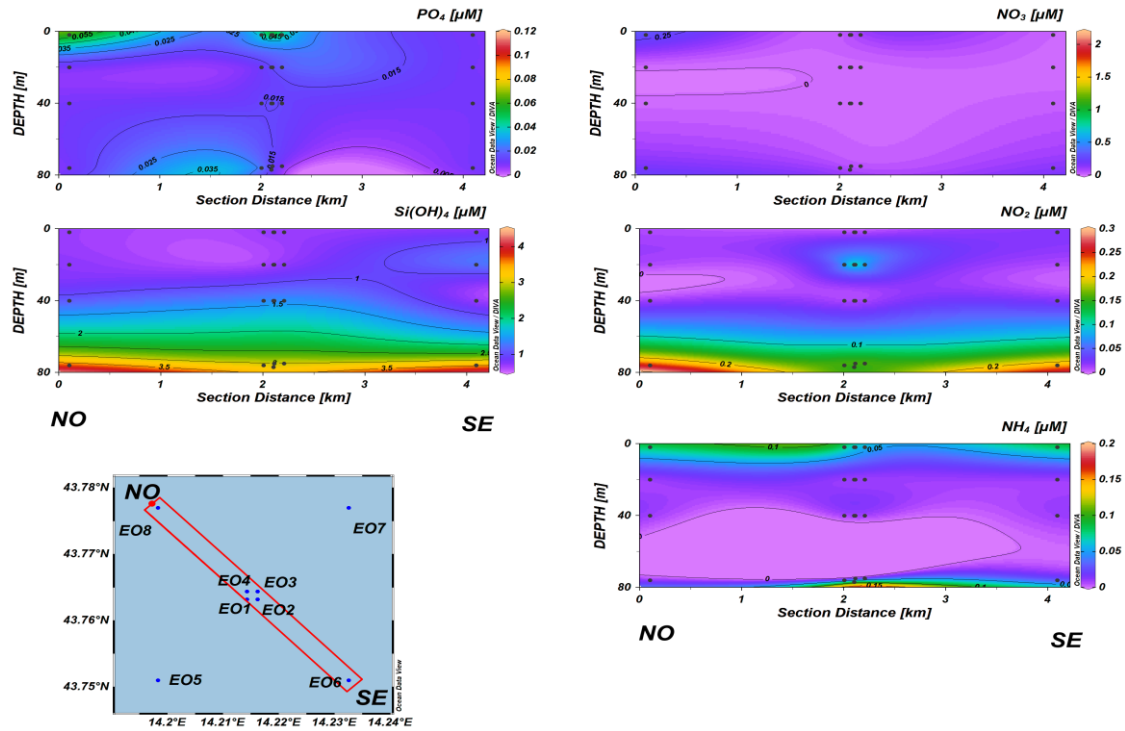
Per i fosfati le concentrazioni sono risultate omogenee e abbastanza contenute, con una media pari a  $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ . Il valore massimo ( $0,06 \mu\text{M}$ ) è stato osservato al fondo della stazione E1, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie ed i 40 m in tutte le stazioni.

Le concentrazioni dei silicati sono risultate mediamente più elevate nelle quote di fondo ( $4,30 \pm 0,10 \mu\text{M}$ ), con il massimo ( $4,41 \mu\text{M}$ ) nella stazione E6. Nelle altre quote la concentrazione media è risultata pari a  $0,93 \pm 0,25 \mu\text{M}$  ed il minimo ( $0,69 \mu\text{M}$ ) è stato osservato alla quota di 20 m della stazione E2.

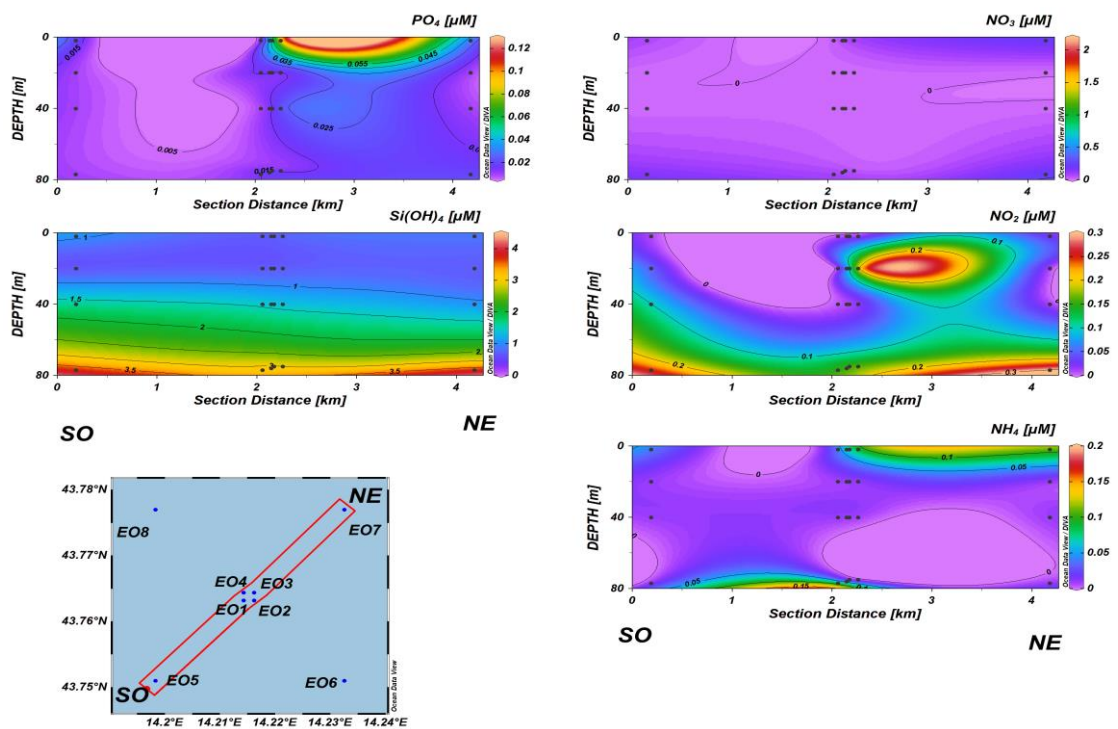
Nel **dicembre 2022** (figg. 3.24a, 3.24b, 3.25) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,35 \pm 0,50 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,12 \pm 0,03 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$ ,  $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Le concentrazioni di nitrati sono risultate più elevate nelle acque di fondo, mentre per i nitriti e l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  al fondo è risultata pari a  $1,18 \pm 0,22 \mu\text{M}$ ; il massimo ( $1,58 \mu\text{M}$ ) è stato riscontrato al fondo della stazione E8, mentre il minimo ( $0,03 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 m nella stazione E3. Le concentrazioni di  $\text{NO}_2$  sono variate tra un massimo di  $0,19 \mu\text{M}$  osservato a 20 m nella stazione E7 e un minimo di  $0,08 \mu\text{M}$  rilevato al fondo della stazione E8. I valori di  $\text{NH}_4$  sono risultati piuttosto contenuti e compresi tra un massimo di  $0,06 \mu\text{M}$  osservato a 20 m di profondità nella stazione E6, e valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale rilevati a quote variabili in tutte le stazioni.

Le concentrazioni di  $\text{PO}_4$  sono risultate piuttosto contenute ed omogenee ( $0,01 \pm 0,00 \mu\text{M}$ ) e i valori sono risultati uguali o inferiori a  $0,02 \mu\text{M}$ .

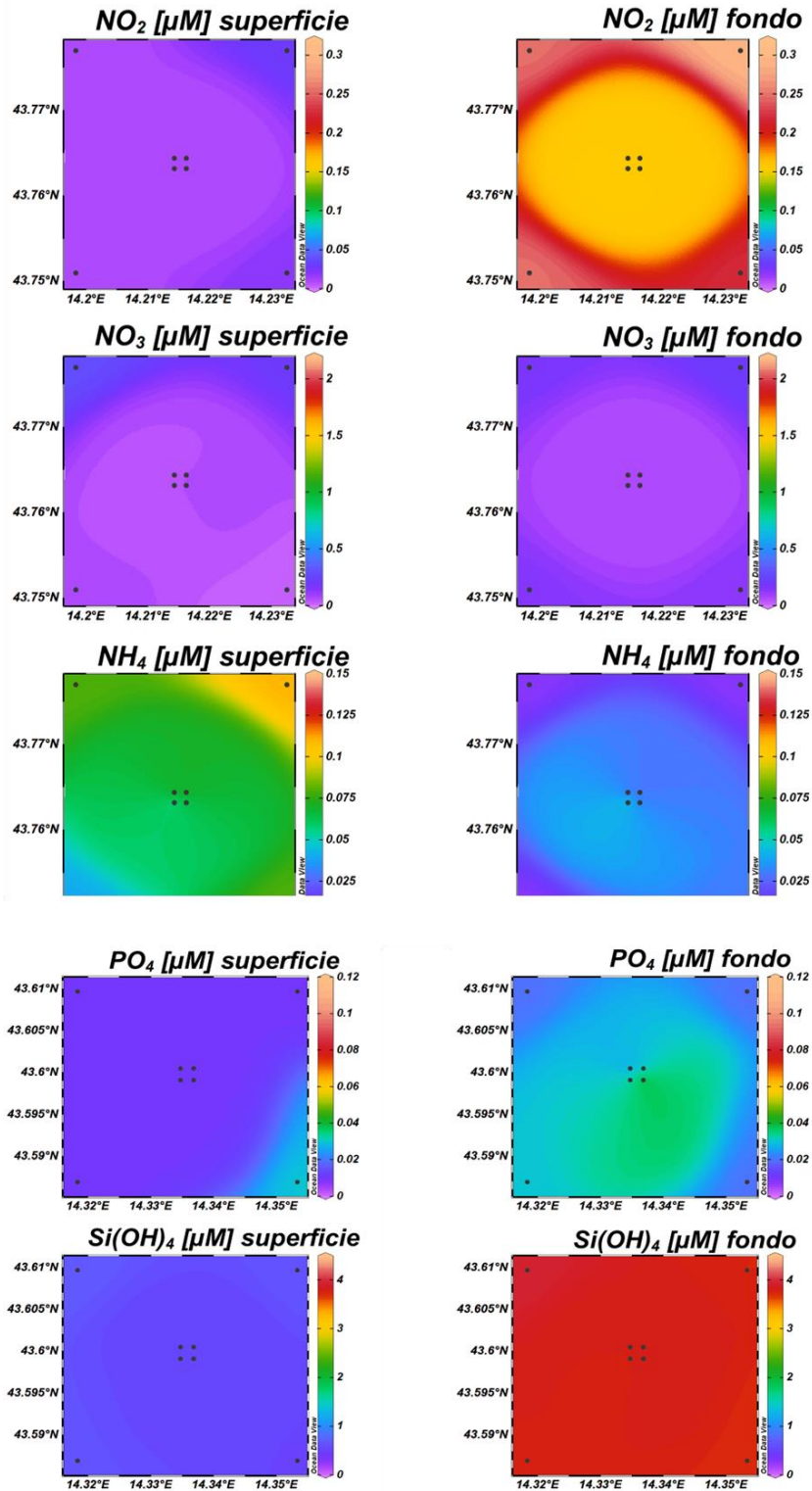
La concentrazione media di  $\text{Si(OH)}_4$  è stata di  $1,58 \pm 0,89 \mu\text{M}$ ; le concentrazioni più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo ( $3,06 \pm 0,39 \mu\text{M}$ ), con il massimo ( $3,77 \mu\text{M}$ ) misurato nella stazione E8, mentre il minimo ( $1,01 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 e 40 m nella stazione E3 e a 20 m nella stazione E5.



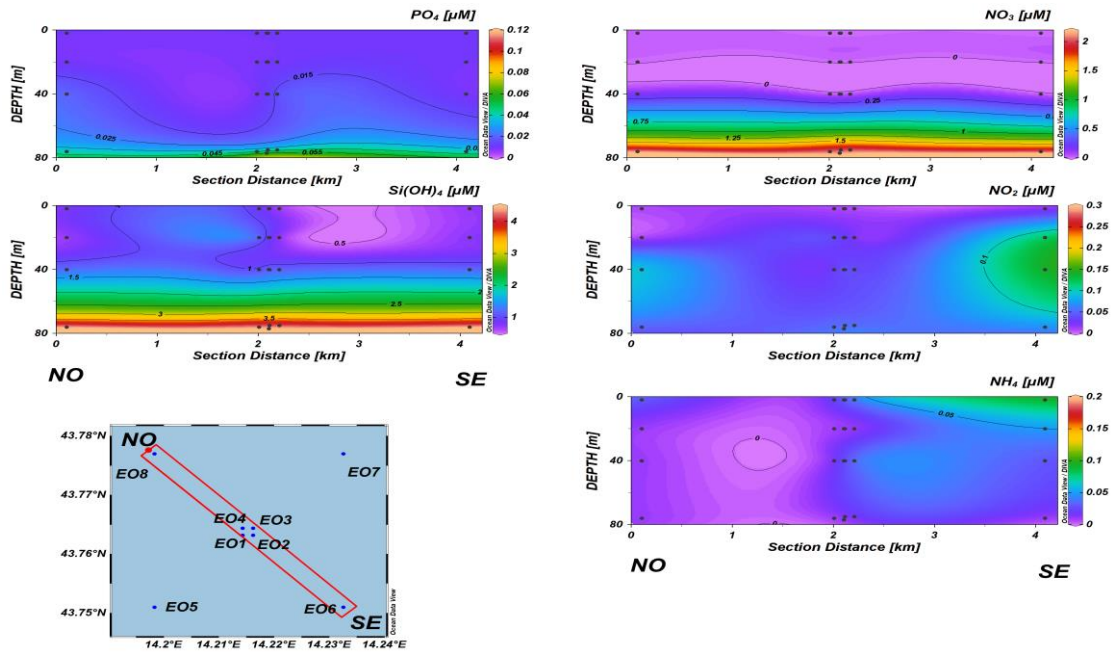
**Fig. 3.20a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Luglio 2022.



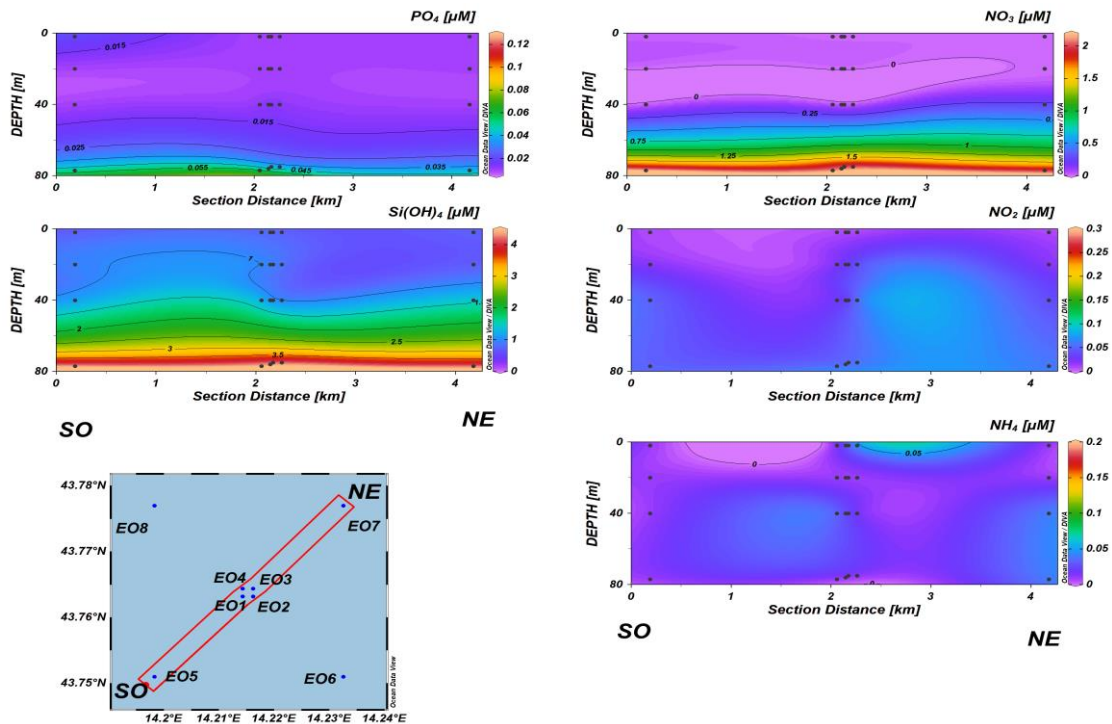
**Fig. 3.20b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Luglio 2022.



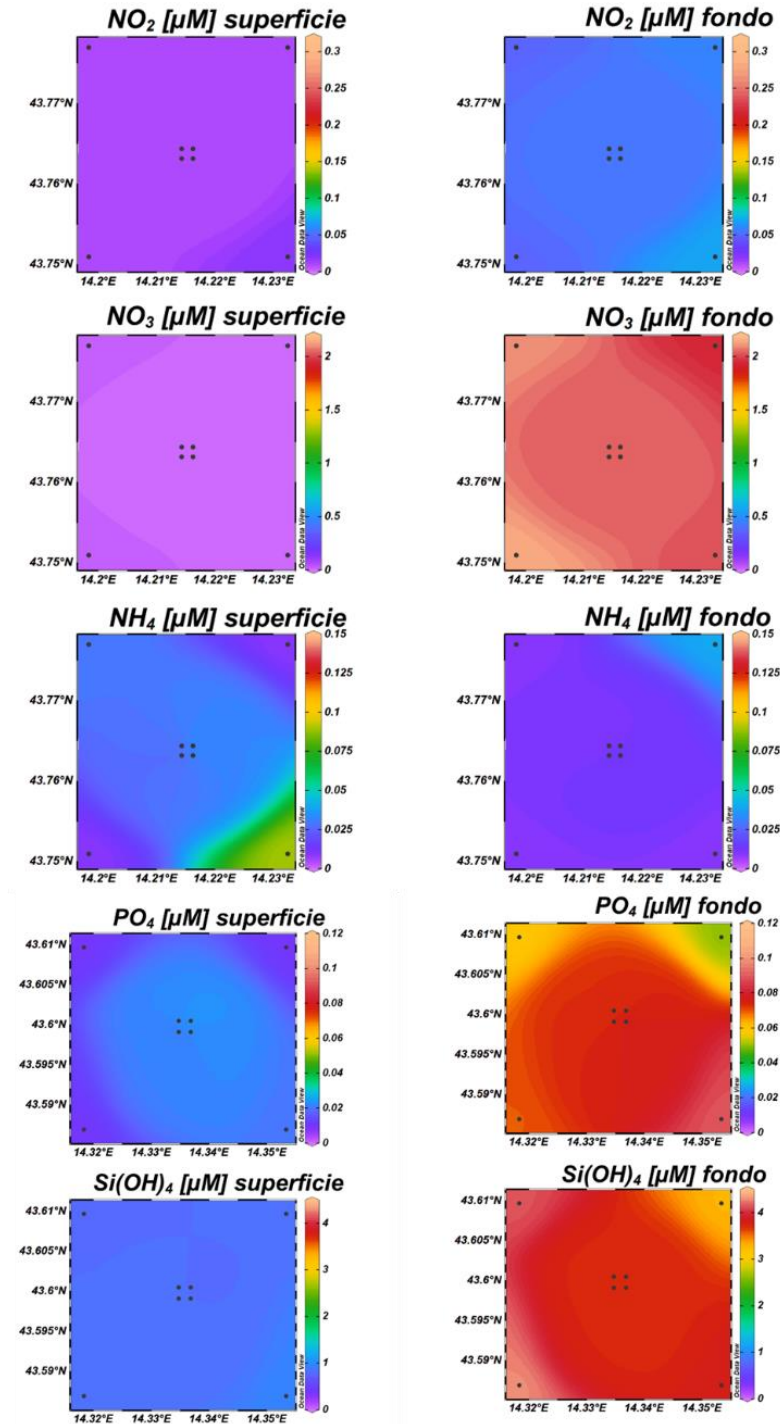
**Fig. 3.21** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in  $\mu$ M. **Luglio 2022.**



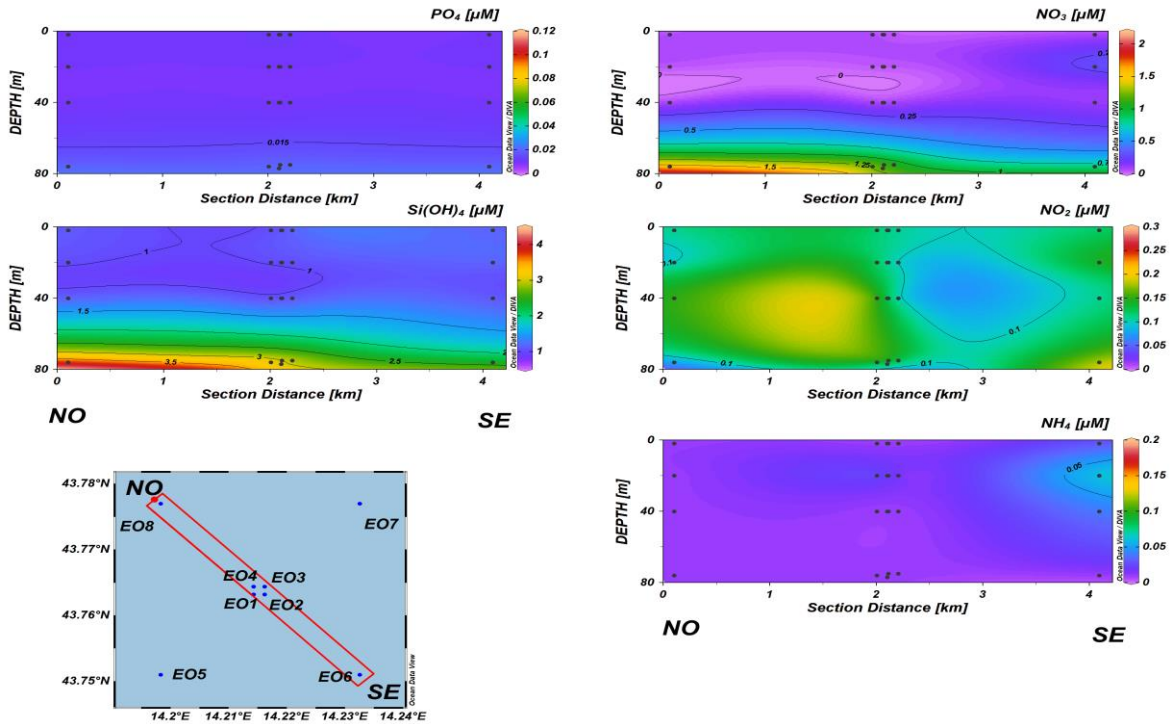
**Fig. 3.22a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Novembre 2022.



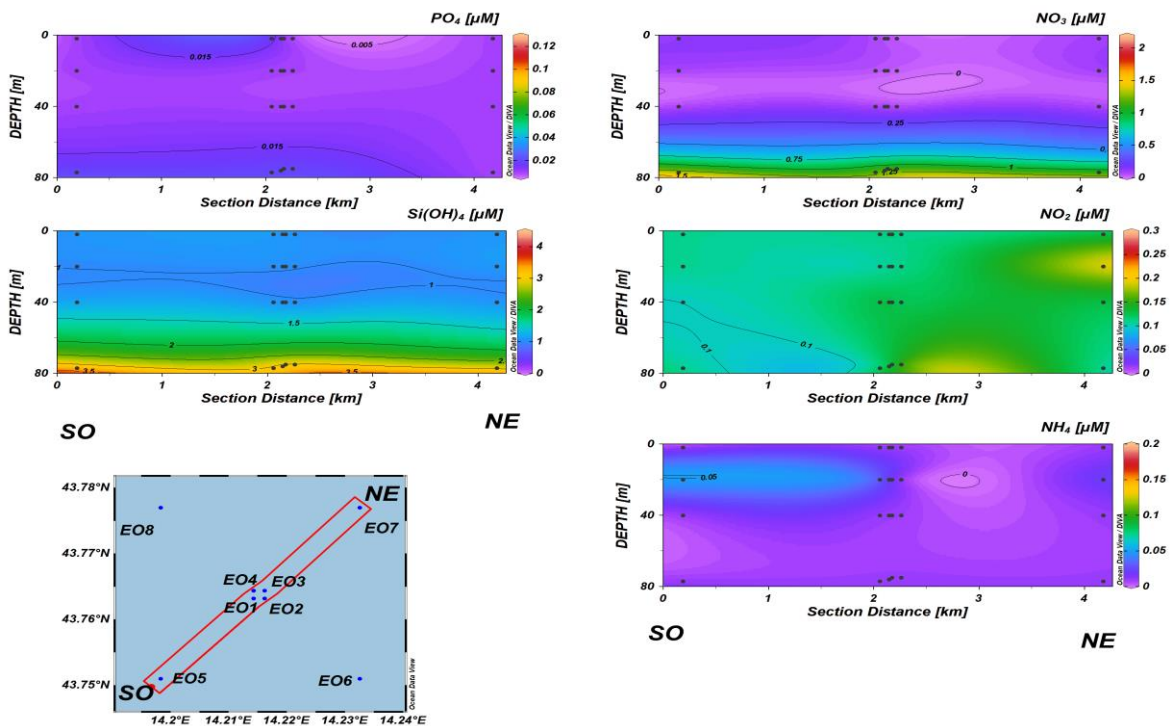
**Fig. 3.22b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Novembre 2022.



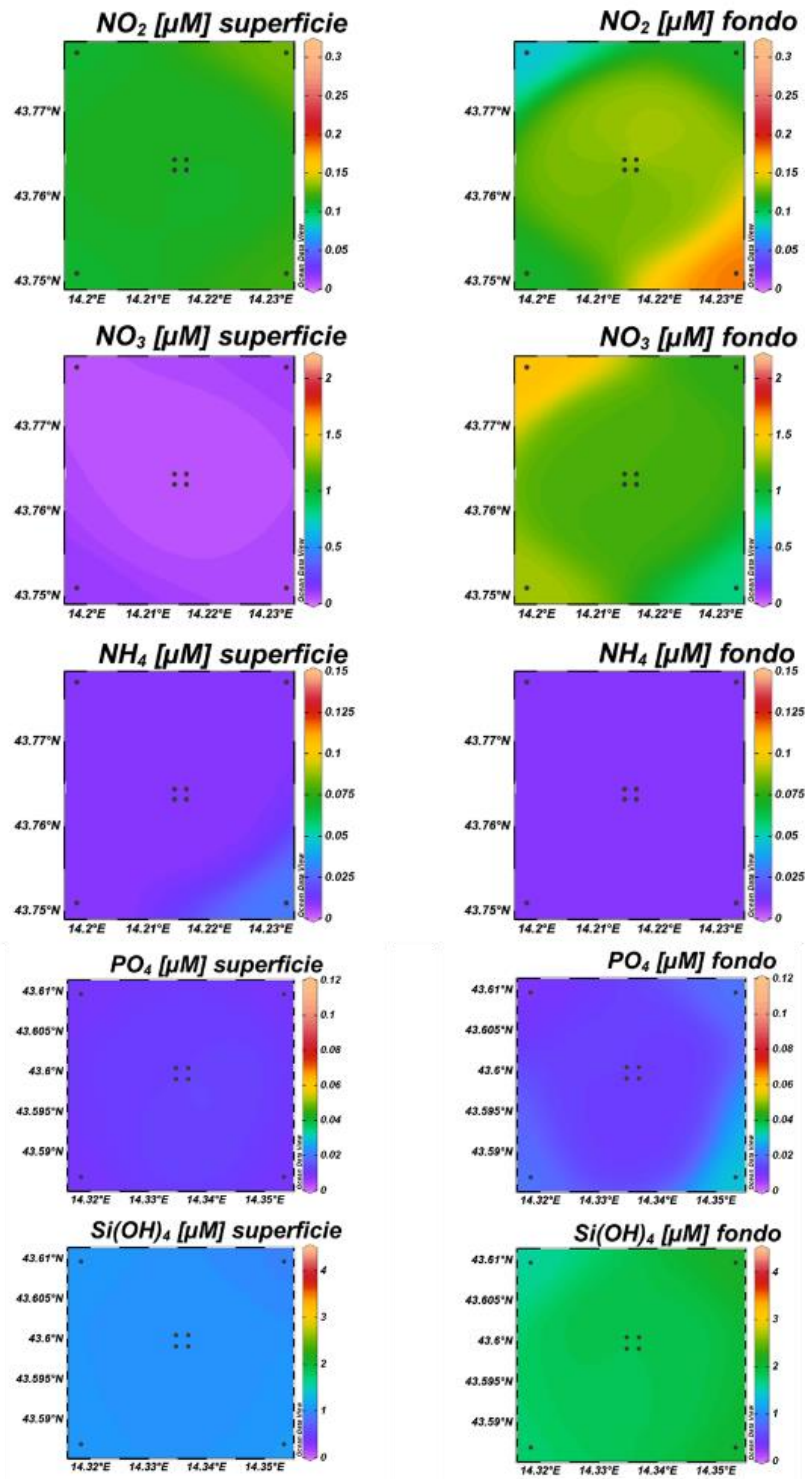
**Fig. 3.23** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Novembre 2022.**



**Fig. 3.24a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Dicembre 2022.



**Fig. 3.24b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . Dicembre 2022.



**Fig. 3.25** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in  $\mu$ M. **Dicembre 2022.**



### 3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

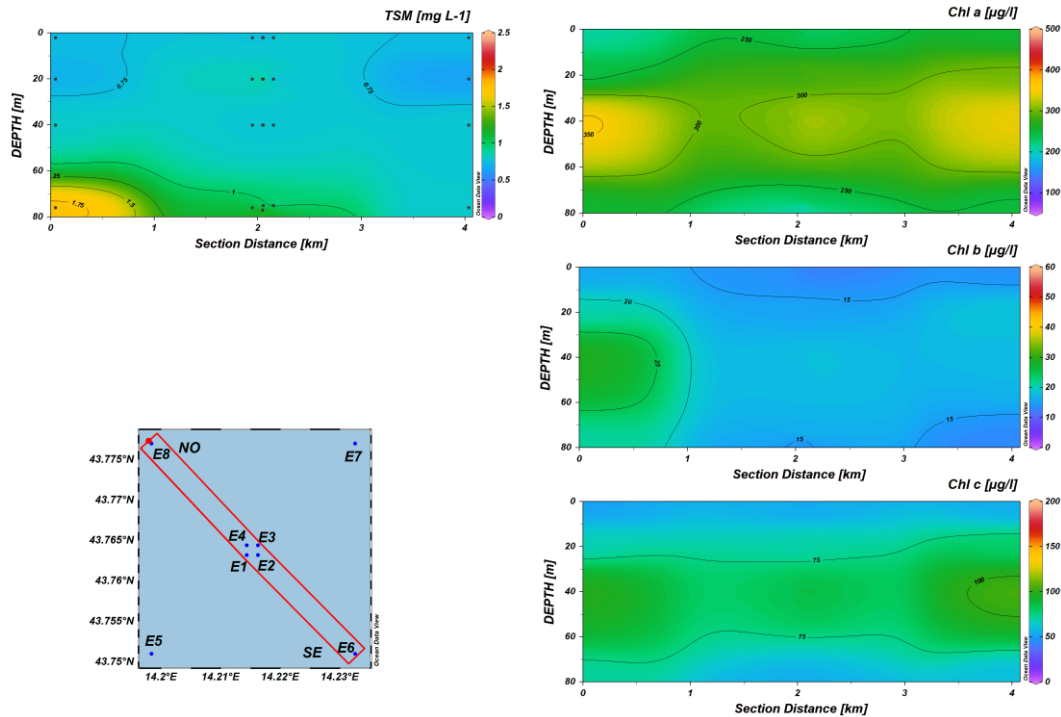
I risultati di **marzo 2022** relativi ai pigmenti clorofilliani e al TSM sono illustrati nelle figure 3.26a, 3.26b e 3.27. In occasione di tale campagna, la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $267 \pm 47 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $360,6 \text{ ng L}^{-1}$  ed un minimo di  $129,6 \text{ ng L}^{-1}$  misurati rispettivamente a 40 m di profondità in E8 ed al fondo in E1. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $17,1 \pm 4,3 \text{ ng L}^{-1}$  e  $67,9 \pm 14,7 \text{ ng L}^{-1}$ . Analogamente a quanto osservato per la Chl *a*, la concentrazione massima di Chl *b* ( $29,5 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata a 40 m in E8, mentre il minimo ( $7,1 \text{ ng L}^{-1}$ ) ha caratterizzato il fondo di E1. Il massimo di Chl *c* ( $106,2 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato a 40 m in E6, mentre la concentrazione minima ( $45,1 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata al fondo in E1. In generale, le concentrazioni di pigmenti clorofilliani sono risultate moderatamente più elevate a 40 m.

Il materiale particellato (TSM) ha presentato una concentrazione media pari a  $0,9 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Generalmente una maggiore concentrazione è stata riscontrata al fondo dell'area di campionamento. Il massimo ( $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo in E7, mentre il minimo ( $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato riscontrato a 20 m in E2.

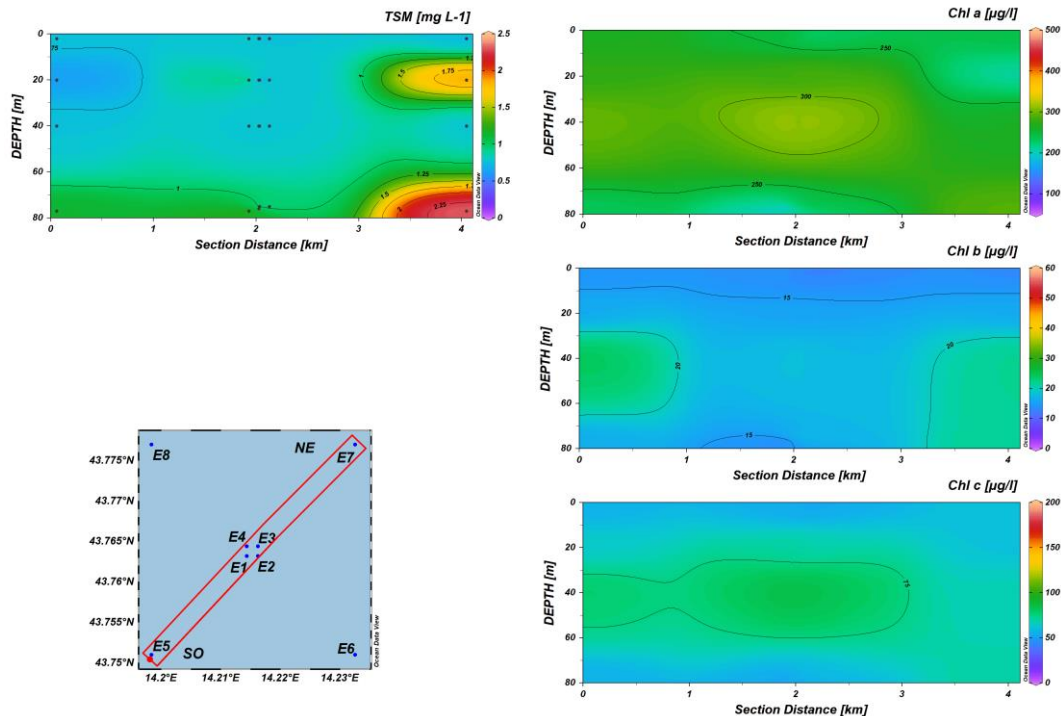
I risultati di **maggio 2022** relativi ai pigmenti clorofilliani e al TSM sono illustrati nelle figure 3.28a, 3.28b e 3.29. In occasione di tale campagna, la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a  $207,3 \pm 111,5 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $450,5 \text{ ng L}^{-1}$  misurato al fondo in E6 ed un minimo di  $82,8 \text{ ng L}^{-1}$  riscontrato alla quota superficiale di E1. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $22,5 \pm 17,2 \text{ ng L}^{-1}$  e  $79,3 \pm 53,1 \text{ ng L}^{-1}$ . Il valore massimo di Chl *b* ( $55,4 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo in E7, mentre il minimo ( $4,9 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato alla quota superficiale in E8. Come già osservato per la Chl *a*, il massimo di Chl *c* ( $182,5 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo in E6, mentre la concentrazione minima ( $23,1 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata osservata alla quota superficiale in E1. In generale, per le concentrazioni di pigmenti clorofilliani è stato rilevato un andamento crescente con l'aumentare della profondità.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a  $0,3 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Nel complesso, si osservano valori moderatamente più elevati nelle quote di fondo. Il massimo misurato ( $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato registrato al fondo in E1, E2 ed E8, mentre un valore prossimo allo zero ha caratterizzato i 20 m di E1 ed E5.

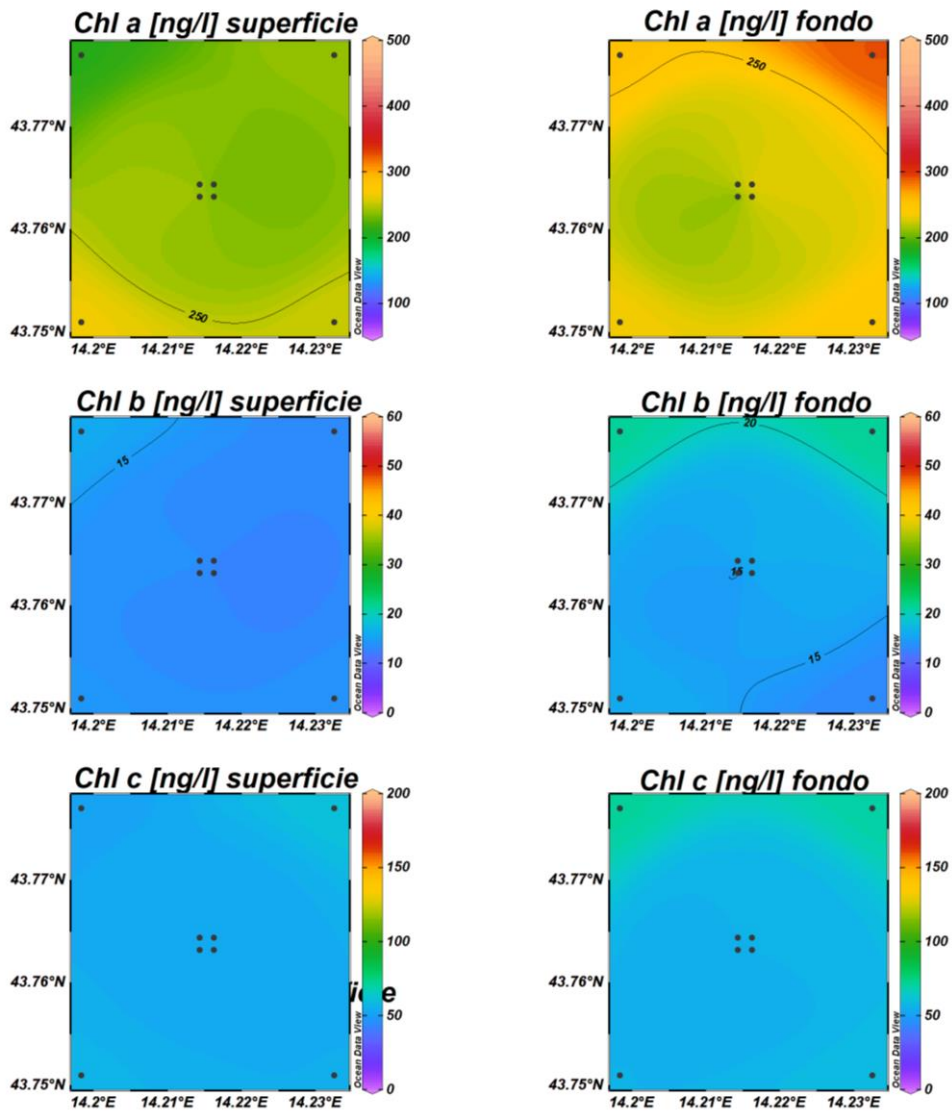




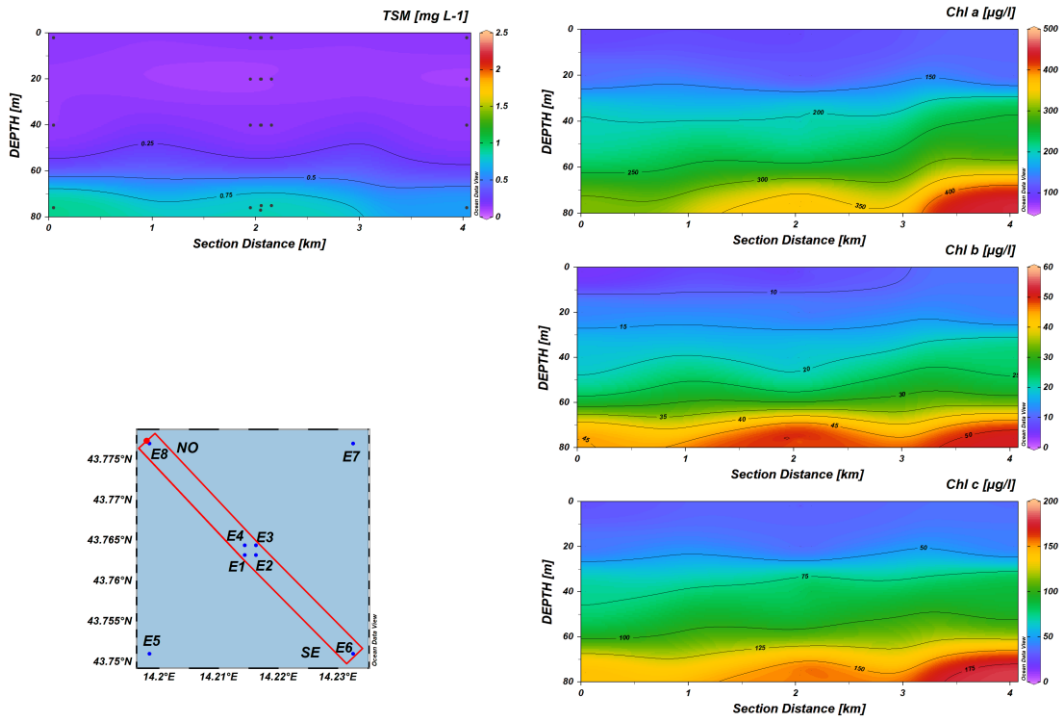
**Fig. 3.26a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Marzo 2022.**



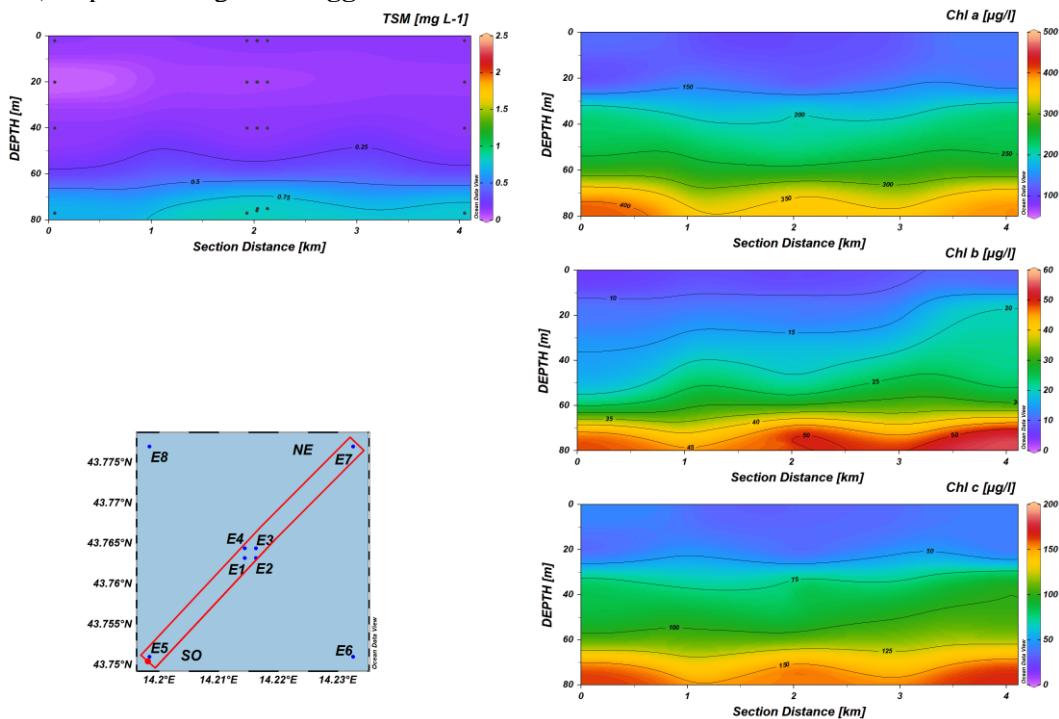
**Fig. 3.26b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Marzo 2022.**



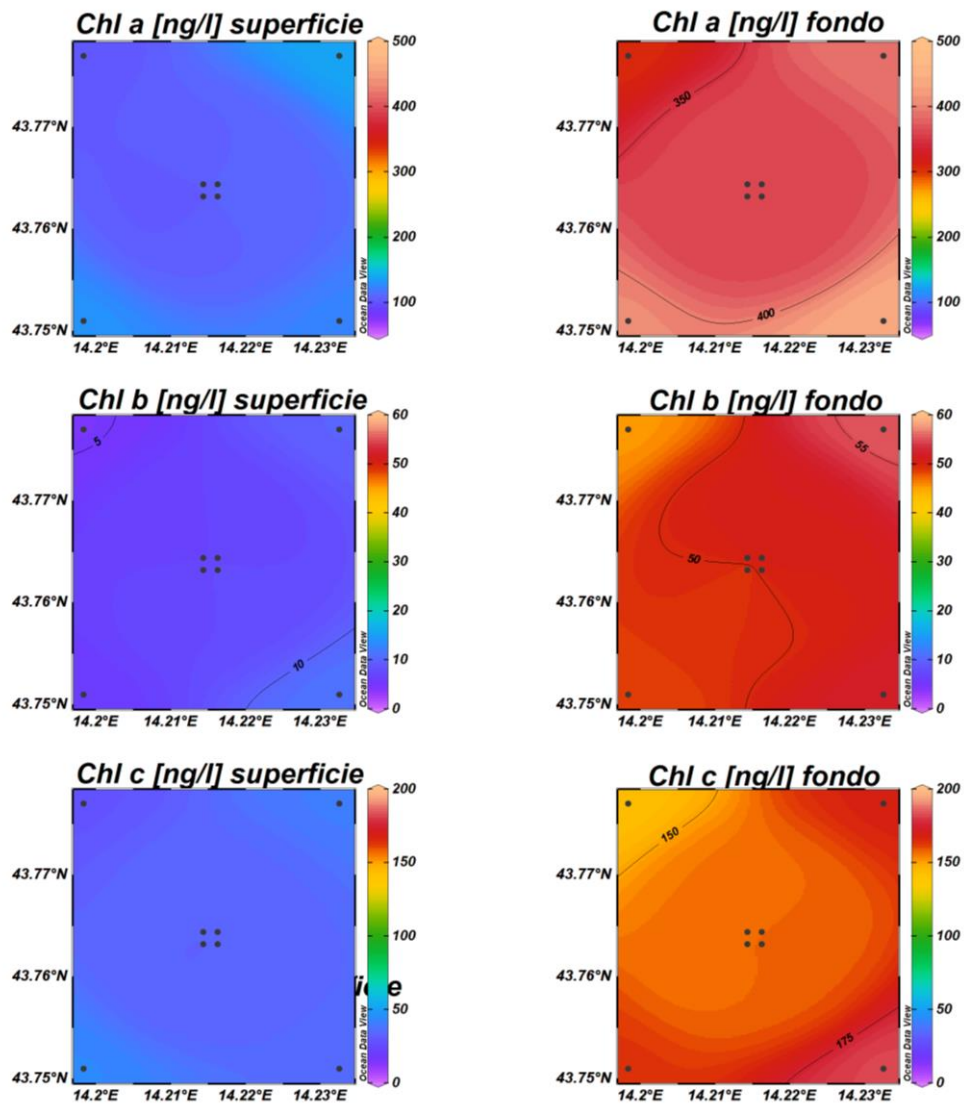
**Fig. 3.27** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Marzo 2022.**



**Fig. 3.28a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Maggio 2022.**



**Fig. 3.28b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **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  $\text{ng L}^{-1}$ . **Maggio 2022.**



I risultati della campagna di **Luglio** relativi alle concentrazioni dei pigmenti clorofilliani e dei TSM sono riportati in figura 3.30a, 3.30b e 3.31. La concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $106,4 \pm 87,5 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $365,5 \text{ ng L}^{-1}$  ed un minimo di  $53,8 \text{ ng L}^{-1}$  misurati rispettivamente al fondo e in superficie nella stazione E7. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $22,7 \pm 24,6 \text{ ng L}^{-1}$  e  $39,8 \pm 45,9 \text{ ng L}^{-1}$ . La concentrazione massima di Chl *b* ( $73,8 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata al fondo della stazione E5, mentre il minimo ( $5,2 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato osservato in superficie della stazione E7, come osservato per la Chl *a*. Come per Chl *a*, il massimo di Chl *c* ( $170,8 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato al fondo della stazione E7, mentre la concentrazione minima ( $10,6 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata in superficie nella stazione E5.

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

Il materiale particolato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a  $0,6 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ . Come per la i pigmenti clorofilliani, generalmente una maggiore concentrazione è stata riscontrata al fondo dell'area di campionamento. Il massimo ( $1,7 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo della stazione E4, mentre il minimo ( $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato riscontrato a 20 m nella stazione E5.

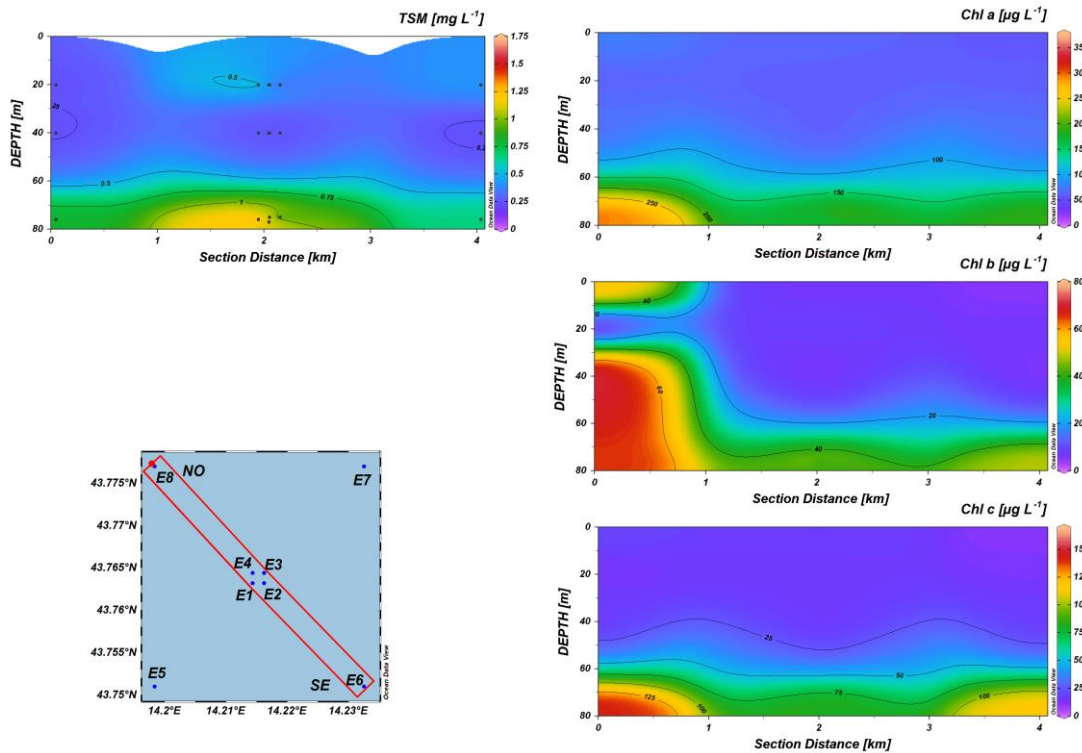
I risultati relativi della campagna di **novembre** relativi alle concentrazioni dei pigmenti clorofilliani e dei TSM sono rappresentati nelle figure 3.32a, 3.32b e 3.33. La concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a  $183,0 \pm 18,5 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $231,8 \text{ ng L}^{-1}$  misurato a 40 m di profondità nella stazione E8 ed un minimo di  $148,0 \text{ ng L}^{-1}$  riscontrato in superficie della stazione E4. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $29,9 \pm 15,2 \text{ ng L}^{-1}$  e  $51,2 \pm 15,7 \text{ ng L}^{-1}$ . La concentrazione massima di Chl *b* ( $55,7 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata al fondo nella stazione E1, mentre il minimo ( $11,2 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato in superficie della E6. Come per la Chl *b* il massimo di Chl *c* ( $73,8 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato in superficie nella stazione E5, mentre la concentrazione minima ( $29,9 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata sempre in superficie della stazione E1. Le concentrazioni dei pigmenti clorofilliani sono risultati maggiori alle quote di fondo rispetto a quelle superficiali. Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una concentrazione media pari a  $0,5 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Anche in questo caso le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato



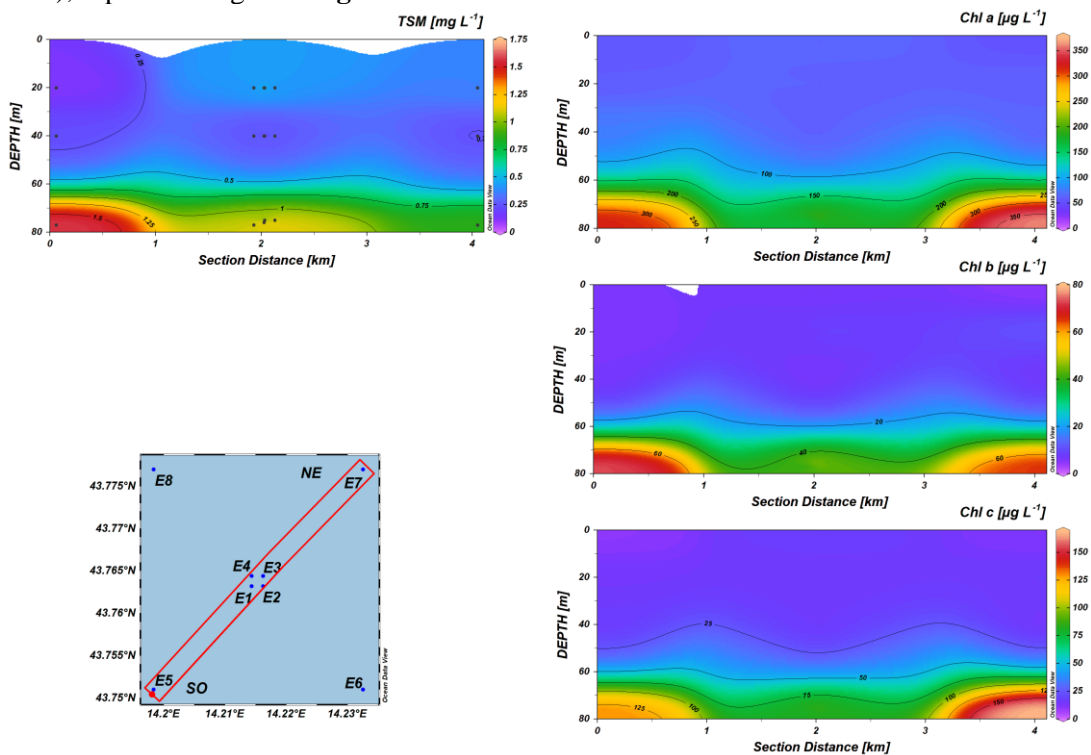
di fondo dell'area di campionamento, il massimo ( $1,4 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato registrato al fondo della E2.

I risultati relativi della campagna di **dicembre** relativi alle concentrazioni dei pigmenti clorofilliani e dei TSM sono rappresentati nelle figure 3.34a, 3.34b e 3.35. La concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a  $163,4 \pm 30,0 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $202,7 \text{ ng L}^{-1}$  ed un minimo di  $98,7 \text{ ng L}^{-1}$  misurati a 40 m di profondità nella stazione E2 e al fondo nella stazione E8 rispettivamente. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $13,4 \pm 2,2 \text{ ng L}^{-1}$  e  $49,5 \pm 9,2 \text{ ng L}^{-1}$ . Il valore massimo di Chl *b* ( $19,6 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo nella stazione E2, mentre il minimo ( $8,8 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato nella stazione E7 in superficie. Il massimo di Chl *c* ( $67,2 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato a 40 m nella stazione E7, mentre la concentrazione minima ( $30,7 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata osservata al fondo della stazione E5. In generale per la Chl *a* e la Chl *c* le concentrazioni più elevate hanno caratterizzato la quota di 40 m di profondità, mentre le concentrazioni di Chl *b* sono risultate piuttosto omogenee lungo la colonna d'acqua.

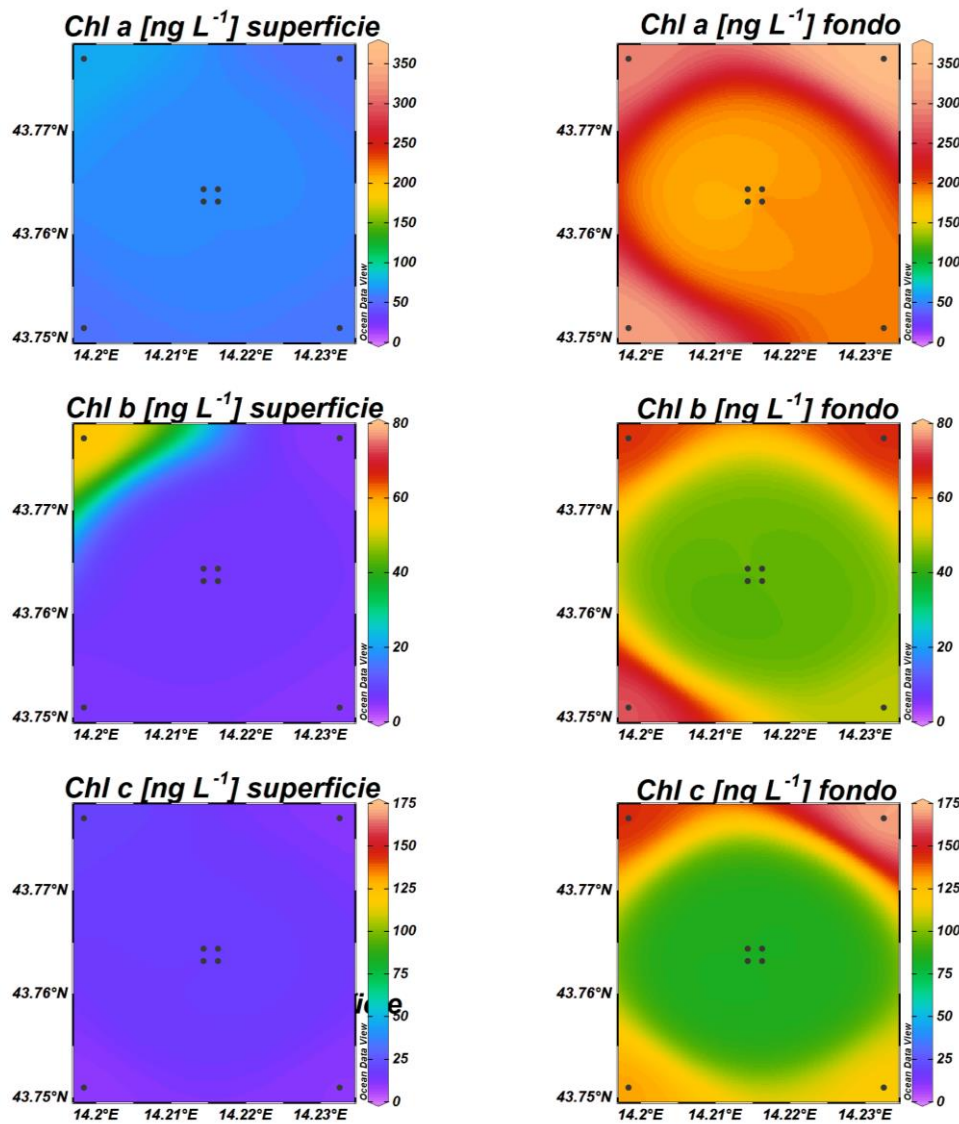
Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a  $0,8 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ , le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento, con il massimo ( $1,8 \text{ mg L}^{-1}$ ) registrato al fondo della stazione E7.



**Fig. 3.30a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Luglio 2022**.

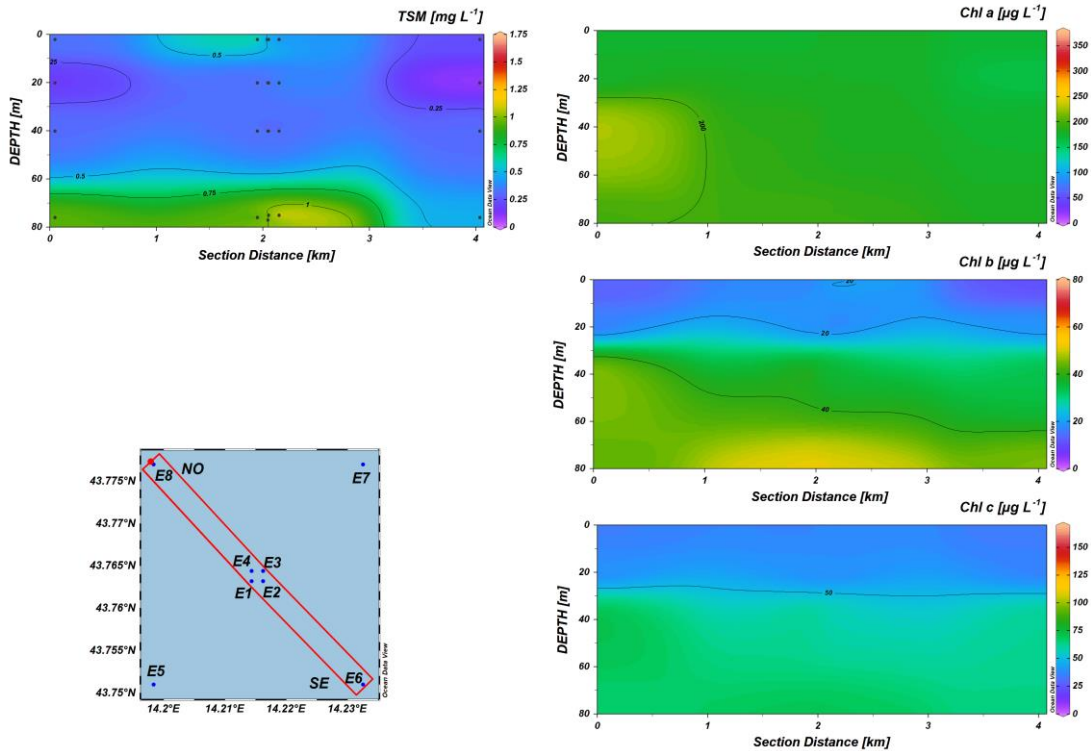


**Fig. 3.30b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Luglio 2022**.

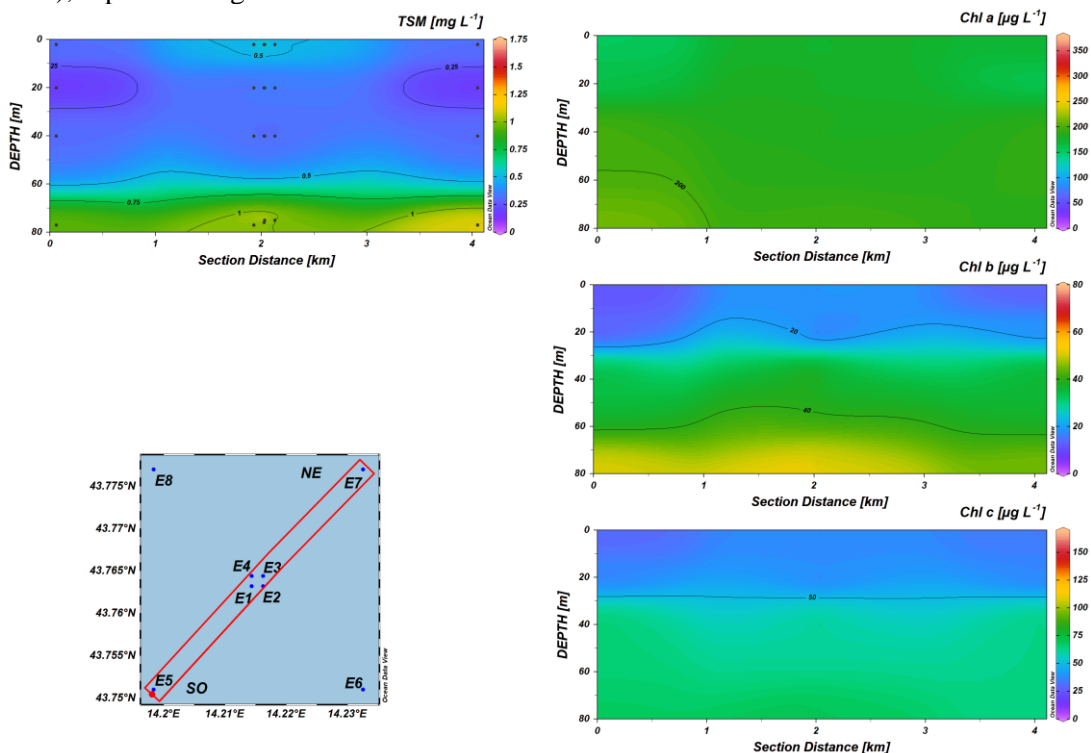


**Fig. 3.31** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng L<sup>-1</sup>. **Luglio 2022.**

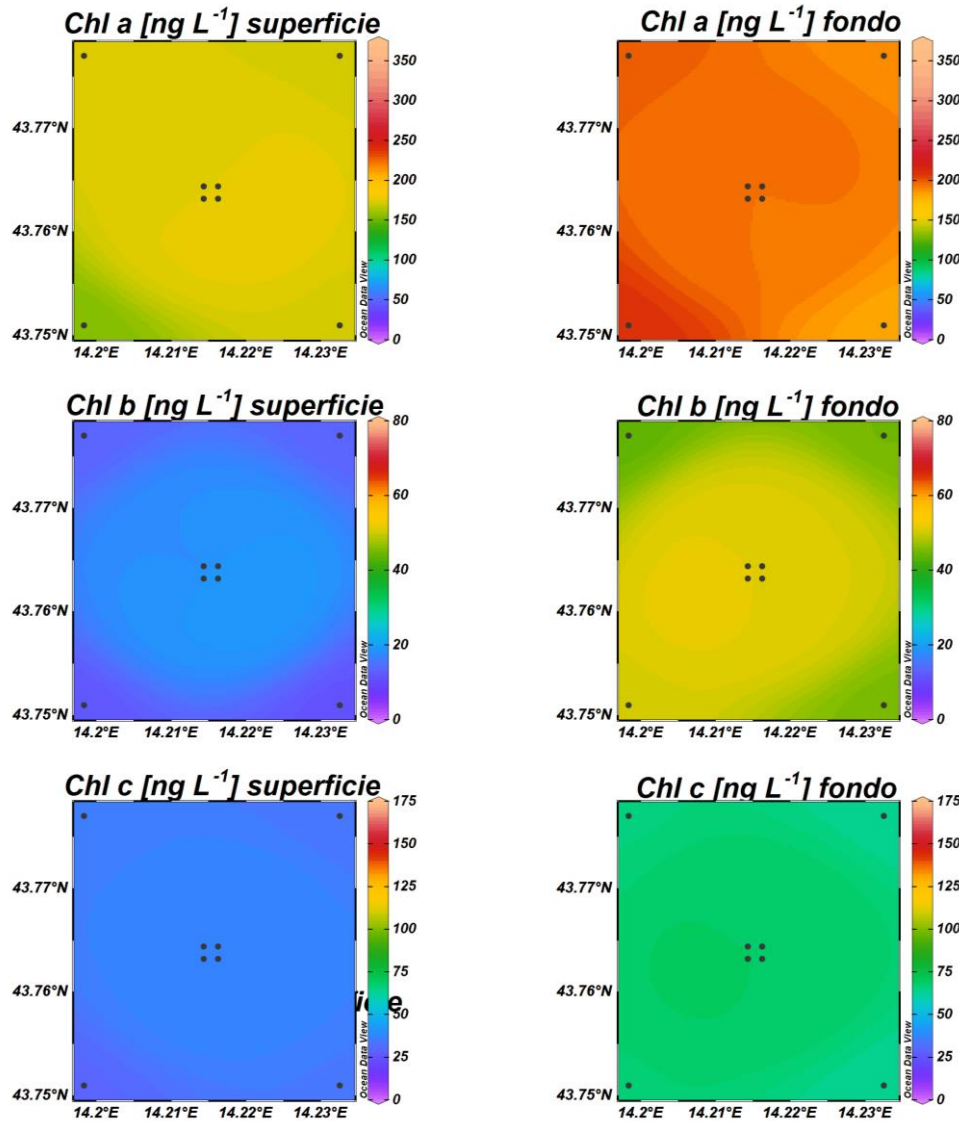




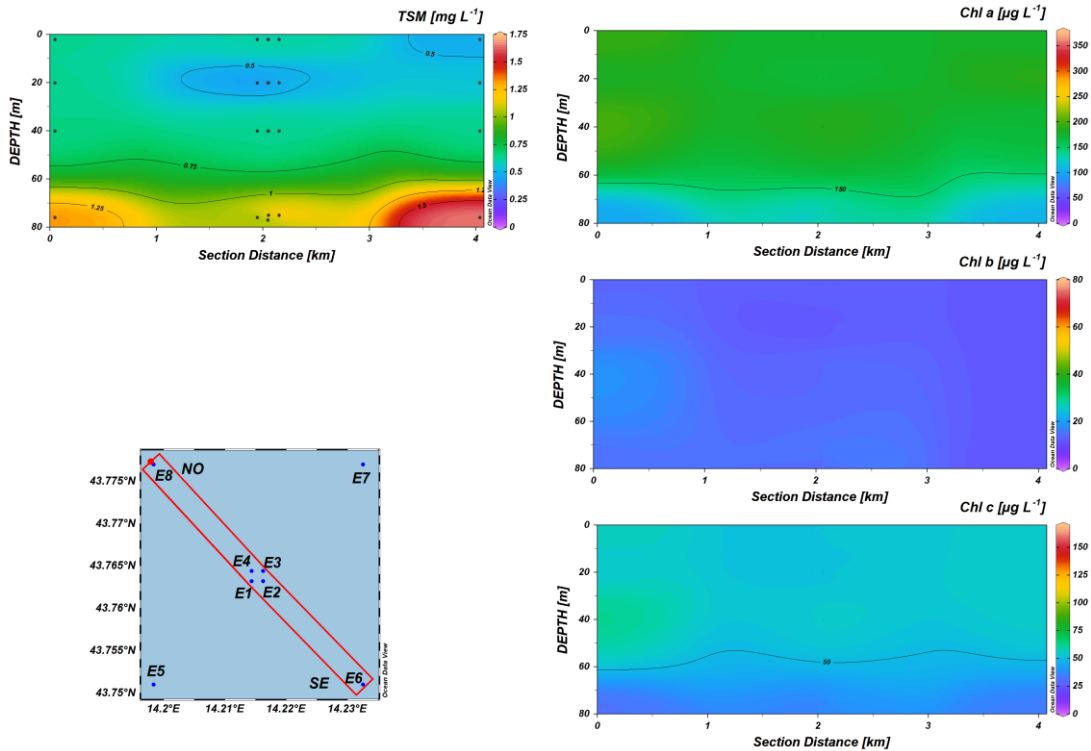
**Fig. 3.32a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Novembre 2022.**



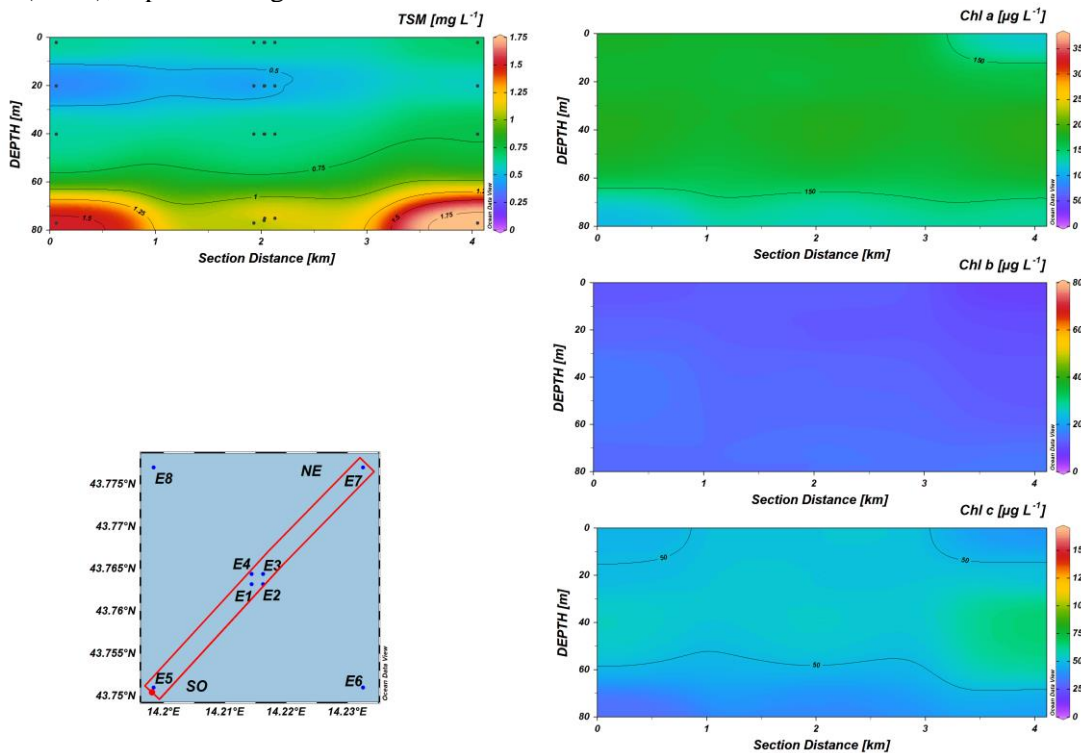
**Fig. 3.32b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Novembre 2022.**



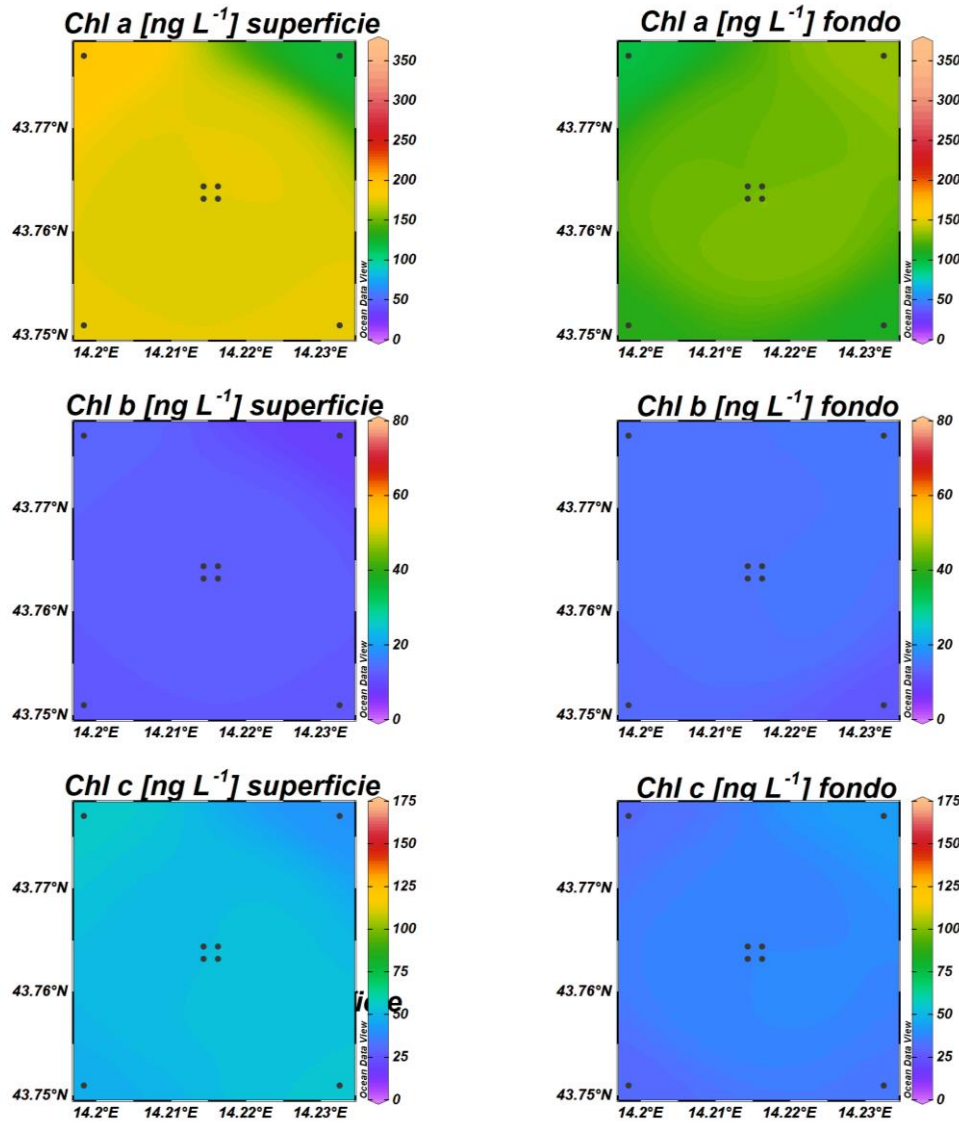
**Fig. 3.33** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Novembre 2022.**



**Fig. 3.34a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{µg L}^{-1}$ . **Dicembre 2022.**



**Fig. 3.34b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in  $\text{µg L}^{-1}$ . **Dicembre 2022.**



**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  $\text{ng L}^{-1}$ . **Dicembre 2022**.

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

Le concentrazioni degli **Idrocarburi totali (IT)**, **Idrocarburi Alifatici (IA)** e **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** ricercati, lungo tutta la colonna d'acqua, nelle stazioni campionate durante le 3 campagne di monitoraggio condotte nel 2° semestre 2022 espressi in  $\mu\text{g L}^{-1}$  sono riportati 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
E1 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E1 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E1 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E1 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E2 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E2 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E2 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E2 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E3 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E3 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E3 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E3 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E4 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E4 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E4 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E4 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E5 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E5 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E5 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E5 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E6 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E6 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E6 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E6 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E7 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E7 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E7 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E7 Fondo	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E8 sup	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E8 20 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E8 40 m	< 31	< 31	< 31	< 31	< 31
E8 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 campionamenti effettuati nel 2° semestre così come nelle campagne di marzo e maggio.

**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
E1 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E1 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E1 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E1 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E2 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E2 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E2 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E2 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E3 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E3 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E3 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E3 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E4 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E4 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E4 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E4 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E5 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E5 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E5 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E5 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E6 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E6 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E6 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E6 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E7 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E7 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E7 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E7 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E8 sup	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E8 20 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E8 40 m	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23
E8 Fondo	< 23	< 23	< 23	< 23	< 23

Le concentrazioni degli IPA (Tab. 3-III), nelle tre campagne di monitoraggio del 2° semestre, sono risultate piuttosto contenute. A luglio, gli IPA sono stati quantificati in quasi il 70% dei campioni, in un range globale di 0,0069-0,05737  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Nelle stazioni più vicine alla piattaforma, E1-E4, la concentrazione media (E5 0,0048  $\pm$  0,0022  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) è risultata più elevata rispetto a quella delle stazioni di controllo E5-E8 (0,0009  $\pm$  0,0001  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Nei mesi di novembre e dicembre è stato possibile quantificare gli IPA in soli 7 campioni omogeneamente distribuiti tra i 2 gruppi di stazioni, i valori sono rientrati nel range tra 0,0007 e 0,0019  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Si riporta nella Tab. 3-IIIb le concentrazioni del **Benzo(a)pirene**.

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

IROCARBURI POLICICLICI AROMATICI ( $\Sigma$ 16 IPA)					
Stazione	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,0028	0,00095	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E1 20 m	<0,0028	0,00084	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E1 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E1 Fondo	<0,0028	<0,0028	0,00102	<0,0028	<0,0028
E2 sup	<0,0028	<0,0028	0,00065	<0,0028	<0,0028
E2 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E2 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E2 Fondo	<0,0028	0,00099	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E3 sup	<0,0028	0,00101	0,0061	<0,0028	<0,0028
E3 20 m	<0,0028	0,00118	0,0069	0,00105	<0,0028
E3 40 m	0,000203	0,0019	0,0057	<0,0028	<0,0028
E3 Fondo	<0,0028	0,00095	0,0048	<0,0028	<0,0028
E4 sup	<0,0028	0,00154	0,006	0,0008	0,00067
E4 20 m	<0,0028	0,00102	0,0057	<0,0028	<0,0028
E4 40 m	0,00087	0,0042	0,0056	<0,0028	<0,0028
E4 Fondo	0,0007	0,00182	0,0055	<0,0028	0,00076
E5 sup	<0,0028	<0,0028	0,00107	<0,0028	<0,0028
E5 20 m	0,00079	0,00071	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E5 40 m	0,00086	0,001	0,00083	<0,0028	<0,0028
E5 Fondo	0,00085	0,00083	0,00081	<0,0028	<0,0028
E6 sup	0,00058	0,00141	0,00093	0,00098	<0,0028
E6 20 m	0,00104	0,00114	0,00094	<0,0028	<0,0028
E6 40 m	0,00078	0,00088	0,00078	<0,0028	<0,0028
E6 Fondo	0,00075	0,00079	0,00088	<0,0028	0,00185
E7 sup	0,0008	<0,0028	0,00087	<0,0028	<0,0028
E7 20 m	0,00079	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E7 40 m	0,00122	<0,0028	0,00071	<0,0028	<0,0028
E7 Fondo	0,00081	<0,0028	0,0008	<0,0028	<0,0028
E8 sup	0,00119	0,032	0,00078	<0,0028	0,00081
E8 20 m	0,00071	0,032	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E8 40 m	0,00105	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028
E8 Fondo	0,00096	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,0028

**Tab. 3-IIIb** - Concentrazioni ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) del Benzo(a)pirene misurate nei surveys condotti nel 2022.

Stazione	Benzo(a)pirene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E1 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E1 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E1 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E2 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E2 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E2 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E2 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E3 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E3 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E3 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E3 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E4 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E4 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E4 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E4 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E5 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E5 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E5 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E5 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E6 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E6 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E6 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E6 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E7 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E7 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E7 40 m	0,000150	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E7 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E8 sup	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E8 20 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E8 40 m	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140
E8 Fondo	<0,00014	<0,000140	<0.000140	<0,000140	<0,000140

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

I valori di **benzene** rilevati a luglio e novembre, seppur in tracce e prossimi al limite di rilevabilità ( $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$ ), sono risultati compresi tra  $0,0101 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $0,0420 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a dicembre non è mai stato quantificato.

L'**etilbenzene** è stato rilevato in soli 9 campioni: 7 provenienti dalle stazioni vicine alla





piattaforma (E1-E4- range tra 0,0142 e 0,1070  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e 2 dalle stazioni di controllo E7 (0,0183  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) ed E8 (0,0296  $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

A luglio i valori medi di **stirene** nelle stazioni E1-E4 ( $0,0538 \pm 0,0706 \mu\text{g L}^{-1}$ ) sono risultati più elevati rispetto alle medie delle stazioni di controllo E5-E8 ( $0,0178 \pm 0,0094 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Nel mese di novembre, fatta eccezione per il valore più elevato (1,530  $\mu\text{g L}^{-1}$ , fondo della stazione E1), le concentrazioni sono variate tra 0,01029 – 0,0282  $\mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a dicembre non è stato rilevato alcun valore di stirene.

Il **toluene**, similmente a quanto osservato nel primo semestre ha mostrato valori inferiori al limite di rilevabilità in tutti i campioni analizzati durante il secondo semestre di monitoraggio.

Lo **xilene** è stato quantificato in soli due campioni a novembre, nella stazione E1 al fondo (0,063  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e nella stazione E7 a 20 m (0,0108  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) ed in un solo campione a dicembre (0,012  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nella stazione E1 a 20 m.

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

Stazione	Benzene					Etilbenzene					Stirene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0184	0,05	0,034	<0,010	0,0228	0,062	<0,010	0,171	0,0185	<0,010
E1 20 m	<0,010	<0,010	0,0159	<0,010	<0,010	0,0156	0,0135	<0,010	<0,010	0,07	0,06	<0,010	0,0116	<0,010	<0,010
E1 40 m	<0,010	0,0121	<0,010	<0,010	<0,010	0,0163	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,045	<0,010	<0,010	0,0166	<0,010
E1 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	0,042	<0,010	0,0171	0,036	<0,010	0,107	0,0147	0,052	<0,010	<0,010	1,53	<0,010
E2 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,045	0,0325	<0,010	<0,010	0,0142	0,078	<0,010	0,0164	0,0235	<0,010
E2 20 m	<0,010	<0,010	0,0117	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0329	<0,010	<0,010	0,0204	<0,010
E2 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0179	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,051	<0,010	0,0146	0,0246	<0,010
E2 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0172	0,064	0,04	<0,010	<0,010	0,039	<0,010	0,184	0,0195	<0,010
E3 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0135	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,036	<0,010	<0,010	0,0139	<0,010
E3 20 m	<0,010	<0,010	0,0161	<0,010	<0,010	0,099	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,112	<0,010	0,018	<0,010	<0,010
E3 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0249	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,064	<0,010	0,0108	0,0173	<0,010
E3 Fondo	<0,010	0,0112	<0,010	<0,010	<0,010	0,0113	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,051	<0,010	0,036	0,0275	<0,010
E4 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0298	<0,010	<0,010	0,0178	<0,010
E4 20 m	<0,010	<0,010	0,0149	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010	0,016	<0,010
E4 40 m	<0,010	0,0122	<0,010	<0,010	<0,010	0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,055	<0,010	0,0214	0,0165	<0,010
E4 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,076	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,076	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
E5 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0162	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0191	<0,010	0,0127	0,0129	<0,010
E5 20 m	<0,010	<0,010	0,0114	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0171	<0,010	0,0321	<0,010	<0,010
E5 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0137	<0,010	0,0232	<0,010	<0,010
E5 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0142	<0,010	<0,010	0,0143	<0,010
E6 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0119	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0217	<0,010	0,039	0,0188	<0,010
E6 20 m	<0,010	<0,010	0,0121	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0267	<0,010	<0,010	0,0172	<0,010
E6 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,035	<0,010	0,0121	<0,010	<0,010
E6 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0309	<0,010	<0,010	0,0139	<0,010
E7 sup	0,0168	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0166	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0293	<0,010	0,0148	0,0156	<0,010
E7 20 m	<0,010	<0,010	0,0101	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0183	0,0242	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
E7 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0218	<0,010	0,0114	0,018	<0,010
E7 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,238	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,119	<0,010	0,0106	0,0282	<0,010
E8 sup	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,053	<0,010	<0,010	<0,010	0,0304	<0,010	0,0221	0,028	<0,010
E8 20 m	<0,010	<0,010	0,0106	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0296	0,031	<0,010	0,0108	<0,010	<0,010
E8 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0126	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0296	<0,010	0,0127	<0,010	<0,010
E8 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0192	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,039	<0,010	0,0117	0,018	<0,010

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

Stazione	Toluene					o-Xilene				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,065	0,036	<0,010	<0,010	<0,0100
E1 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,049	<0,020	<0,010	<0,010	0,0115
E1 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,067	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E1 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,053	0,022	<0,010	0,063	<0,0100
E2 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,14	0,029	<0,010	<0,010	<0,0100
E2 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E2 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,062	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E2 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,049	0,045	<0,010	<0,010	<0,0100
E3 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,034	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E3 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,33	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E3 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,073	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E3 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,031	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E4 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E4 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E4 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,11	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E4 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,25	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E5 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,034	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E5 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E5 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E5 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,024	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E6 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E6 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E6 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,028	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E6 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E7 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,029	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E7 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	0,0108	<0,0100
E7 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E7 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,53	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E8 sup	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	0,04	<0,010	<0,010	<0,0100
E8 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E8 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,041	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100
E8 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,057	<0,020	<0,010	<0,010	<0,0100

### 3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque in entrambi i monitoraggi (Tab. 3-V).

**Tab. 3-V** - Concentrazioni (mg L<sup>-1</sup>) di Glicole etilenico registrate nel corso dei surveys condotti nel 2022.

Stazione	Glicole Etilenico				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E1 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E1 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E1 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E2 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E2 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E2 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E2 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E3 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E3 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E3 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E3 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E4 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E4 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E4 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E4 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E5 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E5 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E5 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E5 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E6 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E6 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E6 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E6 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E7 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E7 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E7 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E7 Fondo	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E8 sup	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E8 20 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E8 40 m	<2,2	<2,2	<1,5	<1,5	<1,5
E8 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 nell'All. A3 (Nota tecnica inerente la variazione dei dati analitici campagna maggio), pertanto 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** – Le concentrazioni più elevate sono state rilevate in marzo con medie simili nei due gruppi di stazioni e un range piuttosto elevato (1,20-170,00  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Escludendo i due massimi isolati che hanno caratterizzato entrambi i gruppi di stazioni (170  $\mu\text{g L}^{-1}$  in E2 e 82  $\mu\text{g L}^{-1}$  in E8), le concentrazioni medie sono risultate  $7,36 \pm 9,20$  e  $6,24 \pm 3,69$   $\mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e in E5-E8, rispettivamente.

A maggio, luglio e dicembre l'alluminio è risultato non rilevabile in diversi campioni, sia vicino alla piattaforma che nei controlli. Le concentrazioni quantificabili, invece, hanno presentato una notevole variabilità, come testimoniato dai picchi misurati in E2 a dicembre (54 e 23,6  $\mu\text{g L}^{-1}$  a 20 e 40 m di profondità rispettivamente). Concentrazioni piuttosto contenute range 0,13-1,90  $\mu\text{g L}^{-1}$ , hanno caratterizzato il campionamento di novembre.

Le elevate deviazioni standard confermano l'ampio spettro di variabilità delle concentrazioni di questo metallo.

**Arsenico** - Una certa omogeneità geografica ha caratterizzato l'arsenico in tutti i mesi di campionamento, con valori più elevati in marzo (range di 1,50-1,80  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e dicembre (range di 1,75-2,55  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e valori più contenuti in maggio (0,12-0,21  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e luglio (0,10-0,30  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre a novembre tutti i valori sono risultati al di sotto del limite di quantificazione.

**Bario** - Anche il bario è risultato distribuito omogeneamente e ha presentato un andamento analogo a quello dell'alluminio e dell'arsenico. Valori più elevati hanno caratterizzato i mesi di marzo ( $7,87 \pm 0,43$   $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e dicembre ( $12,43 \pm 1,45$   $\mu\text{g L}^{-1}$ ), e valori più contenuti sono stati



osservati a maggio ( $0,87 \pm 0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e luglio ( $0,90 \pm 0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ ); a novembre, quando quantificato, è risultato  $< 0,13 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Cadmio** - Il cadmio è risultato sempre inferiore al limite di quantificazione.

**Cromo** - Anche per il cromo sono stati registrati pochi valori utili in tutto l'anno, tutti nel mese di marzo. Le concentrazioni sono sempre risultate molto contenute e piuttosto comparabili tra le due aree ( $0,30 \pm 0,14 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e  $0,49-0,22 \mu\text{g L}^{-1}$  in E5-E8).

**Ferro** – Diversamente da quanto osservato in marzo e novembre, il ferro è stato quantificato a maggio, luglio e dicembre in vari campioni, sia nei pressi della piattaforma che nei controlli. A maggio le concentrazioni sono variate in un range piuttosto limitato ( $4,75-6,60 \mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre a luglio e dicembre la variabilità è risultata più elevata (range complessivo  $5,04-29,80 \mu\text{g L}^{-1}$ ), ma non sono emerse particolari differenze tra i due gruppi di stazioni.

**Mercurio** - Nel 1° semestre 2022 il mercurio ha presentato valori inferiori al limite di rilevabilità analitico in quasi tutti i campioni. Concentrazioni quantificabili sono state misurate solamente a marzo nell'area di controllo in E7 ed E8 al fondo ( $0,06$  e  $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$  rispettivamente). Anche a luglio e novembre non è stato quantificato alcun valore, mentre a dicembre i valori sono risultati più elevati (media  $0,247 \pm 0,101 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e le stazioni più vicine alla piattaforma hanno presentato concentrazioni più contenute ( $0,090-0,288 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rispetto ai controlli ( $0,177-0,670 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Nichel** - I livelli di nichel nel 2022 sono risultati generalmente bassi. A marzo, novembre e dicembre non è stato rilevato alcun valore, mentre a maggio e luglio, i valori sono variati in un range globale di  $0,10-0,87 \mu\text{g L}^{-1}$ , senza differenziazione geografica statisticamente rilevante.

**Piombo** – Durante i campionamenti di maggio, luglio e novembre non sono stati quantificati valori di piombo, mentre a marzo, fatta eccezione per il massimo isolato ( $7,8 \mu\text{g L}^{-1}$ , E8 al fondo) i valori sono risultati lievemente più elevati nelle stazioni di controllo E5-E8 ( $1,07 \pm 0,20 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rispetto a quelle vicine alla piattaforma ( $0,31 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Nel 2° semestre 2022 è stato rilevato solo a dicembre in concentrazioni non differenziabili tra i due gruppi di stazioni e piuttosto basse. Il range complessivo è stato pari a  $0,16-0,91 \mu\text{g L}^{-1}$  (massimo in E4, 20 m) e la media a  $0,39 \pm 0,19 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Rame** – A marzo è stato rilevato ovunque in concentrazioni variabili tra  $0,20$  e  $1,60 \mu\text{g L}^{-1}$ , con una media più contenuta nell'area prossima alla piattaforma ( $0,30 \pm 0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rispetto a quella di controllo ( $1,36 \pm 0,27 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Nei mesi di maggio, luglio e novembre il rame è stato raramente



quantificato e con valori contenuti (massimo 0,33 in E8 a 40 m). A dicembre i 5 valori rilevati nell'area presso la piattaforma sono risultati mediamente più elevati ( $1,44 \pm 0,45 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rispetto all'unico valore quantificato in E7 a 40 m ( $0,73 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Vanadio** - Valori molto omogenei dal punto di vista geografico, hanno caratterizzato le concentrazioni di vanadio in tutto il 2022. A marzo e dicembre, come per molti altri metalli, le concentrazioni sono risultate più elevate, con un range globale di  $1,50\text{-}2,20 \mu\text{g L}^{-1}$  (massimo in E7, fondo) in marzo e di  $1,80\text{-}3,40 \mu\text{g L}^{-1}$  (massimo in E4, a 40 m) in dicembre. A maggio e luglio le concentrazioni medie sono risultate rispettivamente  $0,24 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $0,38 \pm 0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a novembre il vanadio non è stato mai quantificato.

**Zinco** – A marzo vi è stata un'elevata dispersione per i 17 valori al di sopra del LR, che non permette una chiara differenziazione statistica né geografica, e i valori medi globali sono risultati  $1,98 \pm 1,60 \mu\text{g L}^{-1}$ . A maggio, luglio e novembre, quando rilevato, lo zinco è risultato piuttosto contenuto e  $<0,81 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a dicembre i due valori quantificati, rientrano nell'area di controllo ( $2,80$  e  $4,80 \mu\text{g L}^{-1}$ , in E5, 20 m e E7, 40 m rispettivamente).

**Indio** – In marzo è stato rilevato ovunque con un'elevata variabilità geografica, e la concentrazione media dei controlli E5-E8 ( $13,01 \pm 12,26 \mu\text{g L}^{-1}$ ) è risultata più elevata rispetto a E1-E4 ( $2,93 \pm 2,71 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Fatta eccezione per dicembre, quando l'indio è stato rilevato in quasi tutti i campioni con valori contenuti e geograficamente omogenei ( $0,15 \pm 0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ ), l'indio è risultato rilevabile in bassissime concentrazioni, e solo in 1 campione a maggio ( $0,34 \mu\text{g L}^{-1}$ ), e solo nell'area prossima alla piattaforma a luglio ( $1,12\text{-}0,62 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Silicio** – Nel 2022 per il silicio non si evidenziano differenziazioni tra i valori dell'area di controllo e quella prossima alla piattaforma. I valori risultano caratterizzati da un incremento da marzo ( $0,07 \pm 0,02 \text{mg L}^{-1}$ ) a novembre ( $0,21 \pm 0,12 \text{mg L}^{-1}$ ), e un lieve decremento a dicembre ( $0,15 \pm 0,05 \text{mg L}^{-1}$ ).

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

Stazione	Alluminio (Al)					Arsenico (As)					Bario (Ba)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	2,00	<0,10	<0,10	0,292	<6,8	1,5	0,136	0,143	<0,10	2,34	7,6	0,9	0,698	0,125	12,0
E1 20 m	3,3	2,48	<0,10	0,142	<6,8	1,7	0,142	0,132	<0,10	2,17	8,00	0,9	0,82	<0,10	12,0
E1 40 m	2,9	3,06	<0,10	0,155	<6,8	1,7	0,146	0,15	<0,10	2,14	7,3	0,82	0,87	<0,10	12,0
E1 Fondo	22,00	1,82	<0,10	0,65	<6,8	1,6	0,147	0,135	<0,10	2,18	7,8	0,87	0,88	0,113	11,0
E2 sup	170,00	<0,10	<0,10	0,245	<6,8	1,6	0,148	0,133	<0,10	1,8	7,7	0,98	0,77	0,104	11,00
E2 20 m	1,4	<0,10	<0,10	0,72	54,00	1,7	0,153	0,126	<0,10	2,05	7,9	0,84	0,73	0,109	12,0
E2 40 m	12,00	<0,10	<0,10	0,389	23,6	1,6	0,138	<0,10	<0,10	2,33	7,8	0,81	<0,10	<0,10	13,0
E2 Fondo	2,2	1,53	<0,10	0,385	<6,8	1,6	0,125	0,104	<0,10	2,25	8,2	0,93	0,694	<0,10	15,0
E3 sup	2,1	<0,10	<0,10	1,9	<6,8	1,6	0,169	0,261	<0,10	2,03	7,7	0,84	1,5	0,109	11,0
E3 20 m	1,3	1,59	<0,10	0,328	<6,8	1,6	0,186	0,304	<0,10	2,42	7,4	0,82	1,74	<0,10	12,0
E3 40 m	6,4	<0,10	<0,10	0,57	<6,8	1,7	0,136	0,265	<0,10	1,99	7,9	0,87	1,5	0,111	11,0
E3 Fondo	34,00	5,54	<0,10	0,273	<6,8	1,6	0,16	0,136	<0,10	2,19	8,2	0,78	0,86	0,108	11,0
E4 sup	5,5	1,47	<0,10	0,303	<6,8	1,6	0,211	0,152	<0,10	1,75	7,5	0,85	0,84	0,124	12,0
E4 20 m	2,7	2,33	<0,10	0,258	<6,8	1,7	0,197	0,149	<0,10	2,2	8,7	0,77	0,79	0,101	9,7
E4 40 m	9,5	<0,10	<0,10	0,165	<6,8	1,7	0,177	0,14	<0,10	1,75	8,1	0,78	0,85	<0,10	12,0
E4 Fondo	3,1	<0,10	<0,10	0,276	<6,8	1,6	<0,20	0,125	<0,10	2,55	8,1	0,93	0,87	0,117	13,0
E5 sup	11,00	<0,10	<0,10	0,165	<6,8	1,5	0,176	0,149	<0,10	2,04	7,3	0,86	0,74	0,1	13,0
E5 20 m	6,00	<0,10	<0,10	0,406	<6,8	1,5	0,149	0,111	<0,10	1,94	7,6	0,83	0,557	0,1	13,0
E5 40 m	<0,20	17,1	<0,10	0,225	<6,8	1,6	0,152	0,191	<0,10	1,99	7,7	0,77	0,91	<0,10	13,0
E5 Fondo	6,00	<0,10	<0,10	0,306	<6,8	1,7	0,17	0,148	<0,10	1,77	8,2	0,87	0,91	<0,10	11,0
E6 sup	1,7	<0,10	<0,10	0,516	<6,8	1,6	0,171	0,154	<0,10	1,96	7,7	0,97	0,79	0,11	14,0
E6 20 m	9,00	<0,10	<0,10	0,148	<6,8	1,7	0,154	0,198	<0,10	1,89	7,9	0,76	0,85	<0,10	15,0
E6 40 m	12,00	<0,10	14,3	0,207	<6,8	1,6	0,179	0,187	<0,10	2,02	7,8	0,85	1,16	0,107	12,0
E6 Fondo	5,8	<0,10	2,67	0,413	<6,8	1,7	0,14	0,168	<0,10	2,1	7,7	0,8	0,88	0,108	14,0
E7 sup	6,7	0,554	<0,10	0,131	<6,8	1,7	0,167	0,12	<0,10	2,42	8,00	0,97	0,675	<0,10	12,0
E7 20 m	3,2	<0,10	<0,10	0,279	<6,8	1,6	0,137	0,193	<0,10	1,89	7,8	0,82	0,85	0,104	13,0
E7 40 m	12,00	1,02	<0,10	<0,10	<6,8	1,6	0,122	0,17	<0,10	1,93	8,5	0,85	0,91	<0,10	16,0
E7 Fondo	2,9	<0,10	<0,10	0,85	<6,8	1,7	0,158	0,173	<0,10	2,2	7,9	0,87	0,91	0,114	15,0
E8 sup	2,7	<0,10	<0,10	0,396	<6,8	1,8	0,167	0,136	<0,10	2,25	8,3	0,97	0,653	<0,10	12,0
E8 20 m	82,00	<0,10	<0,10	0,183	<6,8	1,6	0,136	0,158	<0,10	2,08	6,7	0,87	0,81	<0,10	13,0
E8 40 m	7,1	4,98	<0,10	0,193	<6,8	1,7	0,155	0,163	<0,10	2,15	7,9	1,13	0,9	<0,10	11,0
E8 Fondo	1,2	2,1	<0,10	0,299	<6,8	1,8	0,147	0,176	<0,10	2,22	9,00	0,81	1,02	0,102	11,0



Tab. 3- IV – Continuo.

Stazione	Cadmio (Cd)					Cromo totale					Ferro (Fe)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,4	<5,0	<5,0	16,0
E1 20 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	<5,0	<5,0	<4,9
E1 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,27	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,02	<5,0	<5,0	7,2
E1 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	17,0
E2 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<4,9
E2 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	25,2
E2 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,21	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	15,0
E2 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,08	<5,0	<5,0	18,0
E3 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,37	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,46	8,1	<5,0	<4,9
E3 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	9,1	<5,0	<4,9
E3 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	8,4	<5,0	<4,9
E3 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,4	<5,0	<5,0	17,0
E4 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,77	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	5,24	<5,0	16,0
E4 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,9	<5,0	<5,0	18,0
E4 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,36	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	4,75	5,04	<5,0	22,5
E4 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,21	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,6	<5,0	<5,0	24,2
E5 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	6,0
E5 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,44	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,18	<5,0	<5,0	7,7
E5 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,34	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,5	5,48	<5,0	5,8
E5 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	16,0
E6 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,62	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,0	5,2	<5,0	7,4
E6 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,7	5,41	<5,0	<4,9
E6 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,36	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,44	25,7	<5,0	<4,9
E6 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,35	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,4	5,26	<5,0	29,8
E7 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,67	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,35	<5,0	<5,0	14,0
E7 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,38	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,19	5,6	<5,0	5,2
E7 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	6,2	5,39	<5,0	8,9
E7 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,39	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,24	5,41	<5,0	25,7
E8 sup	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,58	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	5,2
E8 20 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,31	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,0
E8 40 m	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,55	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,8	<5,0	<5,0	<4,9
E8 Fondo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	0,58	<0,10	<0,10	<0,10	<0,22	<5,0	5,5	5,25	<5,0	23,5

Tab. 3- IV – Continuo.

Stazione	Mercurio (Hg)					Nichel (Ni)					Piombo (Pb)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,154	<0,10	0,537	0,154	<0,10	<0,14	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	0,64
E1 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,268	<0,10	0,306	0,148	<0,10	<0,14	0,31	<0,10	<0,10	<0,10	0,16
E1 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,236	<0,10	0,172	0,117	<0,10	<0,14	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	0,46
E1 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,237	<0,10	0,13	0,131	<0,10	<0,14	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	0,17
E2 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,194	<0,10	0,132	0,108	<0,10	<0,14	0,31	<0,10	<0,10	<0,10	0,54
E2 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,288	<0,10	0,126	0,141	<0,10	<0,14	0,3	<0,10	<0,10	<0,10	0,44
E2 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,155	<0,10	0,1	<0,10	<0,10	<0,14	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	0,34
E2 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,18	<0,10	0,167	0,254	<0,10	<0,14	0,32	<0,10	<0,10	<0,10	0,22
E3 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,231	<0,10	<0,10	0,265	<0,10	<0,14	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	0,27
E3 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,12	<0,10	<0,10	0,64	<0,10	<0,14	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	0,54
E3 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,242	<0,10	0,17	0,242	<0,10	<0,14	0,35	<0,10	<0,10	<0,10	0,25
E3 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,288	<0,10	0,113	0,122	<0,10	<0,14	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	0,3
E4 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,257	<0,10	<0,10	0,129	<0,10	<0,14	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E4 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,206	<0,10	<0,10	0,134	<0,10	<0,14	0,27	<0,10	<0,10	<0,10	0,91
E4 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,132	<0,10	0,1	0,242	<0,10	<0,14	0,49	<0,10	<0,10	<0,10	0,47
E4 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,09	<0,10	<0,10	0,111	<0,10	<0,14	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E5 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,296	<0,10	0,165	0,341	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,24
E5 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,287	<0,10	0,142	0,123	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E5 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,191	<0,10	0,168	0,125	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,37
E5 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,241	<0,10	0,16	0,134	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E6 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,267	<0,10	0,155	0,152	<0,10	<0,14	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E6 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,341	<0,10	0,187	0,173	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E6 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,242	<0,10	0,238	0,87	<0,10	<0,14	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E6 Fondo	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,347	<0,10	0,137	0,149	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E7 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,34	<0,10	0,188	0,27	<0,10	<0,14	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E7 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,213	<0,10	0,167	0,27	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14
E7 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,21	<0,10	0,228	0,302	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,64
E7 Fondo	0,08	<0,050	<0,050	<0,050	0,23	<0,10	0,337	0,169	<0,10	<0,14	1,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,3
E8 sup	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,67	<0,10	0,133	0,159	<0,10	<0,14	0,38	<0,10	<0,10	<0,10	0,25
E8 20 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,335	<0,10	0,17	0,149	<0,10	<0,14	1,00	<0,10	<0,10	<0,10	0,19
E8 40 m	<0,05	<0,050	<0,050	<0,050	0,177	<0,10	0,316	0,146	<0,10	<0,14	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	0,47
E8 Fondo	0,06	<0,050	<0,050	<0,050	0,243	<0,10	0,153	0,18	<0,10	<0,14	7,8	<0,10	<0,10	<0,10	<0,14

Tab. 3- IV – Continuo.

Stazione	Rame (Cu)					Vanadio (V)					Zinco (Zn)				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	0,45	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,126	0,34	<0,10	2,4	1,1	<0,10	<0,10	0,391	<2,4
E1 20 m	0,34	0,109	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,152	0,347	<0,10	1,9	4,5	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E1 40 m	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	0,175	0,35	<0,10	2,3	2,2	<0,10	<0,10	0,208	<2,4
E1 Fondo	0,34	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,6	0,205	0,328	<0,10	2,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,114	<2,4
E2 sup	0,33	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,185	0,345	<0,10	2,2	<0,10	<0,10	<0,10	0,22	<2,4
E2 20 m	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	1,8	1,7	0,193	0,319	<0,10	2,7	0,84	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E2 40 m	0,4	<0,10	<0,10	<0,10	1,5	1,7	0,216	<0,10	<0,10	2,9	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E2 Fondo	0,33	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	0,238	0,361	<0,10	2,6	<0,10	<0,10	<0,10	0,289	<2,4
E3 sup	0,24	0,104	0,16	<0,10	<0,51	1,6	0,199	0,458	<0,10	2,3	0,58	<0,10	<0,10	0,277	<2,4
E3 20 m	0,21	<0,10	0,23	<0,10	<0,51	1,7	0,228	0,502	<0,10	2,4	<0,10	0,81	<0,10	0,142	<2,4
E3 40 m	0,22	<0,10	0,249	<0,10	<0,51	1,8	0,273	0,501	<0,10	2,3	2,1	<0,10	<0,10	0,173	<2,4
E3 Fondo	0,2	<0,10	0,126	<0,10	<0,51	1,8	0,216	0,322	<0,10	2,5	2,6	<0,10	<0,10	0,139	<2,4
E4 sup	0,23	<0,10	<0,10	<0,10	0,71	1,7	0,266	0,303	<0,10	3,0	0,44	<0,10	<0,10	0,283	<2,4
E4 20 m	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	1,4	1,6	0,229	0,23	<0,10	3,3	1,00	<0,10	<0,10	0,197	<2,4
E4 40 m	0,24	<0,10	<0,10	<0,10	1,8	1,7	0,204	0,218	<0,10	3,4	4,7	<0,10	<0,10	0,122	<2,4
E4 Fondo	0,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	0,213	0,288	<0,10	3,1	4,8	<0,10	<0,10	0,157	<2,4
E5 sup	1,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,27	0,441	<0,10	2,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,262	<2,4
E5 20 m	1,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,277	0,369	<0,10	2,3	1,1	<0,10	<0,10	0,25	4,8
E5 40 m	1,6	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,9	0,295	0,399	<0,10	2,7	<0,10	<0,10	<0,10	0,222	<2,4
E5 Fondo	1,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,9	0,284	0,322	<0,10	2,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E6 sup	1,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,313	0,393	<0,10	2,1	0,42	<0,10	<0,10	0,192	<2,4
E6 20 m	1,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	0,331	0,465	<0,10	2,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E6 40 m	1,3	<0,10	0,276	<0,10	<0,51	1,8	0,324	0,428	<0,10	2,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E6 Fondo	1,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,6	0,258	0,392	<0,10	2,1	3,5	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E7 sup	1,4	<0,10	0,138	<0,10	<0,51	1,9	0,28	0,392	<0,10	2,0	1,6	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E7 20 m	1,3	<0,10	0,181	<0,10	<0,51	1,7	0,236	0,433	<0,10	1,8	<0,10	<0,10	<0,10	0,136	<2,4
E7 40 m	1,3	<0,10	0,199	<0,10	0,73	1,7	0,25	0,461	<0,10	2,8	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<2,4
E7 Fondo	1,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	2,2	0,281	0,47	<0,10	2,5	3,6	<0,10	<0,10	0,318	2,8
E8 sup	0,45	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,8	0,308	0,419	<0,10	2,2	<0,10	<0,10	<0,10	0,202	<2,4
E8 20 m	1,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,5	0,273	0,431	<0,10	2,2	<0,10	<0,10	<0,10	0,234	<2,4
E8 40 m	1,6	0,334	0,123	<0,10	<0,51	1,7	0,265	0,378	<0,10	2,0	0,34	0,296	<0,10	0,155	<2,4
E8 Fondo	1,6	<0,10	<0,10	<0,10	<0,51	1,7	0,267	0,501	<0,10	2,4	0,24	<0,10	<0,10	0,262	<2,4

Tab. 3- IV – Continuo.

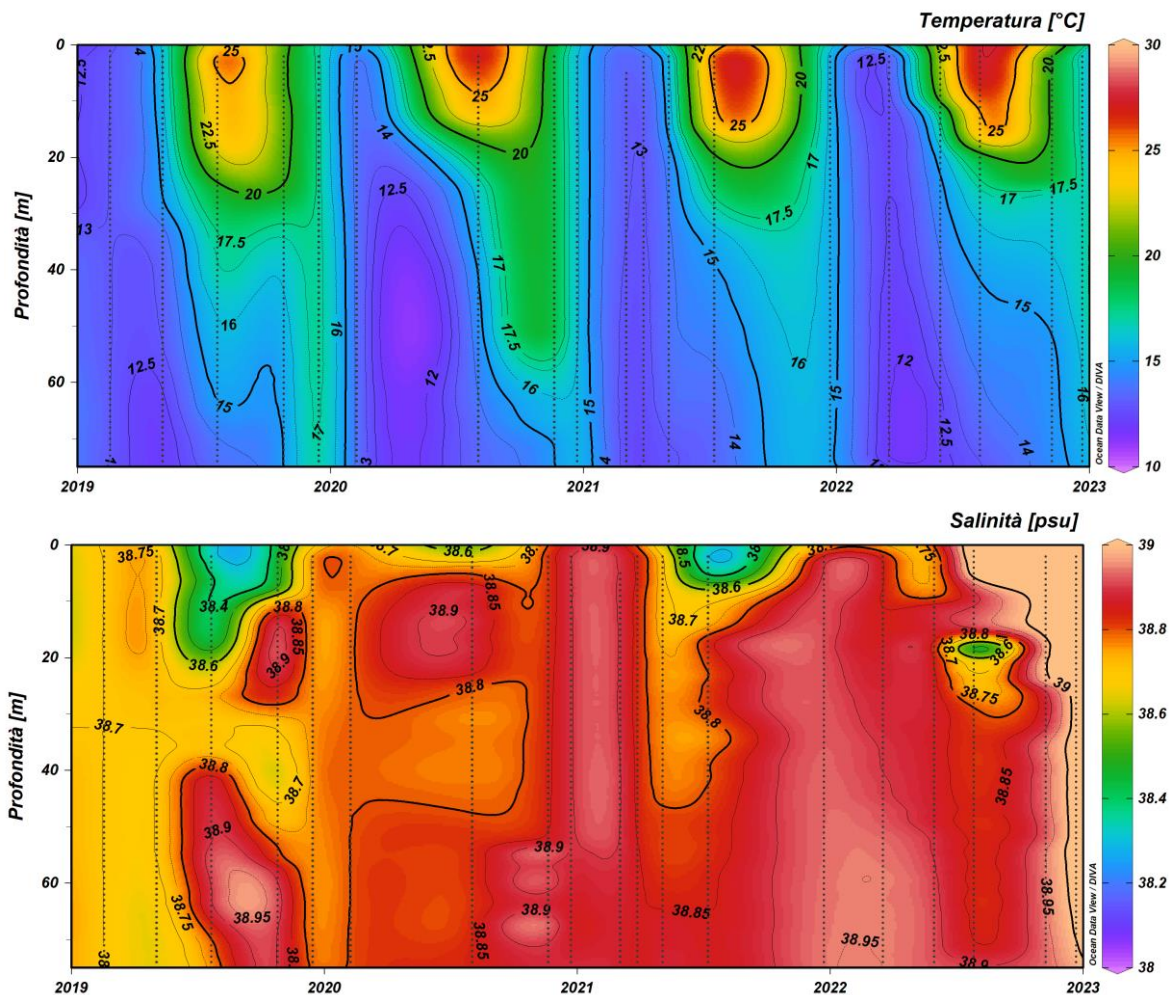
Stazione	Indio (In)					Silicio				
	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre	Marzo	Maggio	Luglio	Novembre	Dicembre
E1 sup	6,0	0,344	0,438	<0,10	0,18	0,072	0,18	0,15	0,15	0,13
E1 20 m	1,5	<0,10	0,263	<0,10	0,19	0,07	0,049	0,11	0,14	0,083
E1 40 m	1,0	<0,10	0,407	<0,10	0,09	0,11	0,088	0,2	0,21	0,2
E1 Fondo	1,9	<0,10	0,5	<0,10	0,13	0,11	0,19	0,27	0,41	0,22
E2 sup	4,0	<0,10	0,34	<0,10	<0,08	0,066	0,1	0,12	0,094	0,12
E2 20 m	2,1	<0,10	0,37	<0,10	0,2	0,069	0,071	0,13	0,15	0,13
E2 40 m	8,6	<0,10	0,6	<0,10	0,15	0,083	0,19	0,18	0,14	0,14
E2 Fondo	1,3	<0,10	0,222	<0,10	0,15	0,066	0,22	0,056	0,36	0,19
E3 sup	8,7	<0,10	0,54	<0,10	0,31	0,076	0,041	0,092	0,15	0,13
E3 20 m	0,62	<0,10	0,62	<0,10	0,35	0,067	0,098	0,13	0,13	0,15
E3 40 m	0,85	<0,10	0,489	<0,10	0,17	0,068	0,062	0,15	0,26	0,14
E3 Fondo	3,3	<0,10	0,323	<0,10	0,23	0,089	0,19	0,31	0,43	0,23
E4 sup	0,64	<0,10	0,326	<0,10	0,12	0,09	0,15	0,12	0,16	<0,50
E4 20 m	0,54	<0,10	0,118	<0,10	<0,08	0,082	0,14	0,13	0,14	<0,50
E4 40 m	4,1	<0,10	0,137	<0,10	0,1	0,089	0,13	0,16	0,18	<0,50
E4 Fondo	1,7	<0,10	0,301	<0,10	0,09	0,12	0,17	0,29	0,38	<0,50
E5 sup	13,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,08	0,052	0,077	0,14	0,15	0,092
E5 20 m	14,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	0,051	0,09	0,11	0,15	0,096
E5 40 m	18,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	0,045	0,068	0,16	0,24	0,098
E5 Fondo	4,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,08	0,053	0,19	0,17	0,41	0,23
E6 sup	42,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	0,065	0,083	0,13	0,2	0,11
E6 20 m	4,9	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	0,034	0,062	0,15	0,17	0,1
E6 40 m	6,6	<0,10	<0,10	<0,10	0,08	0,047	0,071	0,15	0,17	0,13
E6 Fondo	8,7	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	0,059	0,2	0,37	0,43	0,19
E7 sup	4,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,08	0,06	0,13	0,1	0,043	0,16
E7 20 m	8,9	<0,10	<0,10	<0,10	<0,08	0,079	0,1	0,12	0,1	0,11
E7 40 m	6,8	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	0,049	0,071	0,096	0,13	0,12
E7 Fondo	414,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,13	0,044	0,28	0,37	0,36	0,22
E8 sup	0,84	<0,10	<0,10	<0,10	0,2	0,12	0,094	0,073	0,11	0,15
E8 20 m	4,7	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	0,082	0,098	0,083	0,066	0,11
E8 40 m	10,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	0,053	0,039	0,14	0,083	0,1
E8 Fondo	20,0	<0,10	<0,10	<0,10	0,15	0,081	0,22	0,35	0,31	0,23

### 3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Elettra 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 le analisi fisiche anche il 2019.

#### 3.1.7.1 INDAGINI FISICHE, CHIMICHE E BIOLOGICHE

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



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



Il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea con valori minimi (12,5 °C) su tutta la colonna d'acqua nel mese di marzo 2022 (fig. 3.36). Nei mesi primaverili è visibile l'inizio della formazione del termoclino, ben delineato nei dati di luglio, con i valori massimi nello strato superficiale (massimo 27,97°C, stazione E7). A novembre la presenza di uno strato rimescolato dalla superficie fino a circa 25m di profondità (media 19,31±0,017°C), precede il ritorno ad una distribuzione verticale piuttosto omogenea, come mostrano i dati di dicembre (media 16,49±0,53°C). Dal confronto dei dati relativi ai precedenti campionamenti, si riscontra un aumento dei valori medi di temperatura (>0,5 °C) rispetto al 2021 per quanto riguarda il periodo invernale, mentre durante l'estate e l'autunno non si osservano differenze.

Similmente, anche la distribuzione verticale di salinità (fig. 3.36) evidenzia il processo di rimescolamento verticale con misure omogenee su tutta la colonna d'acqua a marzo 2022 (media 38,9±0,03°C), mentre a maggio sono presenti valori minimi in uno strato superficiale omogeneo (media 38,77±0,07 psu) e valori uniformi nel resto della colonna d'acqua (media 38,88±0,02 psu). A luglio nei primi 7m di profondità si registrano i valori massimi per il 2022 (massimo 39,15 psu, stazione E4), alcuni valori di acqua meno salina (38,18±0,11 psu) a circa 20 m di profondità e valori omogenei fino al fondo, mentre valori massimi uniformi sono presenti su tutta la colonna d'acqua a novembre (media 38,96±0,03 psu) e dicembre (media 39,02±0,02 psu).

La variabilità lungo la verticale registrata a luglio 2019, con i valori minimi rilevati nello strato superficiale (minimo 37,59 psu) presente anche nell'estate 2021, e parzialmente nello stesso periodo del 2020, risulta del tutto assente nel 2022. Dal confronto con i valori medi annuali registrati nelle precedenti indagini, si rileva un aumento generalizzato dei valori medi di salinità su tutta la colonna d'acqua (>0,1 psu).

Dall'analisi dei campioni raccolti, la concentrazione di materiale sospeso per il 2022 (fig. 3.37) ha mostrato una distribuzione piuttosto omogenea su tutta la colonna d'acqua a marzo (0,89 ± 0,2 mg L<sup>-1</sup>), valori in aumento a maggio (1,05 ± 0,2 mg L<sup>-1</sup>) con i valori massimi registrati al fondo (media 1,7 ± 0,2 mg L<sup>-1</sup>). A luglio e novembre è evidente un abbassamento dei valori medi della concentrazione ovunque fino a quote intermedie. A luglio e novembre i valori diminuiscono lungo tutta la colonna d'acqua variando tra 0,26 ± 0,2 mg L<sup>-1</sup> e 0,43 ± 0,1 mg L<sup>-1</sup>.

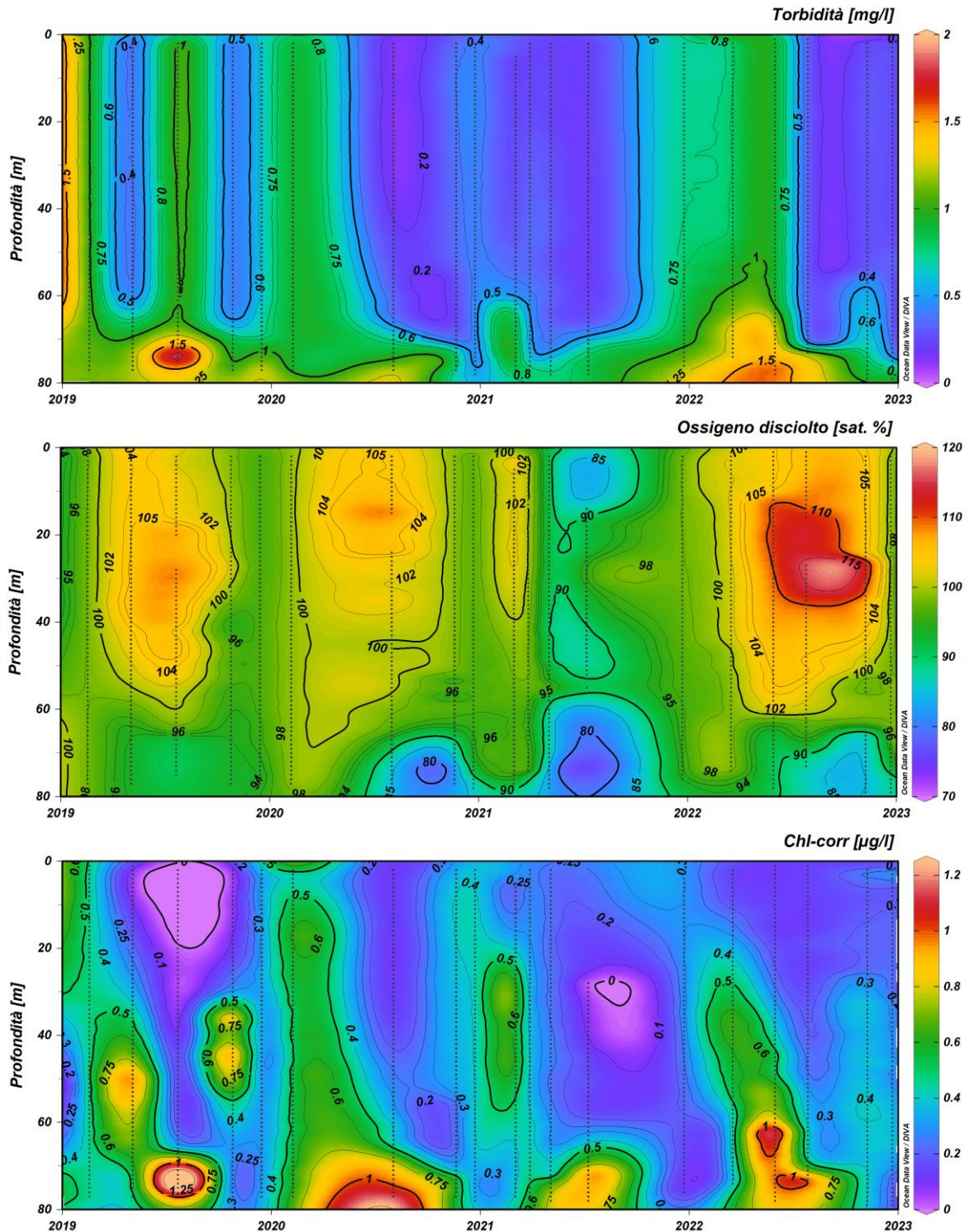


<sup>1</sup>rispettivamente, in leggero aumento verso il fondo (massimo  $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ , E1), per poi registrare a dicembre un valore medio di  $0,69 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ .

L'ossigeno disciolto (fig. 3.37) ha fatto registrare valori alla saturazione mediamente di poco superiori al 100% in tutta la colonna d'acqua a marzo, in aumento a maggio e luglio quando sono stati registrati i valori massimi ( $>110\%$  e un pico di 126 % nella stazione E5) tra i 15 e 45 m di profondità nel mese di luglio. Valori in diminuzione sono stati riscontrati a novembre, con i minimi alle quote di fondo intorno a 85%, e una distribuzione piuttosto uniforme su tutta la colonna d'acqua a dicembre (media  $95,8 \pm 0,1\%$ ). In relazione ai valori registrati durante i monitoraggi pregressi, durante il 2022 si osservano valori più alti lungo tutta la colonna d'acqua e il pico massimo registrato a luglio è il valore più alto misurato dal 2019.

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.37), ha mostrato a marzo un aumento dei valori dalla superficie fino a una profondità di circa 40 m e valori massimi intorno a  $0,70 \mu\text{g L}^{-1}$ ; a maggio si osserva l'abbassamento del massimo di clorofilla ( $>1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) fino a circa 60 m. Nel mese di luglio i massimi sono confinati nello strato di fondo, mentre nel resto della colonna d'acqua la fluorescenza è stata  $< 0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ . A novembre e dicembre valori  $< 0,3 \mu\text{g L}^{-1}$  sono stati registrati fino ad una profondità di circa 25 m per poi aumentare fino a valori  $> 0,6 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Dal confronto con i campionamenti precedenti, si nota una generale concordanza stagionale nella distribuzione verticale. I minimi assoluti di clorofilla osservati nel 2019 e 2021 nello strato intermedio, non sono presenti nel 2022, come già osservato nel 2020.



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





La concentrazione massima di clorofilla *a* ( $450,5 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata al fondo nel mese di maggio (stazione E6), mentre la concentrazione media più elevata ( $267,0 \pm 47,0 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata rilevata a marzo. Valori medi più contenuti sono stati riscontrati a maggio, novembre e dicembre (compresi tra  $163$  e  $207 \text{ ng L}^{-1}$ ), mentre luglio è stato caratterizzato dalle concentrazioni medie più basse ( $106,4 \text{ ng L}^{-1}$ ). Per la clorofilla *b* la concentrazione media più elevata ( $29,9 \pm 15,2 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata rilevata a novembre; valori medi più contenuti ( $\sim 22 \text{ ng L}^{-1}$ ) hanno caratterizzato i campionamenti di maggio e luglio, mentre i valori medi più bassi sono stati registrati a marzo e dicembre ( $< 17 \text{ ng L}^{-1}$ ). Il valore massimo è stato misurato a luglio al fondo nella stazione E5 ( $73,8 \text{ ng L}^{-1}$ ).

La clorofilla *c* ha presentato un andamento paragonabile a quello osservato per la clorofilla *a*. Le concentrazioni medie più elevate sono state misurate a maggio ( $79,3 \pm 53,1 \text{ ng L}^{-1}$ ), mese nel quale è stato osservato il massimo ( $182,5 \text{ ng L}^{-1}$ ) al fondo (stazione E6) e caratterizzato dalla più alta variabilità. I valori medi più bassi ( $< 40 \text{ ng L}^{-1}$ ) sono stati osservati in luglio.

Le concentrazioni medie di clorofilla *a*, di clorofilla *b* e di clorofilla *c* sono risultate moderatamente più elevate rispetto ai dati del secondo semestre del 2020 e del 2021. Tale incremento può essere attribuito ai valori piuttosto elevati riscontrati nel mese di novembre 2022.

Come già osservato negli anni passati, anche nell'estate 2022 i valori massimi dei pigmenti clorofilliani sono stati riscontrati al fondo in tutte le stazioni della piattaforma, dati confermati dai profili di fluorescenza e da un aumento corrispondente di carico sospeso totale.

Il valore più elevato di nitriti ( $0,40 \text{ } \mu\text{M}$ ) è stato osservato a marzo al fondo (stazioni E1 ed E8), e le concentrazioni medie più elevate ( $0,23 \pm 0,10 \text{ } \mu\text{M}$ ) sono state osservate durante lo stesso campionamento, mentre concentrazioni medie più contenute hanno caratterizzato gli altri mesi campionati ( $< 0,12 \text{ } \mu\text{M}$ ). A novembre sono state osservate le concentrazioni medie massime di nitrati ( $0,54 \pm 0,89 \text{ } \mu\text{M}$ ) con il valore più elevato ( $2,15 \text{ } \mu\text{M}$ ) rilevato al fondo della stazione E5. Concentrazioni medie più contenute ( $\sim 0,32 \text{ } \mu\text{M}$ ) hanno caratterizzato il campionamento di marzo, maggio e dicembre, mentre quelle più basse sono state misurate a luglio ( $0,06 \text{ } \mu\text{M}$ ). Le concentrazioni dell'ammonio e dei fosfati sono risultate contenute e comparabili in tutti i mesi investigati ( $< 0,03 \text{ } \mu\text{M}$ ).

Il contenuto medio di silicati è risultato più elevato nei mesi di marzo e novembre ( $\sim 1,8 \text{ } \mu\text{M}$ ), rispetto agli altri mesi campionati ( $\sim 1,5 \text{ } \mu\text{M}$ ) e i massimi sono stati osservati sempre al fondo,



con il massimo assoluto ( $3,55 \mu\text{M}$ ) in novembre al fondo della stazione E6.

Rispetto al secondo semestre del 2020 e del 2021 sono state osservate concentrazioni comparabili per i fosfati, mentre l'ammonio e i silicati sono risultati moderatamente più contenuti nel 2022. Nonostante le concentrazioni dei nitriti siano risultate più contenute rispetto al 2021, rimangono paragonabili ai dati 2020, mentre i dati dei nitrati sono risultati superiori al 2021 ma inferiori a quelli del 2020.

Dall'analisi dei campioni raccolti, la concentrazione di materiale sospeso per il 2021 ha mostrato valori più elevati alle quote di fondo. Il valore massimo ( $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E7) è stato riscontrato al fondo a marzo, mentre le concentrazioni medie massime ( $0,9 \pm 0,4$  e  $0,8 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ), sono state osservate nei mesi di marzo e dicembre, mentre negli altri mesi campionati le medie sono risultate più contenute ( $<0,6 \text{ mg L}^{-1}$ ).

I valori risultano paragonabili a quelli ottenuti nel secondo semestre degli anni 2020 e 2021.

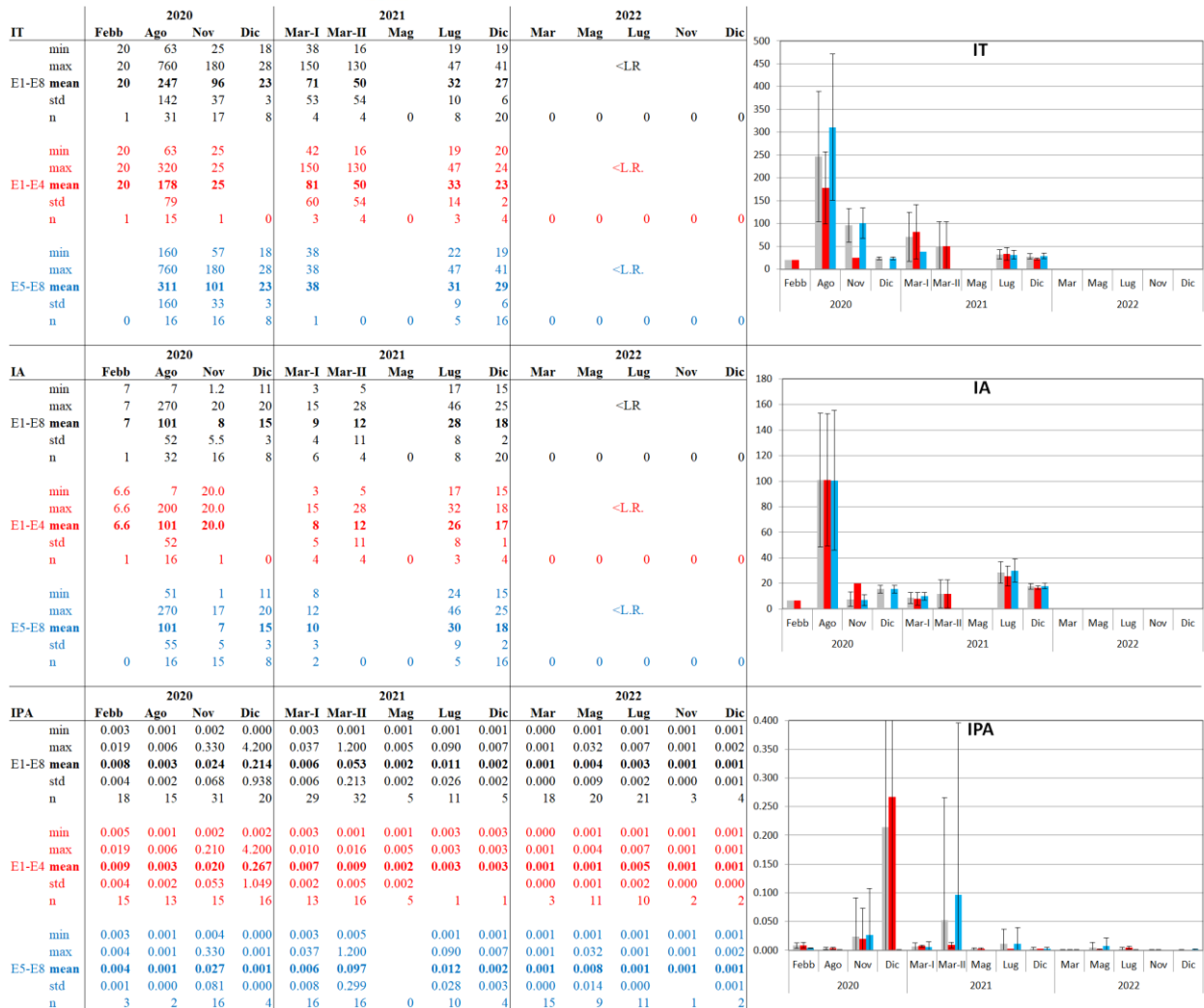
### 3.1.7.2 INDAGINI SUGLI INQUINANTI

#### **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 sono stati rilevati ma sporadicamente, con valori bassi prossimi al limite di rilevabilità e senza una distribuzione spaziale o temporale definita.

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.

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 ad eccezione del mese di dicembre 2020, quando sono state rilevate le medie più elevate.



**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 i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (F1 - F8, in nero, in grigio nel grafico) nelle stazioni poste a 100 m dalla piattaforma Elettra (F1 - F4, in rosso nelle tabelle e nei grafici) e nelle stazioni di controllo poste a 2000 m dalla piattaforma (F5 - F8 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. Le concentrazioni quantificate durante il triennio di monitoraggio sono sempre risultate prossime al limite di rilevabilità.

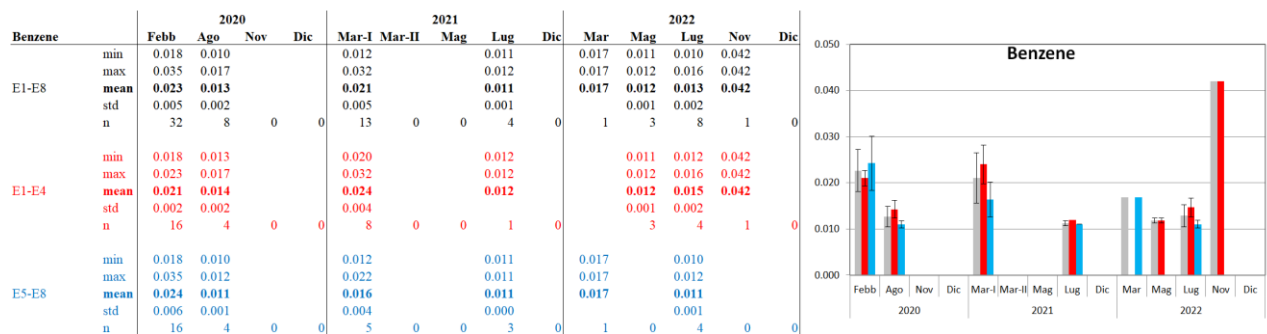
**Benzene** – Nel 2022 il benzene è stato quantificato solo in 12 campioni. Escludendo il massimo assoluto ( $0,042 \mu\text{g L}^{-1}$ ), osservato a novembre 2022, i valori sono risultati comparabili ai dati rilevati nel biennio precedente (range  $0,011 - 0,035 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

La presenza di **Etilbenzene** ha mostrato un aumento nelle concentrazioni medie durante il triennio 2020-2022 a partire dal secondo semestre 2021, evidenziando un massimo annuale ( $0,107 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rilevato nella campagna di novembre del 2022 nella stazione E1 al fondo. Nel corso dei 3 anni di monitoraggio non è stato osservato un chiaro andamento stagionale.

**Stirene** - Le concentrazioni di **stirene** rilevate durante il 2022 sono risultate basse e non differenziabili né temporalmente né geograficamente. Il numero dei campioni nei quali è stato rilevato è notevolmente inferiore al totale dei campioni prelevati. Nel 2022 le concentrazioni medie dello stirene sono risultate leggermente superiori rispetto al biennio precedente con massimo riscontrato nella stazione E1 al fondo ( $1,530 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Toluene** – Nel 2022 così come nel 2021 il toluene non è mai stato rilevato mentre nel 2020 è stato rilevato in soli 6 campioni, nell'area di controllo.

Infine, le concentrazioni dello **xilene** relative al 2° semestre del 2022 mostrano una diminuzione sia nel numero di campioni in cui è stato possibile quantificarlo che nelle concentrazioni. È stata osservata una maggiore presenza a marzo 2022 così come a dicembre 2021 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 costanti in tutto il triennio 2020-2022, spesso con pochi valori rilevabili rispetto al totale.



**Fig. 3.39** - Andamento dei **BTEX** 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 i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1 - BO8, in nero, in grigio nel grafico) nelle stazioni poste a 100 m dalla piattaforma Elettra (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  $\mu\text{g L}^{-1}$ .



Fig. 3.39 - Continuo

### Glicole Etilenico

Nel triennio 2010-2022 il glicole etilenico non è stato rilevato.



## Metalli pesanti

Come già specificato precedentemente, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (E1-E4 ed E5-E8) e tra i risultati delle varie campagne non sono spesso pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre di errore (fig. 3.40). Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale nel 2022 e, più in generale, durante il triennio 2020-2022.

**Alluminio** – Nel 2022 i valori più elevati ( $82$  e  $170 \mu\text{g L}^{-1}$ ) misurati a marzo, risultano comunque inferiori rispetto al massimo del 2020 ( $200,00 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ed anche il valore più elevato di dicembre ( $54 \mu\text{g L}^{-1}$ ) rientra nel range di variabilità dell'ultimo triennio.

Per quanto riguarda il triennio, pur con la solita cautela statistica dovuta all'elevata dispersione dei dati, appare che fatta eccezione per marzo, nel 2022 l'alluminio è risultato rilevato in meno campioni rispetto ai due anni precedenti, e con valori medi più contenuti.

**Arsenico** - Per questo metallo sono stati riscontrati livelli geograficamente molto più omogenei rispetto all'alluminio. Per quanto concerne il 2022, le medie di marzo e dicembre ( $1,64 \pm 0,08$  e  $2,09 \pm 0,020 \mu\text{g L}^{-1}$  rispettivamente) sono risultate le più elevate del triennio. Nei restanti mesi le concentrazioni sono risultate paragonabili ai valori costanti registrati nel biennio precedente, attorno a  $0,10$ - $0,30 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a novembre è risultato  $<LR$  in tutti i campioni.

**Bario** - Per il bario è stato registrato un andamento del tutto analogo a quello dell'arsenico, sia annuale (2022) che triennale (2020-2022), con medie massime a marzo e dicembre 2022 ( $7,87 \pm 0,43$  e  $12,43 \pm 1,45 \mu\text{g L}^{-1}$ , rispettivamente). Fatta eccezione per il valore più elevato di novembre 2020, il resto del triennio è stato caratterizzato da contenuti di bario bassi e costanti ( $<4.5 \mu\text{g L}^{-1}$ ), con una media minima assoluta a novembre 2022.

**Cadmio** - Nel 2022 non è stata rilevata la presenza di questo metallo, così come durante il triennio: nel dicembre 2020 il cadmio è risultato rilevabile solo in un campione di controllo ( $0,076 \mu\text{g L}^{-1}$ ), e nel 2021 la presenza è stata molto sporadica, solo in 9 campioni e laddove misurato, il livello è sempre stato al di sotto di  $0,020 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Cromo** - La presenza di cromo nel 2022 è stata sporadica e rilevata solamente nel mese di marzo, con concentrazioni piuttosto contenute (media di  $0,40 \pm 0,21 \mu\text{g L}^{-1}$ ), similmente a quanto osservato nel 2° semestre 2021 e nel 2020. Diversamente nel 1° semestre 2021 i livelli medi sono stati apparentemente maggiori, con dispersioni elevate ( $0,01$ - $16 \mu\text{g L}^{-1}$ ).



**Ferro** – Nel 2022, fatta eccezione per i mesi di marzo e novembre, quando il ferro è stato sempre  $<5 \mu\text{g L}^{-1}$ , le concentrazioni sono risultate mediamente in crescita tra maggio e dicembre. I valori più elevati di dicembre risultano comunque inferiori a quanto rilevato a luglio 2021 ( $24,89 \pm 8,56 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Considerando la dispersione dei dati, si può concludere che nel triennio 2020-2022 l'andamento è stato piuttosto costante, con valori medi al di sotto dei  $8,00 \mu\text{g L}^{-1}$ , tranne in alcuni casi.

**Mercurio** - A partire da maggio 2021 e fino a novembre 2022 il mercurio è stato rilevato solamente a marzo in due campioni dell'area di controllo. La media massima per il triennio è stata registrata a dicembre 2022 ( $0,25 \pm 0,10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), campagna in cui i tenori nelle stazioni di controllo sono risultati significativamente maggiori ( $U=63,5$ ,  $p=0,015$ ) rispetto a quelli registrati a 100 m da Elettra. Comunque, il triennio è stato caratterizzato da un andamento irregolare, con valori medi entro  $0,070 \mu\text{g L}^{-1}$  (tranne in alcuni casi sporadici) e spesso non rilevabili.

**Nichel** - I livelli medi di nichel riscontrati nei mesi di maggio e luglio 2022 sono paragonabili alle medie misurate nel biennio precedente ( $<0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ), fatta eccezione per la media massima osservata a marzo 2021 ( $1,04 \pm 2,93 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Si evidenzia la completa assenza di nichel nei mesi di marzo, novembre e dicembre 2022.

**Piombo** – Il triennio ha visto un primo periodo, a febbraio ed agosto 2020, con valori sporadici e talora molto bassi; da novembre a luglio 2020 le concentrazioni medie sono aumentate così come il numero di campioni rilevabili. La media massima per il triennio è stata registrata a marzo 2022 ( $0,899 \pm 1,32 \mu\text{g L}^{-1}$ ), campagna in cui i tenori nelle stazioni di controllo sono risultati significativamente maggiori ( $U=1,5$ ,  $p=0,00$ ) rispetto a quelli registrati a 100 m da Elettra. A maggio, luglio e novembre 2022, così come a dicembre 2021, non è stato rilevato il piombo, mentre a dicembre 2022 le concentrazioni sono state rilevate nella maggior parte dei campioni in un range di variabilità simile a quelle di dicembre 2020.

**Rame** - Un numero di campioni utili spesso molto al di sotto del totale ha caratterizzato l'analisi del rame in tutto il triennio 2020-2022, per cui il concetto di valore medio perde un po' di significato. Si può affermare che, generalmente, le concentrazioni medie si sono mantenute al di sotto di  $1,00 \mu\text{g L}^{-1}$ , fanno eccezione i valori lievemente maggiori a luglio 2021 ( $1,13 \pm 0,93 \mu\text{g L}^{-1}$ ), e dicembre 2022 ( $1,32 \pm 0,49 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Va evidenziata la totale assenza di questo metallo in novembre 2022 come già osservato in marzo 2021.



**Vanadio** - L'andamento complessivo del vanadio è risultato molto simile a quelli di arsenico e bario. Nel 2022 medie massime per il triennio hanno caratterizzato i mesi di marzo ( $1,74 \pm 0,12 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e dicembre ( $2,41 \pm 0,40 \mu\text{g L}^{-1}$ ), a maggio e luglio le concentrazioni medie sono state paragonabili a quelle osservate nel biennio precedente ( $< 0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre in novembre si segnala la completa assenza di vanadio.

**Zinco** - Nel triennio c'è da evidenziare che dal secondo semestre 2020 fino a marzo 2022 lo zinco è stato caratterizzato da un andamento poco chiaro, con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale. La diminuzione di zinco osservata a fine 2021, è proseguita nel 2022 fino a luglio, quando non è stato rilevato alcun valore. A novembre, lo zinco è stato rilevato nel 70% dei campioni, ma in concentrazioni bassissime, mentre a dicembre i due valori rilevati appartengono alle stazioni di controllo.

**Indio** - La presenza di questo metallo è sempre stata sporadica. I massimi del triennio 2020-2022 sono stati misurati a marzo 2022 nelle stazioni di controllo E6 ( $42,00 \mu\text{g L}^{-1}$ , superficie) e E7 ( $41,00 \mu\text{g L}^{-1}$ , fondo). Fatta eccezione per questo mese, l'indio è stato scarsamente presente nel periodo considerato.

**Silicio** - Nel 2022 il silicio è stato rilevato in quasi tutti i campioni con dispersioni dei dati piuttosto elevate. Nel triennio 2020-2022 si osserva una totale assenza nel periodo novembre 2020 - marzo 2021, seguito a maggio e luglio dai valori medi massimi assoluti ( $\sim 0,50 \text{mg L}^{-1}$ ), e un successivo decremento delle concentrazioni a dicembre e marzo. Pur con la solita cautela statistica dovuta all'elevata dispersione dei dati il 2022 sembra caratterizzato da un progressivo aumento dei valori fino a novembre.





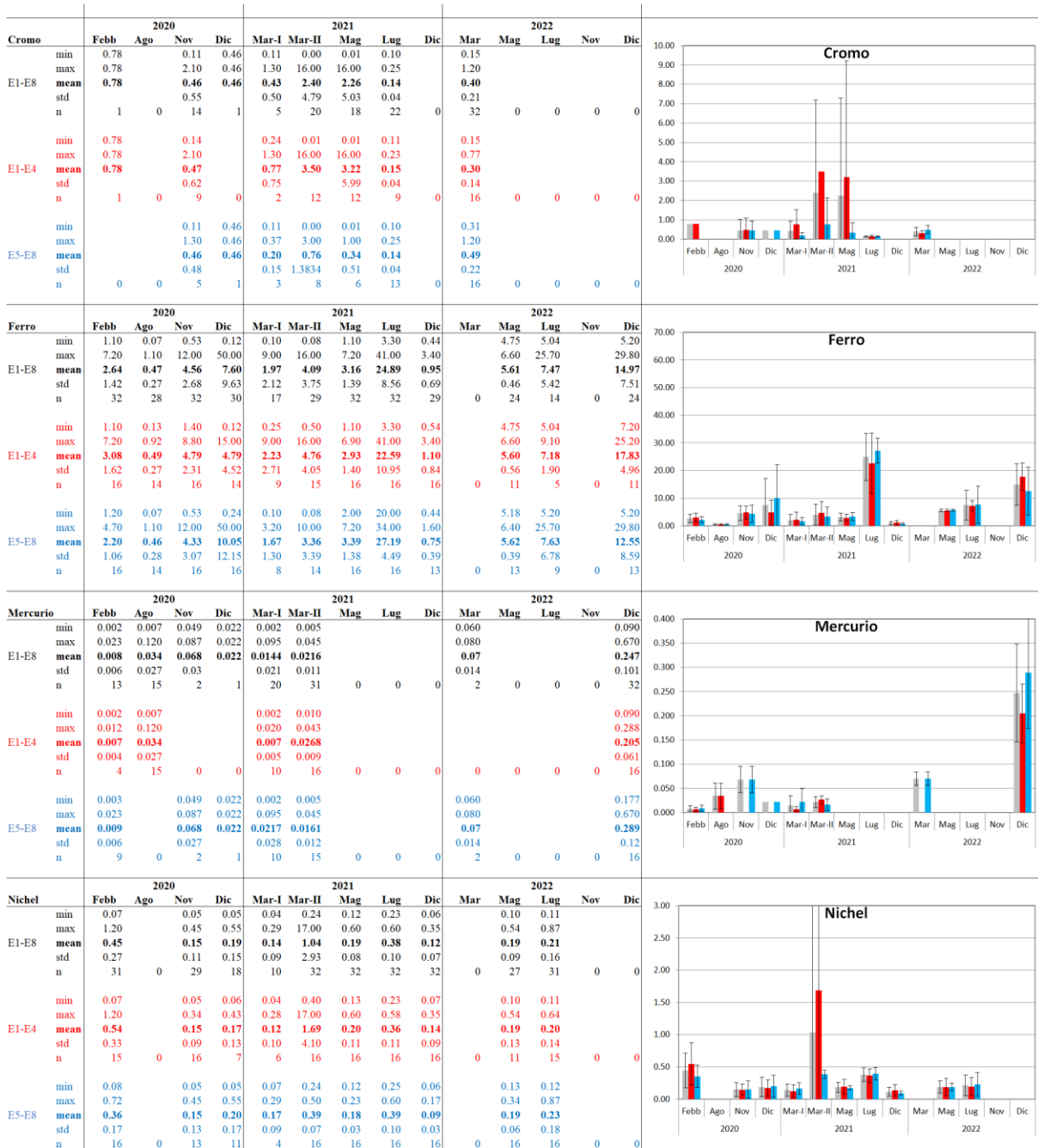


Fig. 3.40 – Continuo



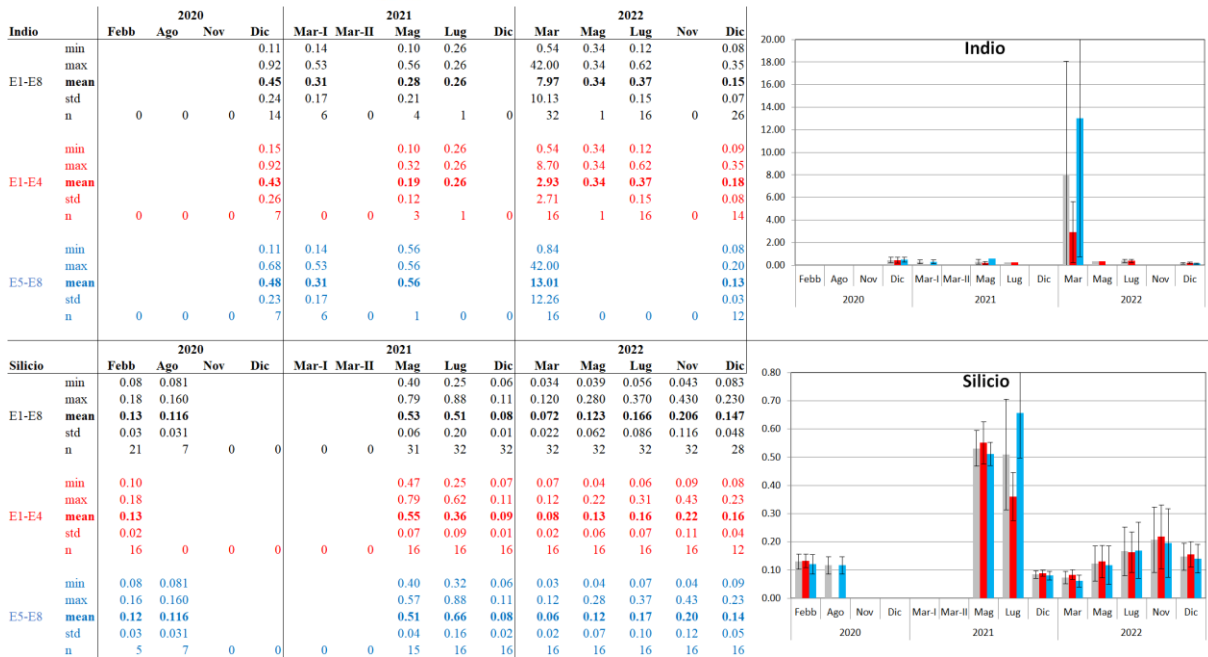


Fig. 3.40 – Continuo

### 3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

La serie temporale riportata in questa relazione fa riferimento a due periodi di registrazione differenti. I dati sono stati processati in modo da ottenere un'unica serie temporale ai fini di facilitare la rappresentazione grafica. In figura 3.41 è mostrato il grafico della pressione relativo al periodo di registrazione gennaio- dicembre 2022. Il grafico 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 che si notano nei mesi di febbraio e novembre sono dovute al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

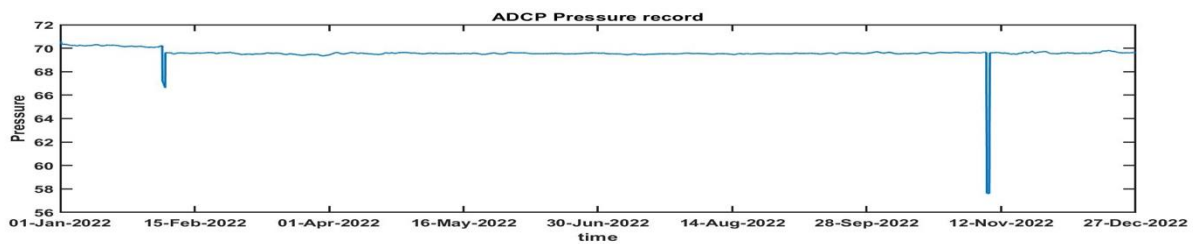
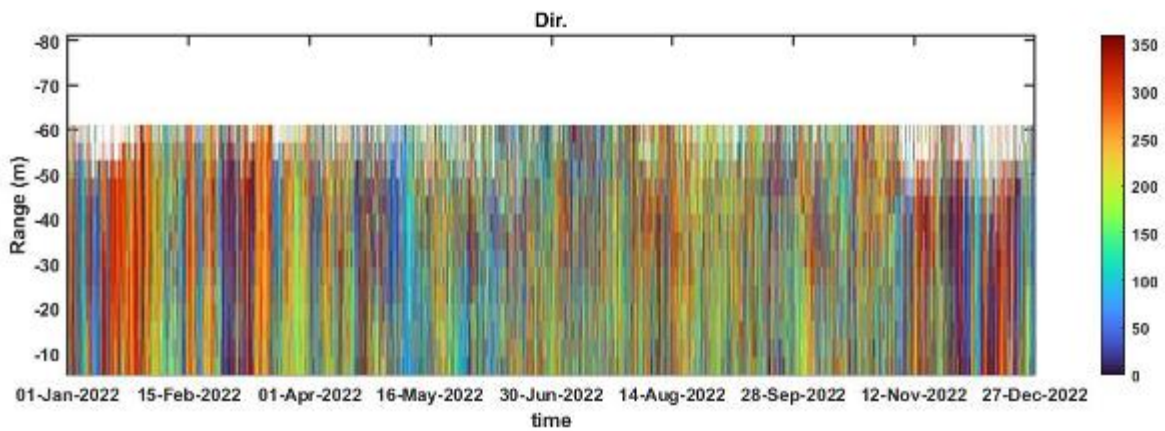


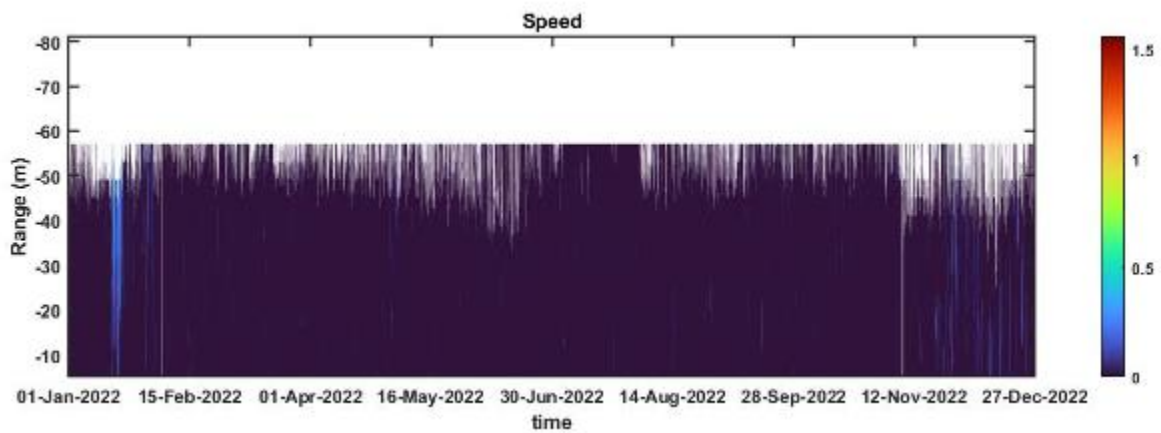
Fig. 3.41 – Pressione registrata nel periodo gennaio – dicembre 2022 dal correntometro posizionato presso Elettra.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.42 – 3.44) relative al periodo preso in esame la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile con una rotazione della direzione principalmente tra quelle settentrionali e meridionali.

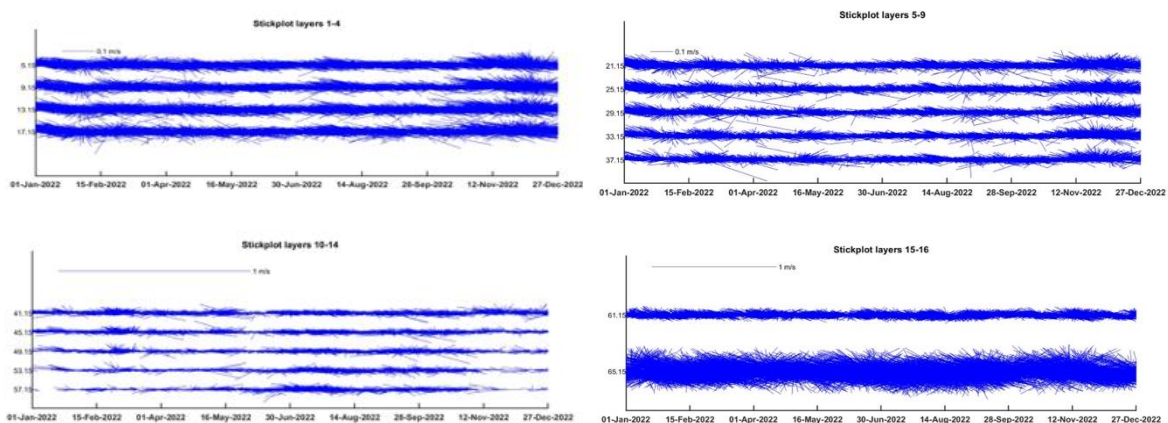
I mesi di gennaio e febbraio sono stati caratterizzati da una notevole variabilità con una corrente prevalentemente verso Sud-Est con rotazione verso Nord/Nord-Est e velocità intorno ai  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Nel mese di marzo le misure hanno mostrato fluttuazioni di direzione della corrente molto ben marcate che hanno interessato in modo omogeneo tutta la colonna d’acqua. In particolare, la direzione è variata generalmente tra Sud-Ovest e Nord-Est, con picchi fino a  $0,2 \text{ m s}^{-1}$ , verso la fine del mese. Durante il mese di aprile la direzione prevalente è stata settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest. Durante i mesi di maggio e giugno, la direzione della corrente è risultata prevalentemente settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest, con brevi rotazioni verso Sud-Ovest e velocità sempre inferiori ai  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Alla fine, si è notato un aumento della velocità fino a quasi  $0,25 \text{ m s}^{-1}$  corrispondente a un cambio di direzione



**Fig. 3.42** - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2022.

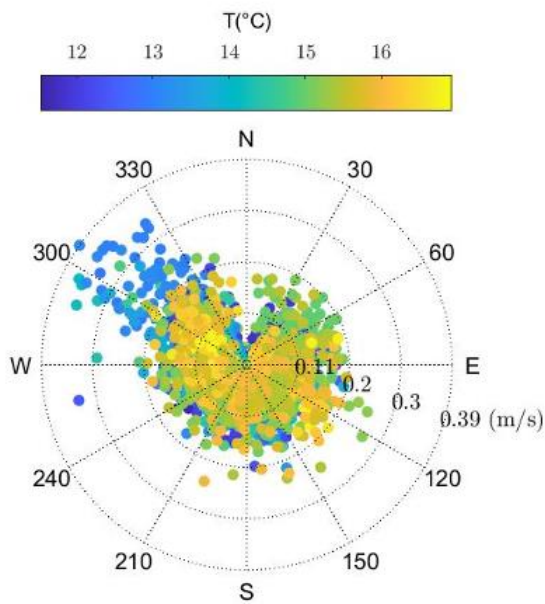


**Fig. 3.43** - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2022.

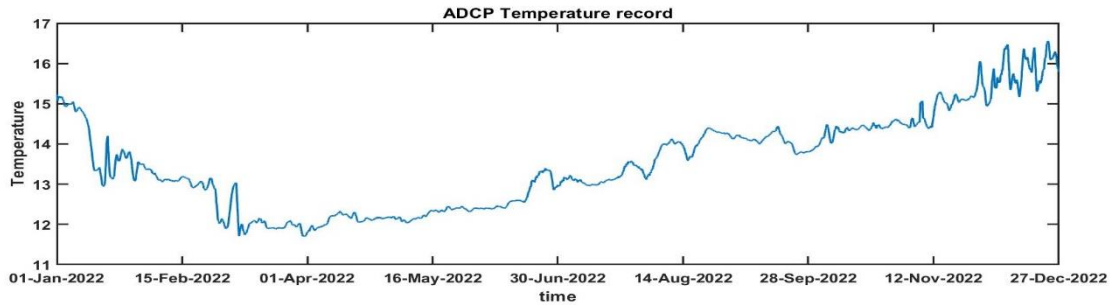


**Fig. 3.44** - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2022.

L'andamento della temperatura rilevata (figure 3.45 e 3.46), è risultata caratterizzata da un decremento tra i mesi di gennaio e marzo, da circa 15,5°C a circa 12,5°C. Successivamente, durante gli altri mesi, i valori misurati sono risaliti fino a circa 13°C. Da ottobre in poi si è notato un aumento della temperatura fino ad arrivare in alcuni periodi fino a 17 °C.



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



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



#### 4. CONCLUSIONI

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 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 Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. 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.

Gli aspetti indagati contemplati nello studio 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 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; c) alle numerose esperienze effettuate dal CNR- IRBIM di Ancona 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, Emilio, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2 & 3, Fauzia, Bonaccia NW, Clara NW); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Elettra.

Nel giugno 2019 si sono conclusi i 5 anni di indagini previste nella fase di esercizio di Elettra, i cui risultati sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2021a, eccetto la colonna d’acqua. Per questo comparto, infatti, è stato richiesto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (parere n. 11056 CTVA del 12/10/2012) un monitoraggio per tutta la durata di produzione della piattaforma.

Nel presente rapporto, sono descritti i risultati conseguiti per la sola colonna d’acqua (inclusi quelli correntometrici) nel 2022.

**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, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Elettra sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2014; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2017; 2018a; 2018b; 2019a; 2019b; Franzo *et al.*, 2022; Spagnolo





*et al.*, 2020a; 2020b; 2021).

Nel 2022 è stato registrato un lieve aumento di temperatura rispetto al 2021 e ai campionamenti precedenti in particolar modo nello strato superficiale. Anche per la salinità è stato osservato un aumento generalizzato dei valori medi rispetto agli anni precedenti; inoltre, gran parte dell'anno 2022 è stato caratterizzato da percentuali di saturazione di ossigeno sempre superiori al 100%, in quasi tutta la colonna d'acqua.

Il carico di solidi sospeso è risultato in generale maggiore alle quote di fondo confermando una tendenza già osservata in Adriatico, probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

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

Nel 2022 le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze significative tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza. Tutti i nutrienti hanno presentato mediamente concentrazioni contenute.

Nonostante le concentrazioni medie di clorofilla *a*, di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) siano risultati moderatamente più elevate rispetto agli anni passati, tali dati rientrano comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998).

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

Per quanto riguarda la ricerca di inquinanti, i risultati ottenuti nel 2022 sono in linea con quelli del passato biennio 2020-2021. La dispersione statistica non ha permesso una evidenziazione di trend temporali, anche se in alcuni casi sembra che rispetto all'inizio del 2020 le concentrazioni medie siano in generale diminuite. Sono inoltre spesso stati evidenziati periodi di assenza per 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 sono emerse differenze statisticamente valide tra le stazioni campionate a 100 m di distanza dalla piattaforma (E1-E4) e quelle di controllo (E5-E8), il che porta alla conclusione che l'effetto della presenza Elettra 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. A2) per dettagli inerenti gli aspetti metodologici.

**Correntometria** – Durante tutto il periodo in esame la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile con una rotazione della direzione principalmente tra quelle settentrionali e meridionali, così come osservato in precedenza che ha interessato in modo omogeneo tutta la colonna d'acqua. Le velocità sono risultate piuttosto modeste.



## 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., Boldrin A., Campanelli A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2014. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. Pre-survey (ottobre-dicembre 2013). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 119 + XXXI pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2015. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di installazione (I semestre 2014). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 3.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 124 + XXVII pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Biasi A.M., Gaetani A., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2014). Rapporto n. 4.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 219 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto finale (luglio 2014 - giugno 2015). Rapporto n.5.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 241 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016c. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n.6.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LXVI pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 2° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n.7.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM,



DICS. 222 + LVI pp.

- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P. 2017. Servizi di monitoraggio ambientale Campo 95 Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2016). Rapporto n.9.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 177 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L. 2018a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 12.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 224 + XLVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Scanu M., Tasseti A.N. 2018b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra - *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale. Rapporto n. 13.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 188 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tasseti A.N. 2019. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 14.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 273 + LVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Scanu M. 2020. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale - Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 179 + LVI pp.
- Franzo A., Saggiomo M., Borghini M., Siena G., Kralj M. 2022. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra - *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra - Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2022. Rapporto n. 22.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 49 + X pp.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culbertson 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.
- 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., Saggiomo M., Siena G. 2021a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G. 2021b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua anno 2019.* Rapporto n. 17. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021c. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2020. Rapporto n. 18.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 43 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021d. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto annuale 2020. Rapporto n. 19.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2021. Rapporto n. 20.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 62 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto finale 2021. Rapporto n. 21.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + 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. 1986. Determination of chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of chlorophyll a from divinylchlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Research*, 18: 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.

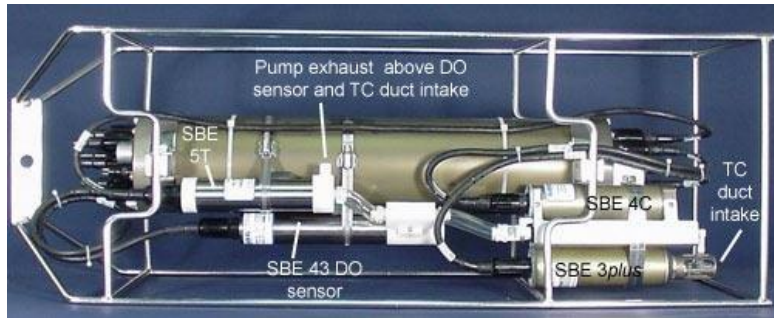
Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



# ALLEGATI STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI

# A1 INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

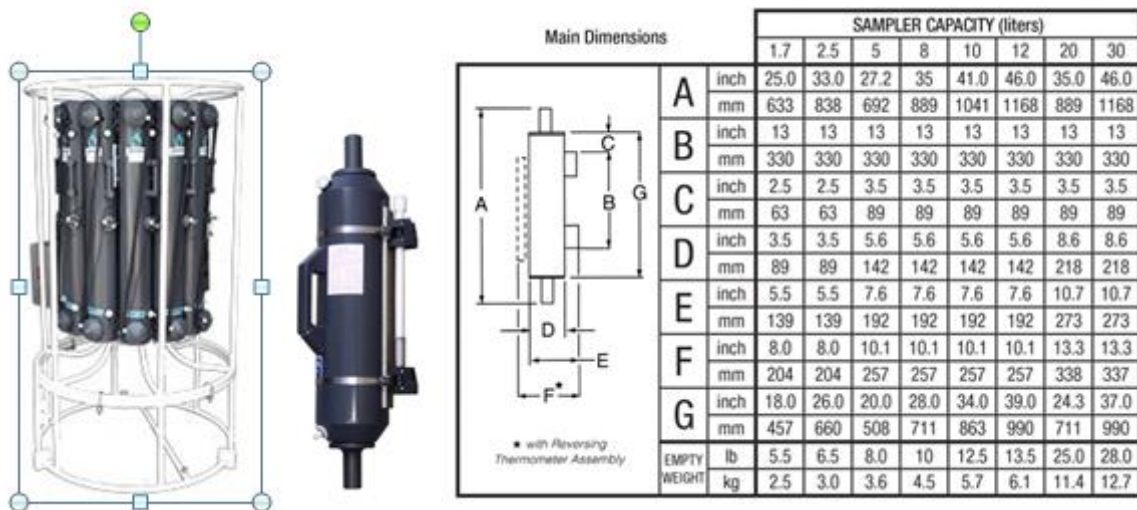
## A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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	± 0,001 °C	-5 : +35°C	21/05/2019
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4C	± 0,0003 S m <sup>-1</sup>	0 : 7 S m <sup>-1</sup>	21/05/2019
Pressione	Paroscientific Digiquartz®	Series 8000	± 0,01 % Fondo Scala	0: 6800 m	15/04/2009
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	± 2% saturazione	120% saturazione in superficie	Calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	± 0,01 µg L <sup>-1</sup>	0 : 50 µg L <sup>-1</sup>	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	± 0,01 NTU	0 : 25 NTU	Calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

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





## **A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)**



<b>Strumento</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Accuratezza</b>	<b>Intervallo di misura</b>	<b>Calibrazione</b>
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

<b>Sensore</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Accuratezza</b>	<b>Intervallo di misura</b>	<b>Calibrazione</b>
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

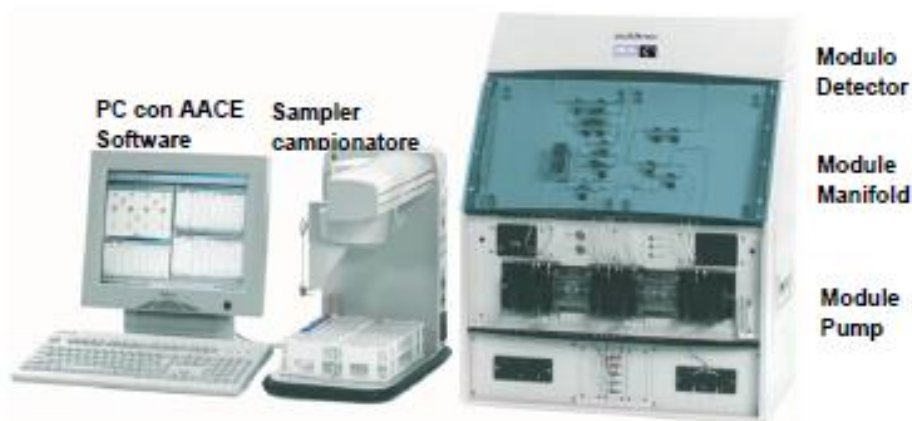
<b>Tipi di titolazione</b>	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
<b>Modi di titolazione</b>	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
<b>Tipi di indicazione</b>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

### Panoramica delle principali funzioni

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

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

## A1-V HPLC

### High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



<b>Modulo</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Caratteristiche</b>
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**

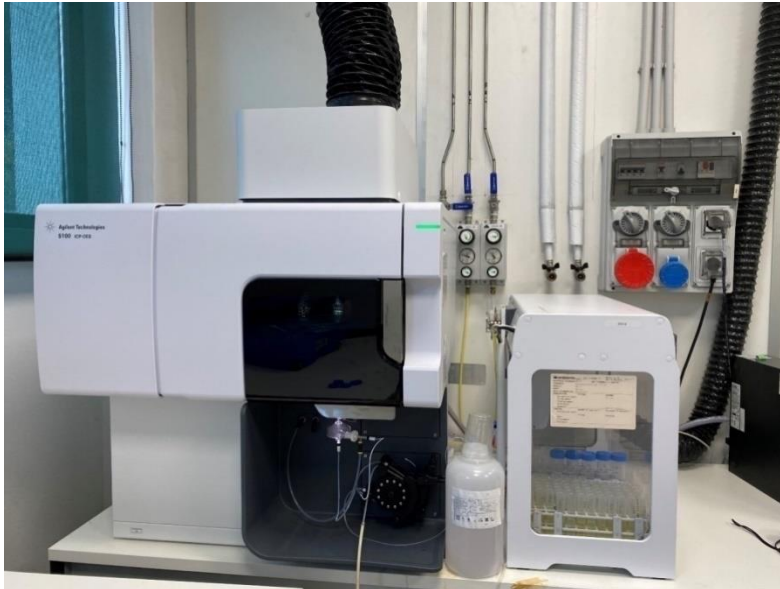


**Autocampionatore MASN8140044 ESI**



## 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 Frassinò, 21 - 54033 Carrara (MS)  
Sede Operativa e Laboratori: C. da Biggemì, 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](http://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 Frassinà, 21 - 54033 Carrara (MS)  
 Sede Operativa e Laboratori: C. da Biggeml, 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](http://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 Biggeml, 57 ex ss. 114 - 96010 Priolo Gargallo (SR)  
 Sede Operativa e Laboratori: Zona Industriale Val Basento - 75015 Pisticci (MT)  
 Sede Operativa e Laboratori: Via Gorglia 1 (angolo Via Venezia) - 93012 Gela (CL)  
[www.agrolab.it](http://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<sub>n</sub>H<sub>n+2</sub> 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 µg/L, si desume pari a 80% dell'area compresa tra i markers C10 e C40.

	MDL µg/L	LOQ µg/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 Biggemì, 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](http://www.agrolab.it)



<b>C10 - C40</b>	<b>1,154</b>	<b>28</b>
<b>C10 - C32</b>	<b>0,92</b>	<b>23</b>

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](mailto:altavilla@agrolab.it) [www.agrolab.it](http://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, 36077 Altavilla Vicentina VI, Italy  
Tel.: +39 0444 349040, Fax: +39 0444 349041  
[altavilla@agrolab.it](mailto:altavilla@agrolab.it) [www.agrolab.it](http://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