

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

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

OPERATORE SCIENTIFICO:

CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS,
AGROLAB AMBIENTE S.R.L., CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE
MARCHE E CONISMA

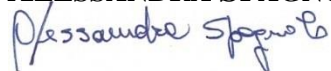
COORDINATORE:

GIANNA FABI



RESPONSABILE SCIENTIFICO:

ALESSANDRA SPAGNOLO



RAPPORTO A CURA DI:

ALESSANDRA SPAGNOLO

GIANNA FABI

MIRENO BORGHINI

MARIA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

LIDIA URBINI



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni	
Referente OGS	G. Siena	
Referente SZN	S. Stefanni	

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

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

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	MATERIALI E METODI	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	9
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	9
3.	RISULTATI.....	18
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	18
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	18
3.1.2.	NUTRIENTI	26
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	34
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	42
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	45
3.1.6.	METALLI PESANTI	47
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	53
4.	CONCLUSIONI	56
5.	BIBLIOGRAFIA	59
	ALLEGATO A STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI	i

1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000104 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. Il monitoraggio nel 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

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.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall’installazione di Elettra, sulla base delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 e della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono state previste le seguenti fasi (Tab. 1-D):

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;
- c. Fase di produzione: indagini da condurre per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Proseguiranno per tutta la durata della produzione della piattaforma le indagini inerenti alla colonna d’acqua.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: si prevedono uno o più survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell’inizio dei lavori di smantellamento;
 2. smantellamento: si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
 3. post-smantellamento: la maggior parte delle indagini sarà effettuata per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Le indagini riguardanti la colonna d’acqua avranno la durata di 1 anno.

Per le fasi a) e b) sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica delle strutture (pre-survey) e di problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro (durante lavori). Per quanto concerne la fase d), data la lunga durata della produzione di una piattaforma, si precisa che le modalità di monitoraggio e le indagini sono state redatte in base alle esperienze maturate sino ad oggi ma è verosimile che nel tempo gli approcci metodologici riguardanti sia la dismissione delle strutture che le metodiche di monitoraggio ambientale si evolveranno. Pertanto, il piano proposto potrebbe necessitare di modifiche sulla base delle nuove conoscenze acquisite.

Riguardo agli aspetti da indagare, sulla base dell'esperienza pluriennale del CNR-IRBIM nel monitoraggio di strutture estrattive offshore poste in Adriatico settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020; 2022a; 2022b) e delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 si è ritenuto opportuno proporre, per quanto concerne la piattaforma, un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, contaminanti, ecc.);
2. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti circostanti;
3. ecotossicologia e inquinanti in organismi marini nei sedimenti circostanti;
4. analisi di inquinanti, di biomarker e indagini ultrastrutturali nei mitili insediati sulle parti immerse della piattaforma;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
6. evoluzione del popolamento ittico;
7. rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

Tutte le indagini sopra elencate sono state effettuate sino al 5° anno post installazione della piattaforma (ovvero sino a giugno 2019) e i relativi risultati e considerazioni sono stati riportati nel rapporto finale n. 16 (Spagnolo *et al.*, 2021a).

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 dovranno proseguire le indagini riguardanti la colonna d'acqua.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nel 1° semestre 2021.

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Fauzia
Ante operam	Colonna acqua	2 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
Cantiere	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei*	Per tutta la durata della fase
Esercizio	Correntometria	Per tutta la durata della fase
	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	5 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni
	Comunità bentonica	5 anni
	Comunità ittica	5 anni
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni
	Rilevamento cetacei	5 anni
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
Smantellamento	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	Per tutta la durata della fase
Post smantellamento	Colonna acqua	1 anno
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	Comunità ittica	3 anni
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione

* Previsti survey mediante operatori MMO; per i risultati consultare Leonori *et al.*, 2014.

** 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.

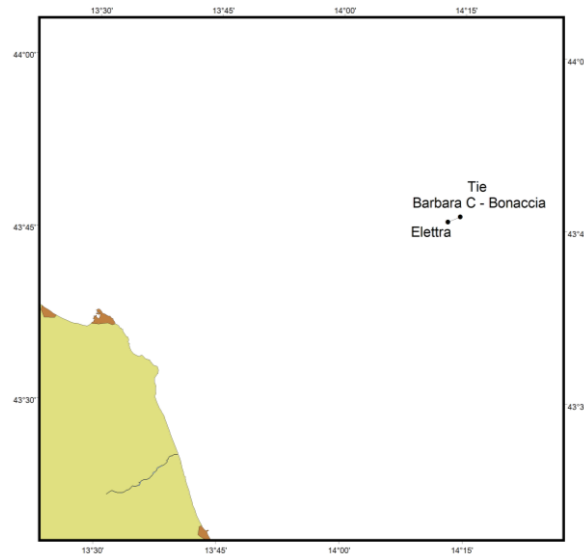


Fig. 2.1 - Posizione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

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 IN MARE

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua nel 1° semestre 2021 sono state effettuate tre campagne di misura a febbraio, marzo e maggio.

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato svolto presso 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione della piattaforma e 4 a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II).

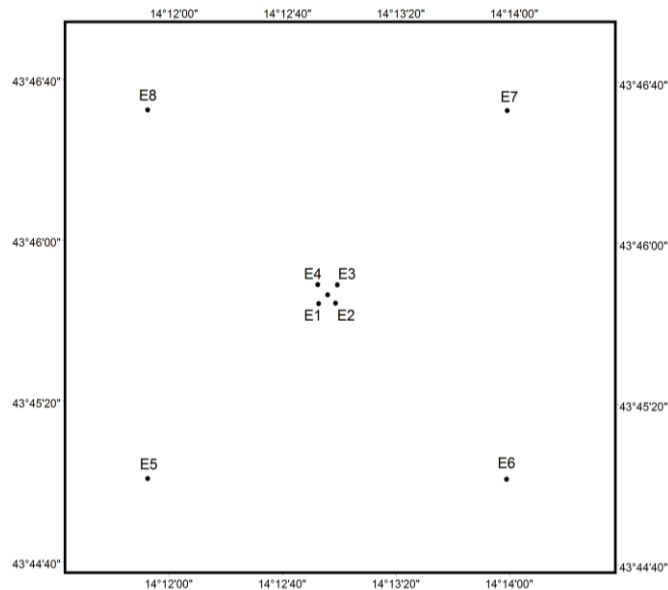


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Elettra per le indagini idrologiche.

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

STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	LAT.	LONG.	DISTANZA DALLA STRUTTURA (m)	POSIZIONE RISPETTO ALLA STRUTTURA
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).

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

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

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

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



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

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 1° semestre 2021 sono stati registrati dati correntometrici dal 01 gennaio al 30 giugno. L'ormeggio correntometrico è stato posizionato a circa 76 m di profondità (Lat. $43^{\circ}45,843'\text{N}$, Long. $14^{\circ}12,924'\text{E}$). Esso era costituito da un correntometro acustico ADCP Teledyne RDI, del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3; All. A1-II). Il correntometro, oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s.

Lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 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 a causa dell'elevato rumore presente.

Elettra

Lat. 43°45.843' N
Lon. 14°12.924' E
Depth 76 m

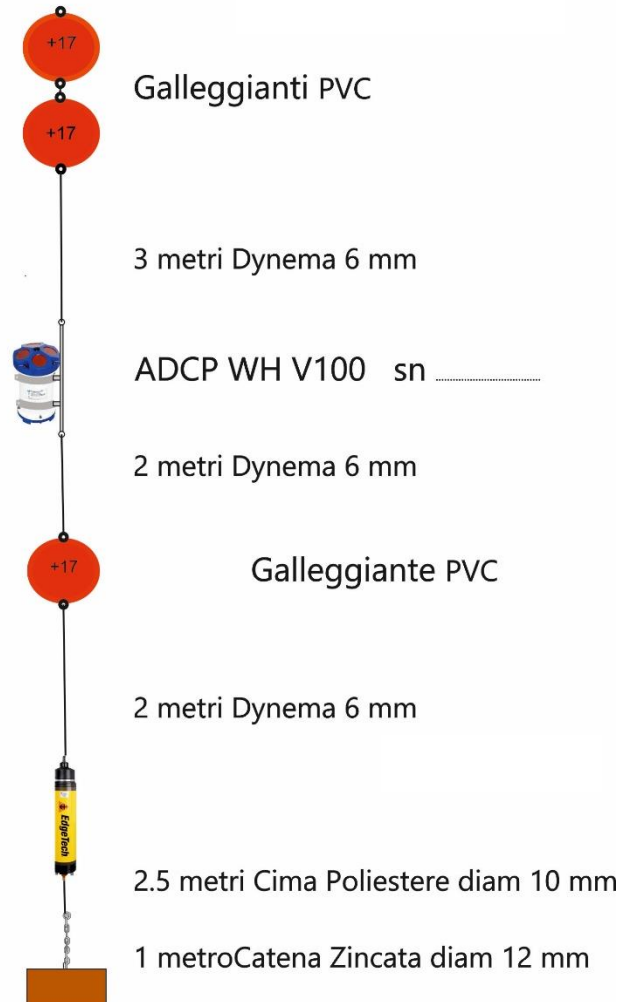


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

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

I campioni di acqua raccolti sono stati analizzati in laboratorio per valutare il contenuto dei sali nutritivi disciolti (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dell'ossigeno disciolto, dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e della concentrazione di pigmenti clorofilliani. Sono stati inoltre ricercati gli inquinanti elencati nel 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 Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 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.

Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio,

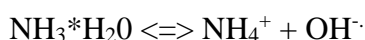
ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 μm), precombusti a 450°C per 4h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

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

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

I nitrati (NO_3) sono stati ridotti a nitriti su colonna di cadmio e determinati seguendo il metodo descritto per i nitriti.

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



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

L'equilibrio tra l'ammoniaca (NH_3) e l'ammonio (NH_4^+) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell'acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l'ammonio (NH_4^+) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH_3). Ad una temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio (NH_4).

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

I silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.

I limiti di rilevabilità sono:

- NO_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM
- NH_4 : 0,02 μM

- PO₄: 0,01 μM
- Si(OH)₄: 0,02 μM

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

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

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3 Å μM). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 μl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75, 25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

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

TSM (solidi sospesi totali) - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (Ø = 47 mm), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso

secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L⁻¹. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

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

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

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

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

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

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

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

Idrocarburi totali - Gli idrocarburi totali, relativamente alle acque, sono da intendersi come

somma delle due seguenti classi:

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

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

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa a cui è stato aggiunto un modificatore di matrice. Successivamente, la vial chiusa e ben mescolata è stata posizionata nell'autocampionatore e mantenuta a temperatura ambiente. Il modificatore di matrice ha lo scopo di favorire l'equilibrio dei composti volatili all'interno con lo spazio di testa presente nella vial. Circa 15 minuti prima dell'analisi, le singole fiale verranno riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica tramite l'autocampionatore CTC. L'autocampionatore poi preleverà un ml di volume di spazio di teste tramite linea riscaldata e lo inietterà nella colonna GC. Le analisi sono state eseguite usando un rilevatore FID (Flame Ionization Detector).

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

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

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

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

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

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

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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)-antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) 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 0,0006 $\mu\text{g l}^{-1}$. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

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

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

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

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

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

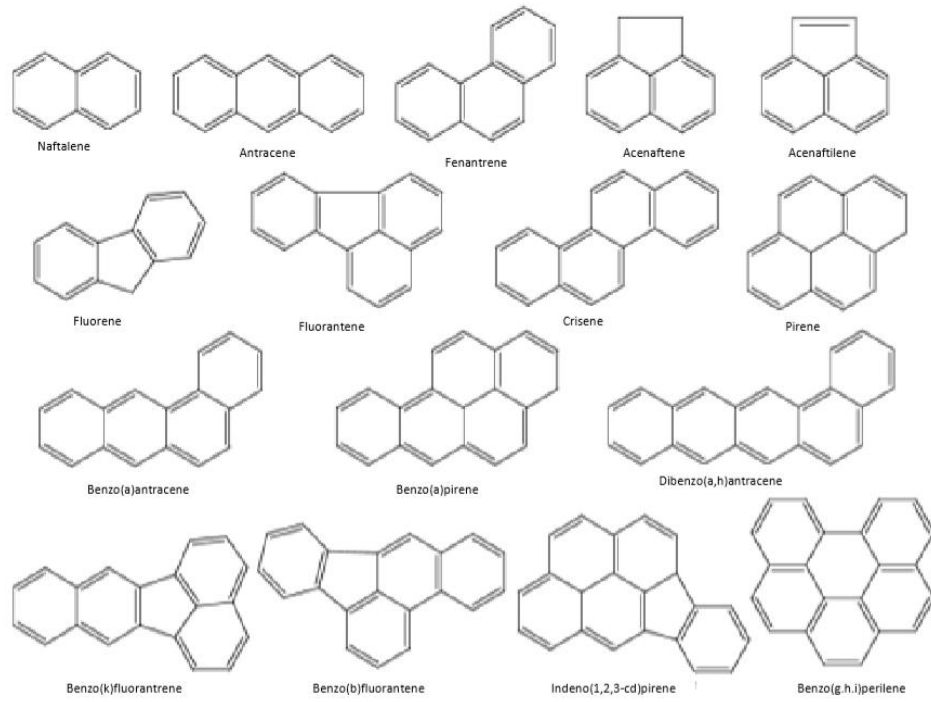


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **febbraio 2021** (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura è risultata piuttosto omogenea lungo la colonna d'acqua in tutte le stazioni di campionamento (media \pm dev.st.; $12,93 \pm 0,25^\circ\text{C}$), presentando una lieve diminuzione verso il fondo.

Valori omogenei sono stati rilevati anche per la distribuzione della salinità ovunque ($38,90 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno mostrato una distribuzione orizzontale piuttosto omogenea di temperatura in superficie, con piccole differenze tra le stazioni ($\Delta T < 0,3^\circ\text{C}$ con orientamento N-S), che si riducono ulteriormente al fondo. Anche la salinità ha fatto registrare una distribuzione uniforme sia in superficie ($38,89 \pm 0,00$ psu) che al fondo ($38,88 \pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.1) ha fatto registrare valori molto bassi ($< 0,3$ mg l⁻¹) e uniformi lungo la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 60 m di profondità (fino a profondità minori nelle stazioni di controllo), in rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,2 mg l⁻¹, stazione E3).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è stato poco $> 100\%$ ovunque fino a circa 40 m, in diminuzione lungo la verticale con i valori minimi omogenei da 60 m al fondo ($95,4 \pm 0,3\%$).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie e al fondo ($< 0,5$ $\mu\text{g l}^{-1}$) e maggiore alle quote intermedie ($< 0,75$ $\mu\text{g l}^{-1}$).

Nel campionamento di **marzo** (fig. 3.4) è risultata evidente una maggiore omogeneità nella distribuzione dei parametri misurati in tutte le stazioni, come mostrato dai profili verticali uniformi di temperatura ($12,84 \pm 0,33^\circ\text{C}$), salinità ($38,84 \pm 0,01$ psu), torbidità (media $0,3 \pm 0,1$ mg l⁻¹) e ossigeno disciolto alla saturazione ($99,8 \pm 1,8\%$).

Le mappe areali (fig. 3.5) hanno mostrato un debole gradiente N-S nella distribuzione della temperatura in superficie ($\Delta T > 0,5^\circ\text{C}$) e una forte omogeneità al fondo (media $12,54 \pm 0,02^\circ\text{C}$). La distribuzione di salinità non ha presentato differenze rilevanti tra le stazioni, sia in

superficie ($38,83 \pm 0,01$ psu) che al fondo ($38,84 \pm 0,00$ psu), confermando la notevole uniformità in tutta la colonna d'acqua.

Anche la fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa costante e caratterizzata da valori molto bassi ($< 0,5 \mu\text{g l}^{-1}$) ovunque, con un debole incremento di valori al fondo.

A **maggio** (fig. 3.7) i profili verticali di tutti i parametri hanno fatto rilevare uno scostamento dalla forte omogeneità tipica del periodo invernale, evidente in particolare per l'incremento dei valori di temperatura nei primi 20 m di profondità dove è stata osservata una media di $15,14 \pm 0,37^\circ\text{C}$.

Anche la salinità ha mostrato una differenziazione nella distribuzione verticale, con valori in aumento dalla superficie (massimo 38,71 psu) al fondo (massimo 38,89 psu).

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione della temperatura in superficie ($15,52 \pm 0,06$ psu) e al fondo ($12,95 \pm 0,08$ psu) così come della salinità ad entrambe le quote (superficie: $38,73 \pm 0,00$ psu; fondo: $38,88 \pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.7) è risultata uniforme e con valori relativamente bassi sino a circa 70 m, con un leggero incremento rilevabile verso il fondo (massimo $0,8 \text{ mg l}^{-1}$).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è risultato mediamente basso in tutta la colonna d'acqua ($< 90\%$), con valori minimi al fondo in tutte le stazioni (minimo 82,6%).

La fluorescenza (fig. 3.9) è stata uniforme e con valori medi molto bassi ($< 0,2 \mu\text{g l}^{-1}$) dalla superficie fino quasi al fondo, dove è stato rilevato un aumento in tutte le stazioni di campionamento (massimo $1,0 \mu\text{g l}^{-1}$, stazione E8).

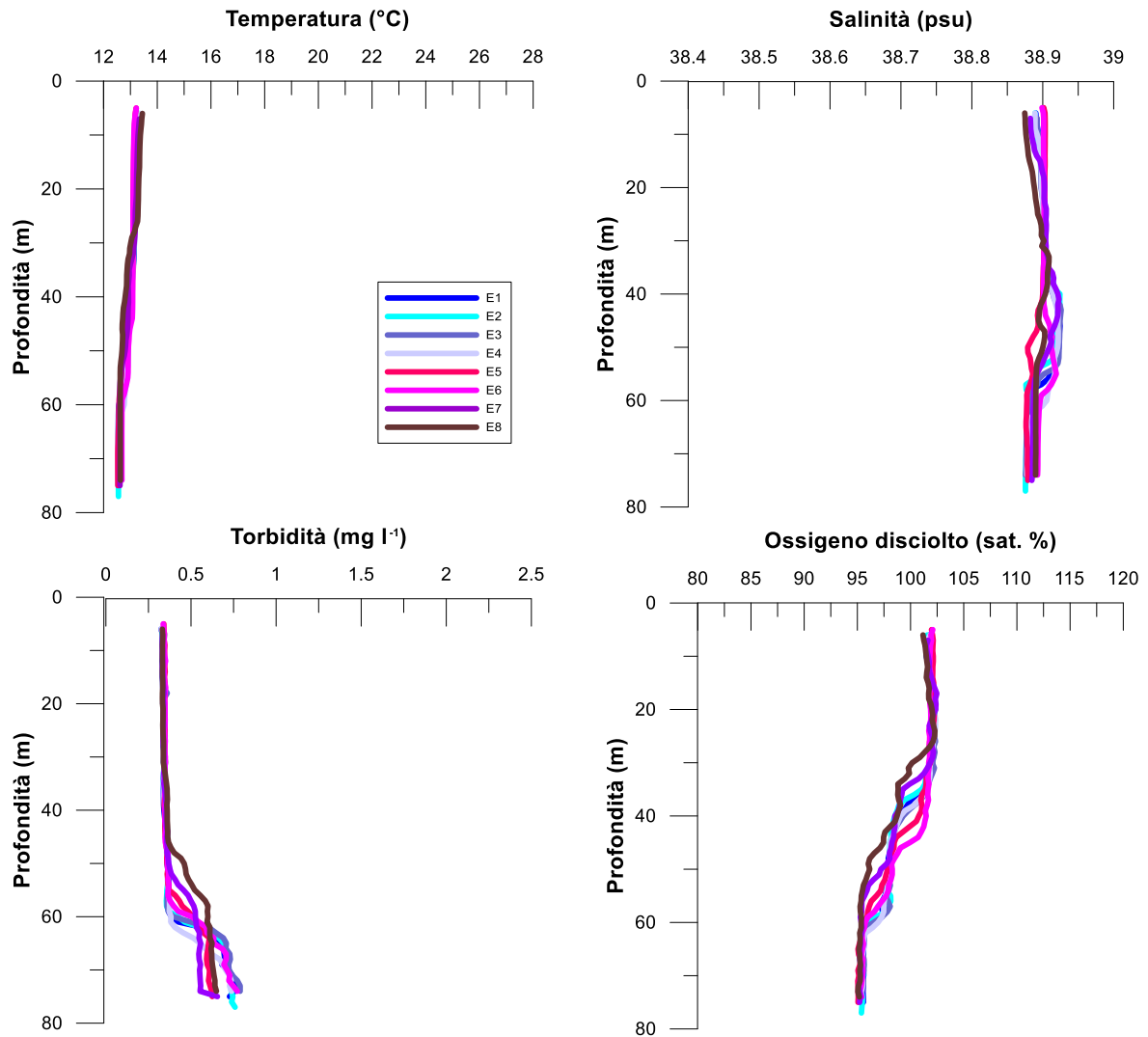


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2021.**

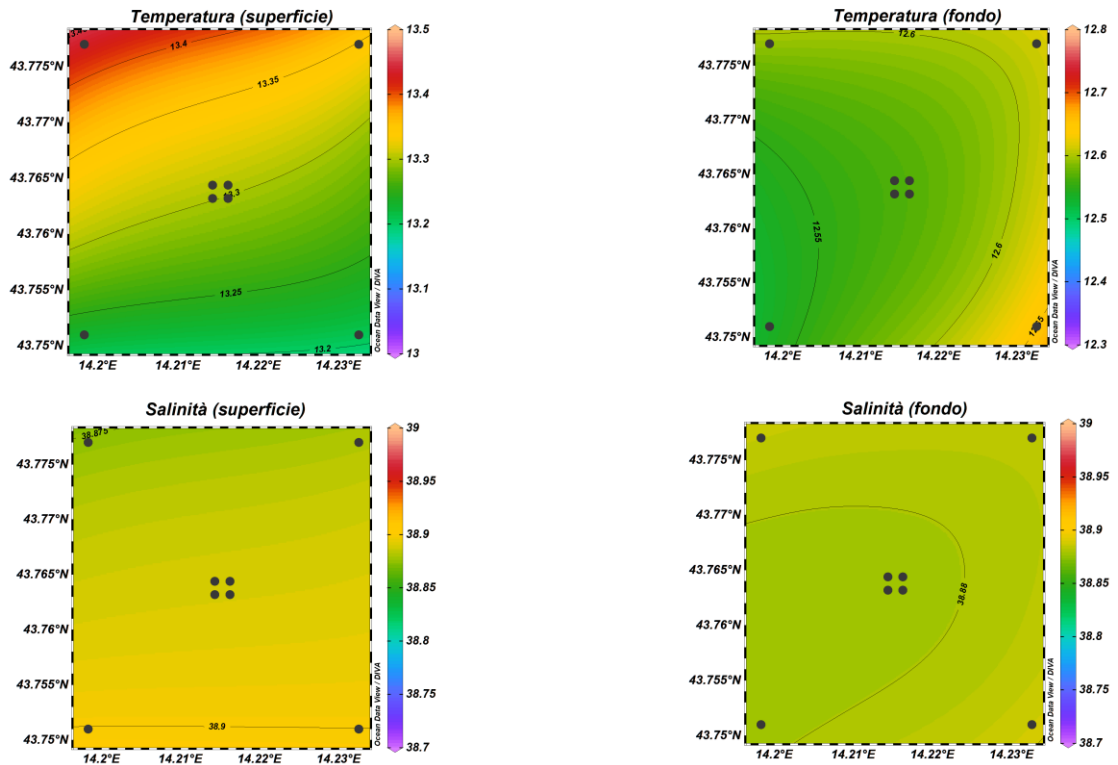


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

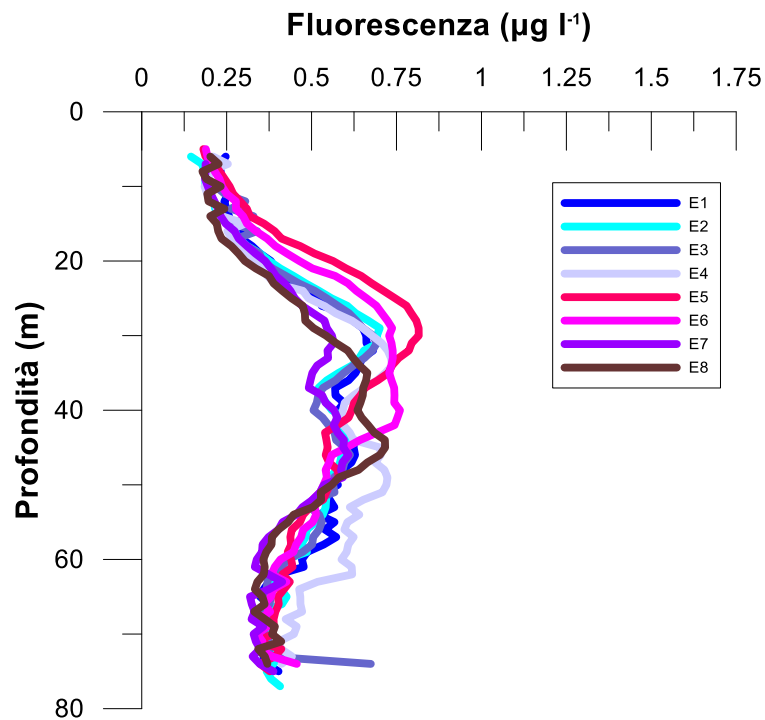


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2021**.

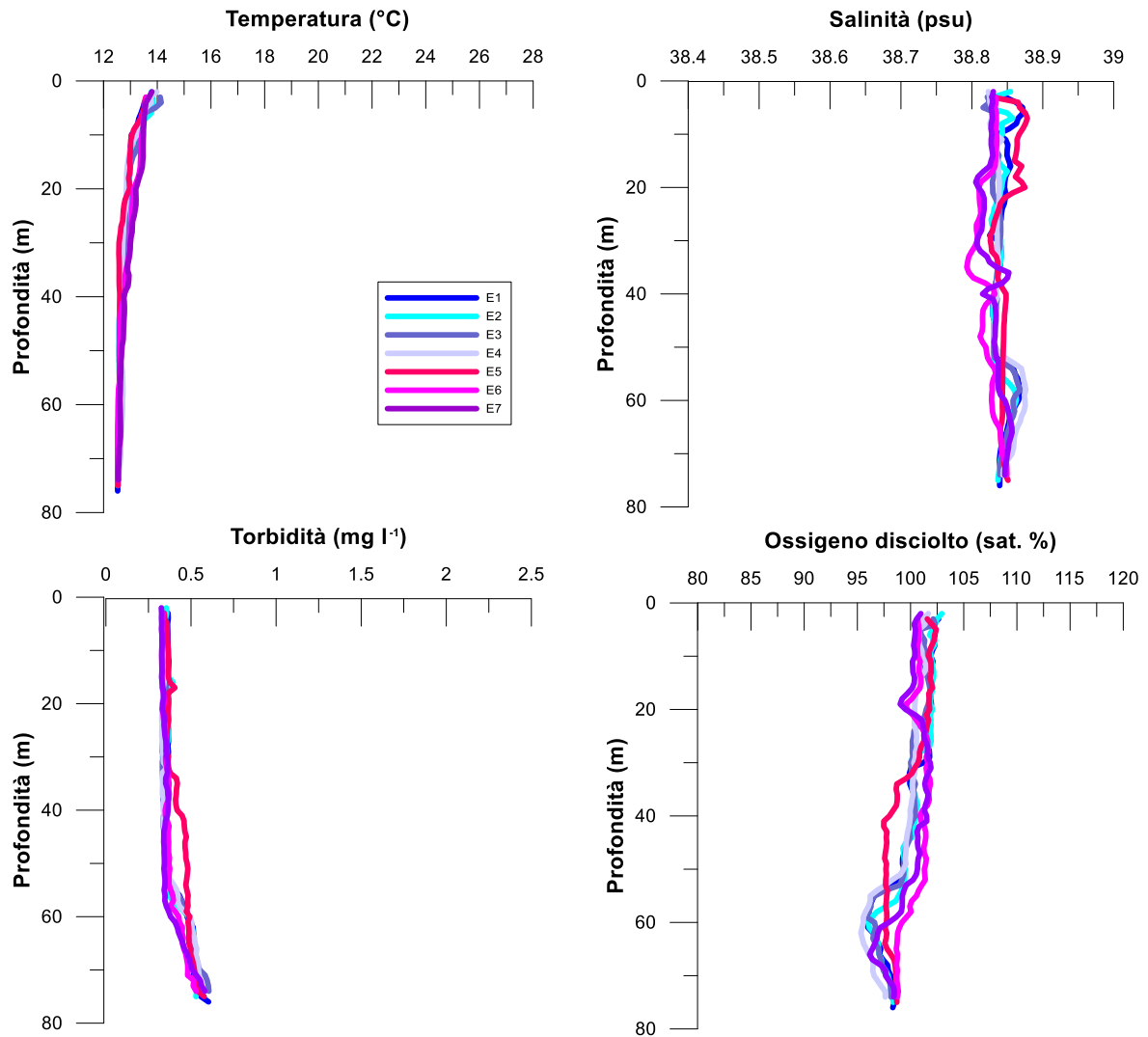


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**

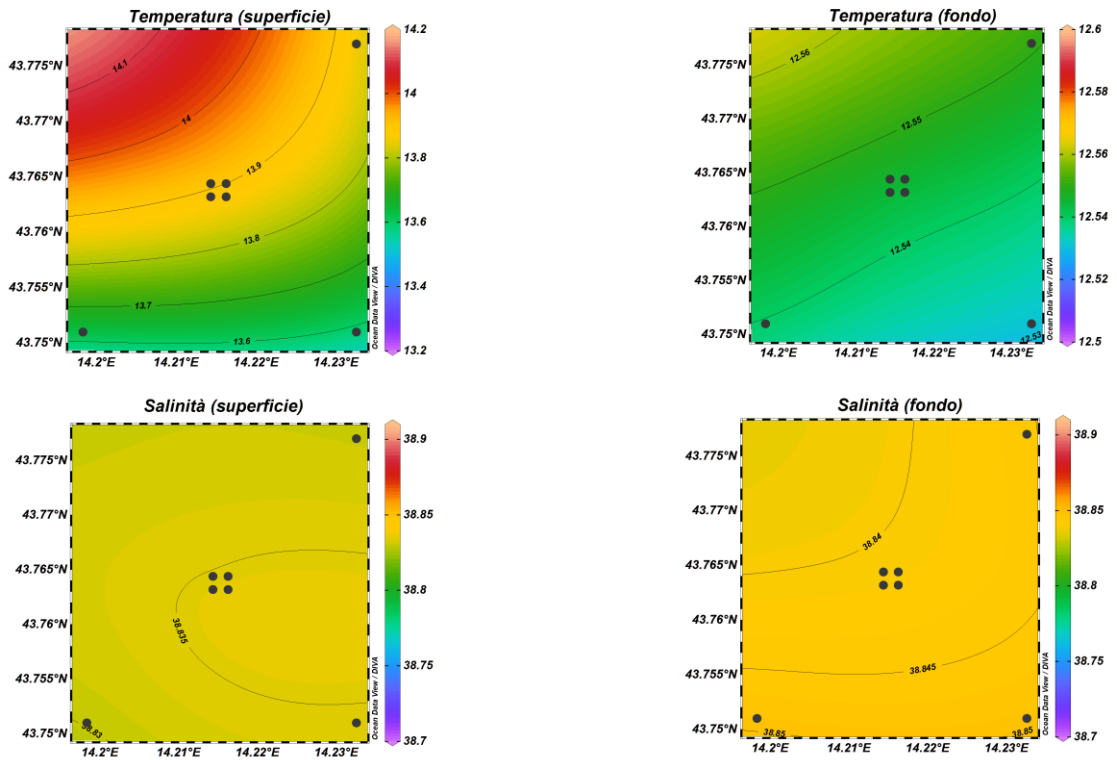


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

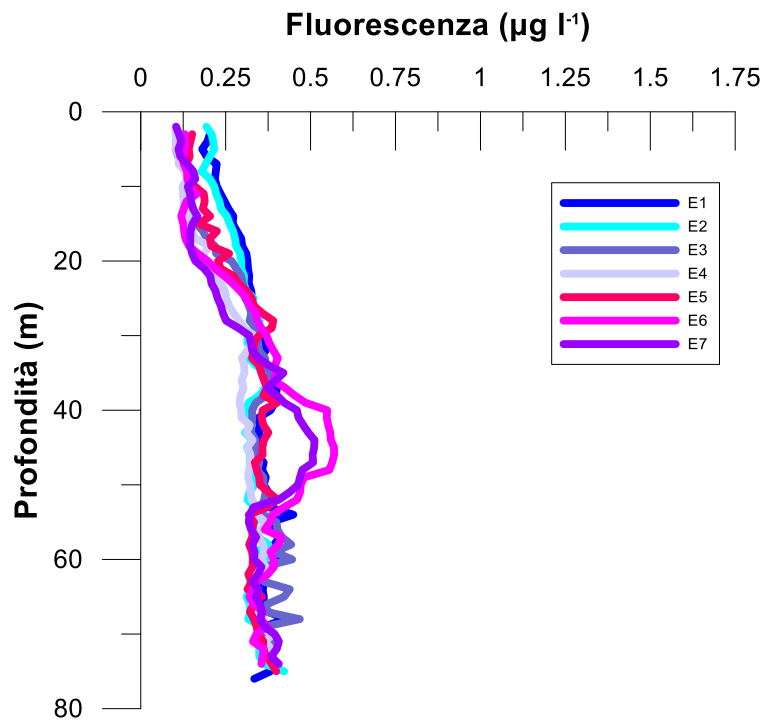


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Marzo 2021**.

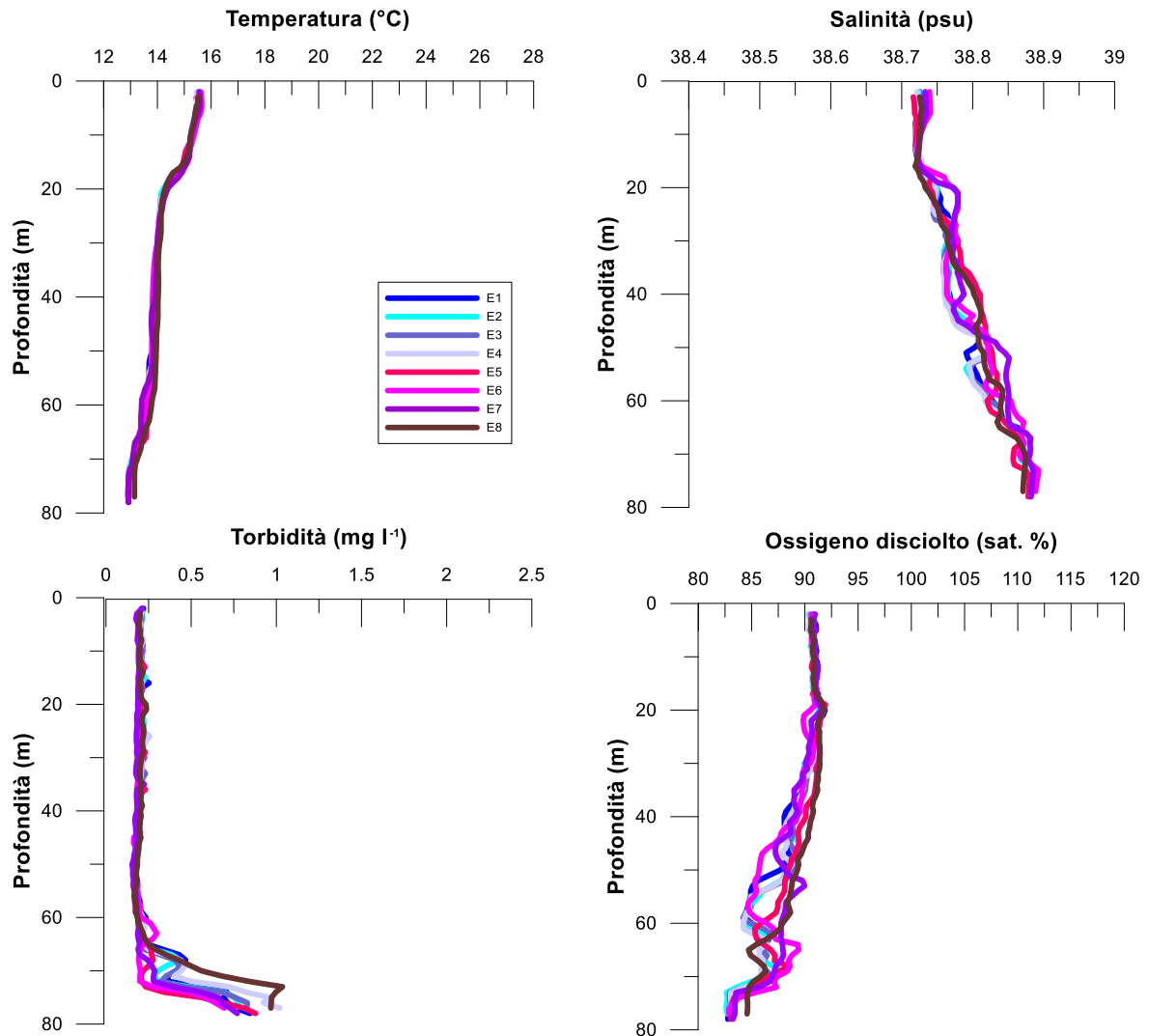


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Maggio 2021.**

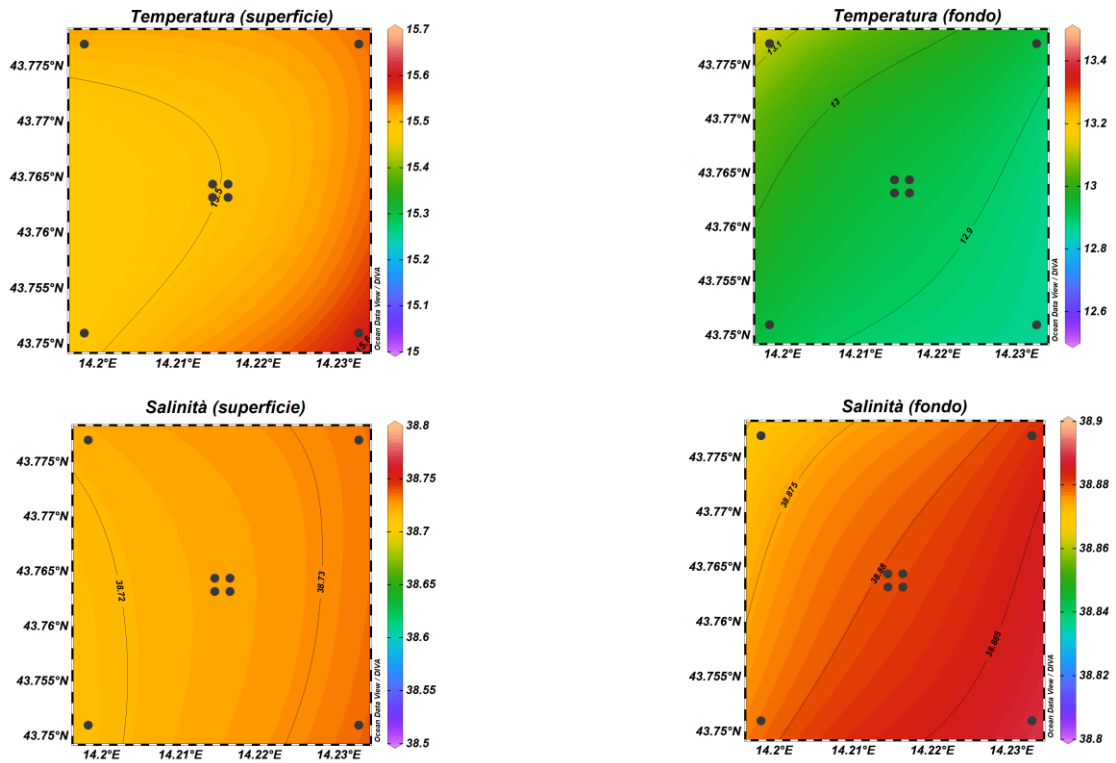


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

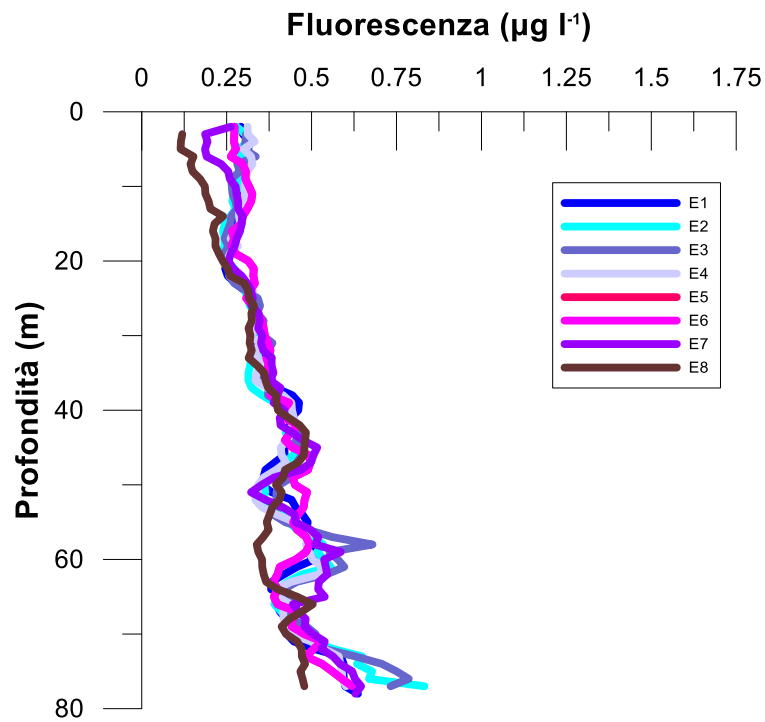


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2021**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.10a, 3.10b e 3.11) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,18 \pm 0,10 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,27 \pm 0,23 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,04 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4).

In generale le concentrazioni maggiori di NO_3 e NO_2 sono state rilevate nelle acque di fondo ($0,32 \pm 0,05$ e $0,62 \pm 0,03 \mu\text{M}$ rispettivamente) dove sono stati registrati i massimi (NO_3 : $0,39 \mu\text{M}$ in E7 ed E8; NO_2 : $0,66 \mu\text{M}$ in E5). Il minimo di NO_3 ($0,06 \mu\text{M}$) è stato riscontrato a 20 m di profondità nelle stazioni E3 ed E4, quello di NO_2 ($0,07 \mu\text{M}$) alla stessa quota di E3, E4 ed E7.

Per NH_4 non è stato rilevato un andamento particolare. La concentrazione massima ($0,13 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione E1 e a 20 m nella E5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati in campioni prelevati nei siti E1, E2, E3, E4, E6 ed E8 a quote variabili.

Anche i fosfati (PO_4) non hanno presentato un andamento particolare e sono risultati contenuti ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra concentrazioni uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili di tutte le stazioni e un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ riscontrato al fondo della E1 e in superficie nella E8.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $1,77 \pm 0,31 \mu\text{M}$. I valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni, dove la media è stata pari a $2,29 \pm 0,14 \mu\text{M}$ e dove è stato misurato il massimo ($2,48 \mu\text{M}$) in E5; il minimo ($1,55 \mu\text{M}$) è stato invece osservato in superficie nella E6 e a 20 m nella E3.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.12a, 3.12b e 3.13) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,26 \pm 0,18 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,13 \pm 0,05 \mu\text{M}$ per NO_2 e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per NH_4 .

Contrariamente a quanto rilevato a febbraio, in generale NH_4 è appeso maggiore nelle acque di fondo ($0,08 \pm 0,03 \mu\text{M}$), mentre per NO_3 e NO_2 non è stato rilevato un andamento particolare. Le massime concentrazioni sia di NO_3 ($0,91 \mu\text{M}$) che NO_2 ($0,24 \mu\text{M}$) sono state misurate a 40 m nella stazione E8 (e sul fondo per NO_2); le minime sono state riscontrate nella E1 a 20 m (NO_3 ; $0,06 \mu\text{M}$) e alla quota superficiale di tutta l'area indagata (NO_2 ; $0,08 \mu\text{M}$).

Il massimo contenuto di NH_4 ($0,12 \mu\text{M}$) è stato rilevato al fondo della stazione E3, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di

tutte le stazioni.

Analogamente a quanto osservato nel campionamento di febbraio, i PO_4 sono risultati contenuti e non hanno presentato un andamento particolare. La concentrazione media è risultata pari a $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$, con un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ rilevato a quote variabili delle stazioni E1, E2, E3, E4 ed E8; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili di tutti i siti ad eccezione di E4.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $1,94 \pm 0,22 \mu\text{M}$. I valori maggiori hanno caratterizzato generalmente le quote più elevate, con una media al fondo di $2,16 \pm 0,16 \mu\text{M}$. Il massimo ($2,62 \mu\text{M}$) è stato osservato nella stazione E8 a 40 m di profondità, il minimo ($1,73 \mu\text{M}$) in superficie nelle E6 ed E7.

Nel **maggio 2021** (figg. 3.14a, 3.14b e 3.15) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,16 \pm 0,19 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,08 \pm 0,10 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ (NH_4). NO_3 e NO_2 sono apparsi più elevati nelle acque di fondo, mentre per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare.

Il contenuto medio di NO_3 al fondo è risultato pari a $0,47 \pm 0,05 \mu\text{M}$, con il massimo ($0,54 \mu\text{M}$) nella stazione E4; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni ad eccezione della E6.

La concentrazione media di NO_2 al fondo è risultata pari a $0,24 \pm 0,04 \mu\text{M}$. I valori sono variati tra un massimo di $0,28 \mu\text{M}$ (E1, E3 ed E4, fondo) e valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale tra la superficie e i 20 m di tutti i siti eccetto E6, analogamente a quanto osservato per i nitrati

Le concentrazioni di NH_4 sono risultate omogenee e contenute. Il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo della E7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni.

Per PO_4 è stata registrata una media di $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$; la massima concentrazione ($0,07 \mu\text{M}$) ha caratterizzato i 40 m e la superficie rispettivamente delle stazioni E2 ed E8, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati misurati a quote variabili nei siti E3, E5, E6 ed E8. Anche durante questo campionamento non è stato rilevato un andamento particolare.

Infine, La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata pari a $1,81 \pm 0,30 \mu\text{M}$; i contenuti maggiori hanno interessato le acque di fondo ($2,30 \pm 0,08 \mu\text{M}$) dove si è raggiunto il massimo ($2,39 \mu\text{M}$) in E1; il minimo ($1,52 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie nella stazione E5.

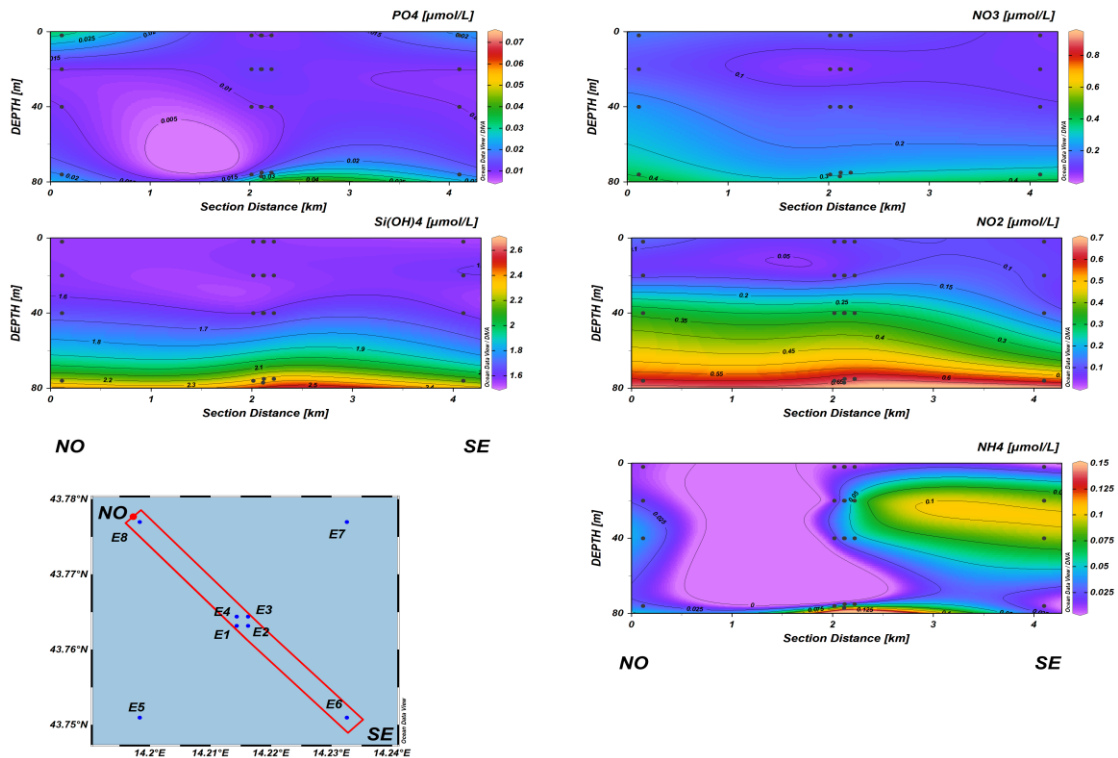


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2021.

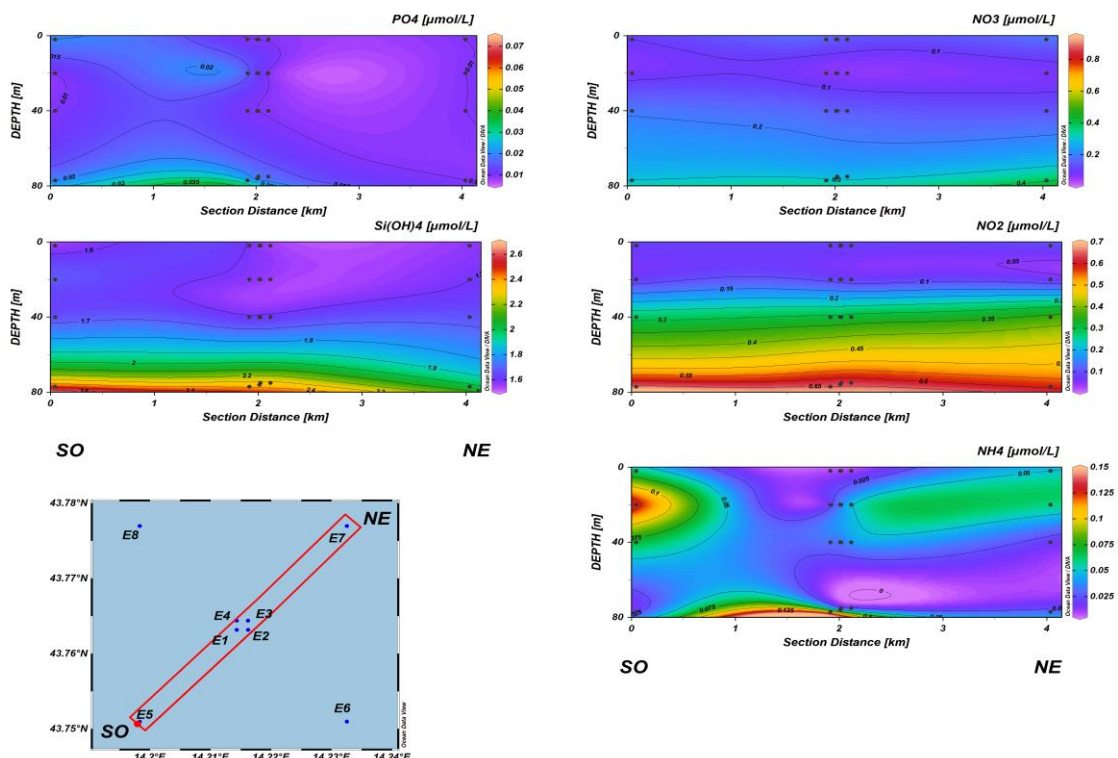


Fig. 3.10b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2021.

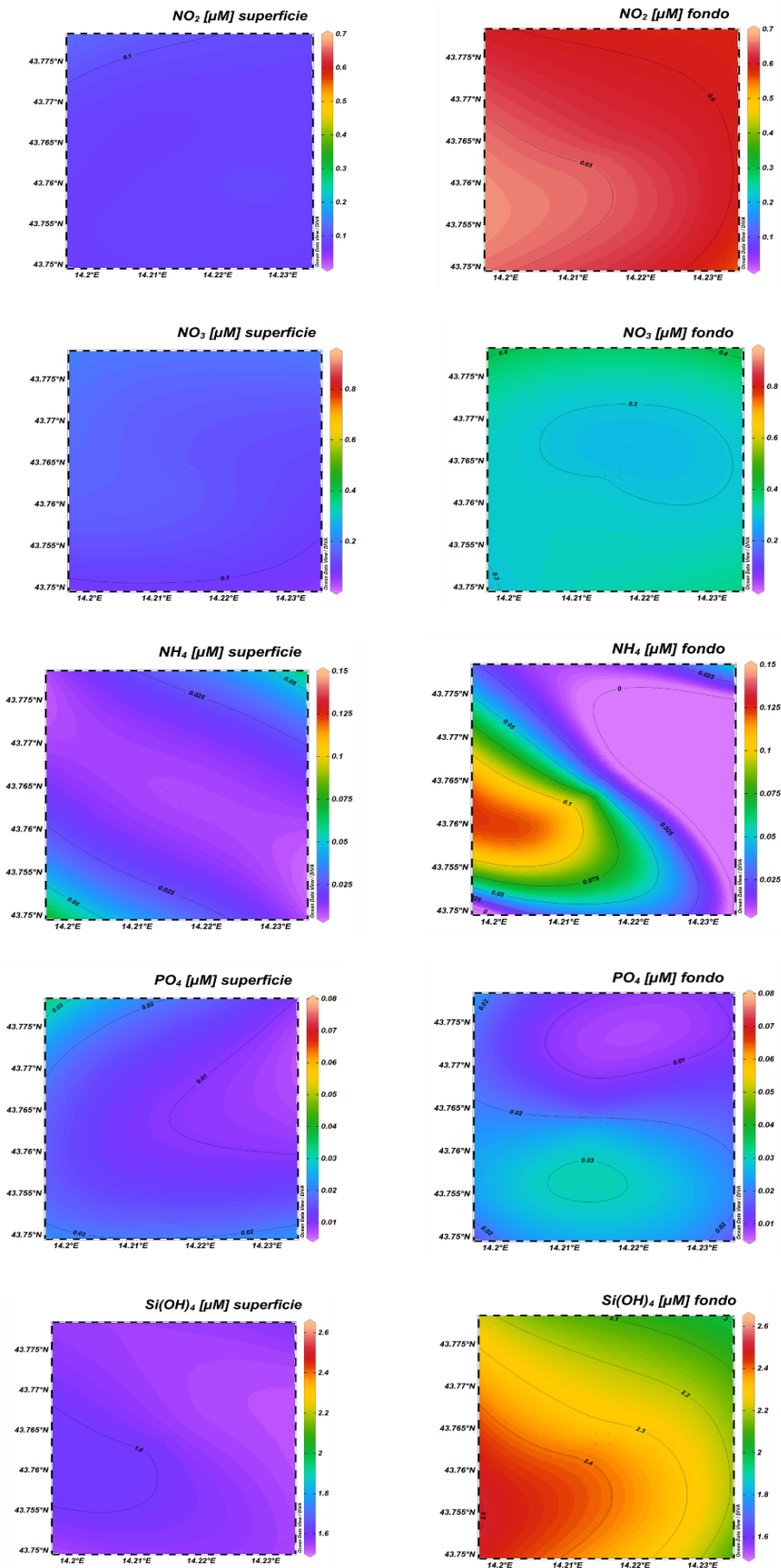


Fig. 3.11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

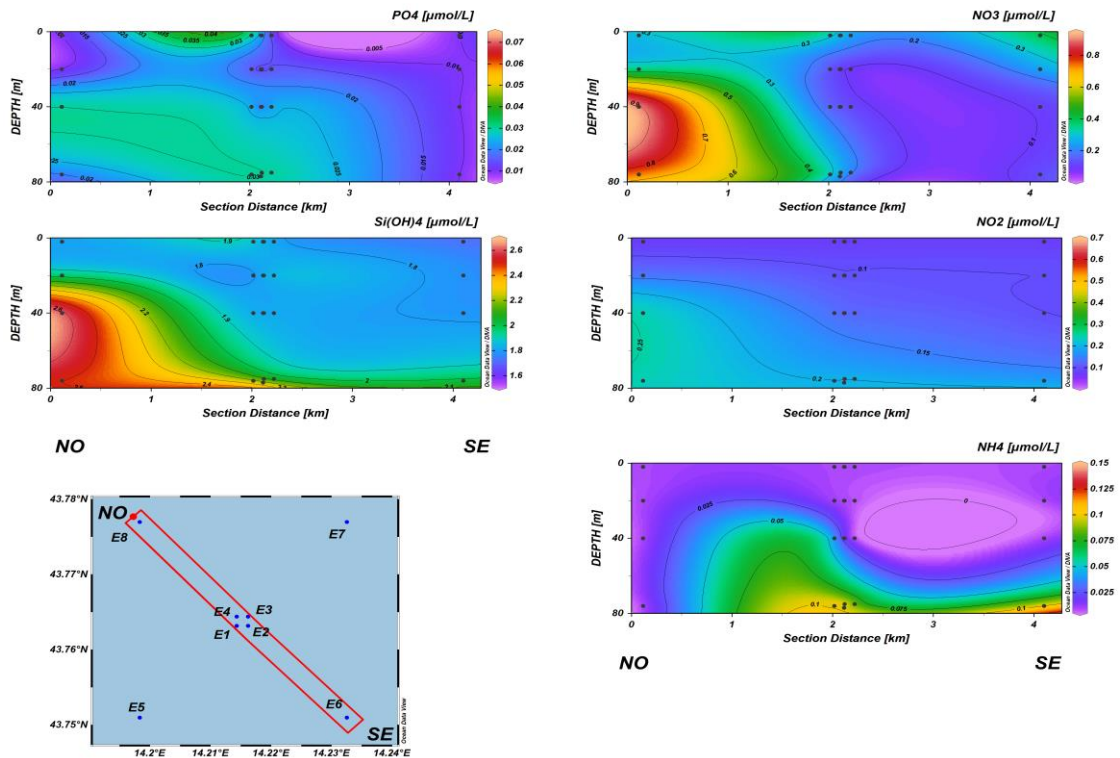


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

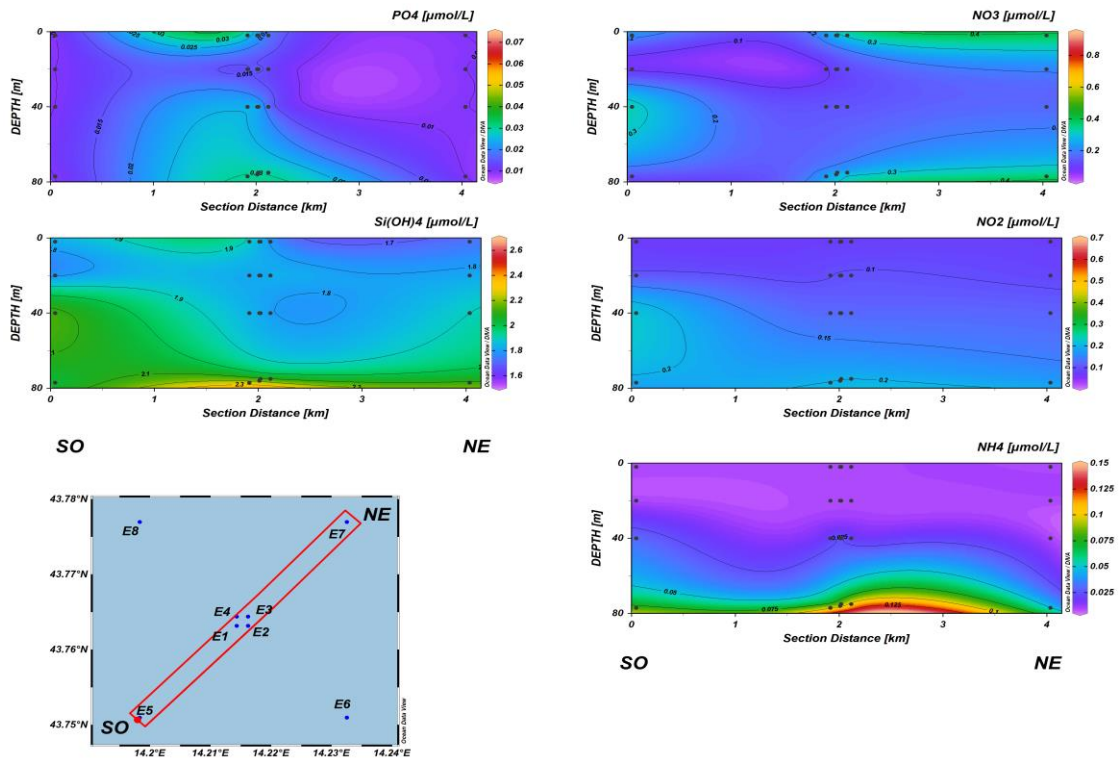


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

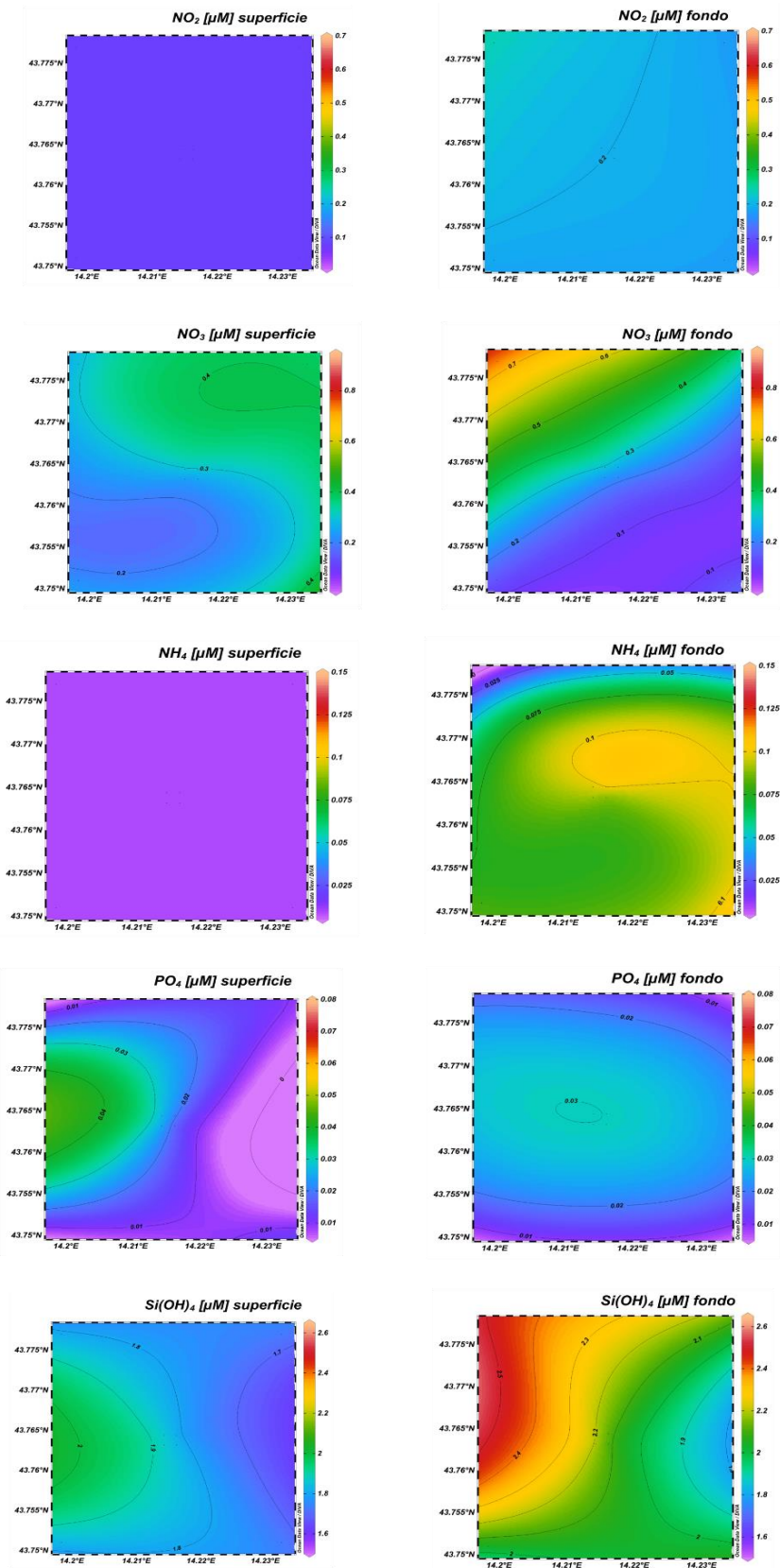


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

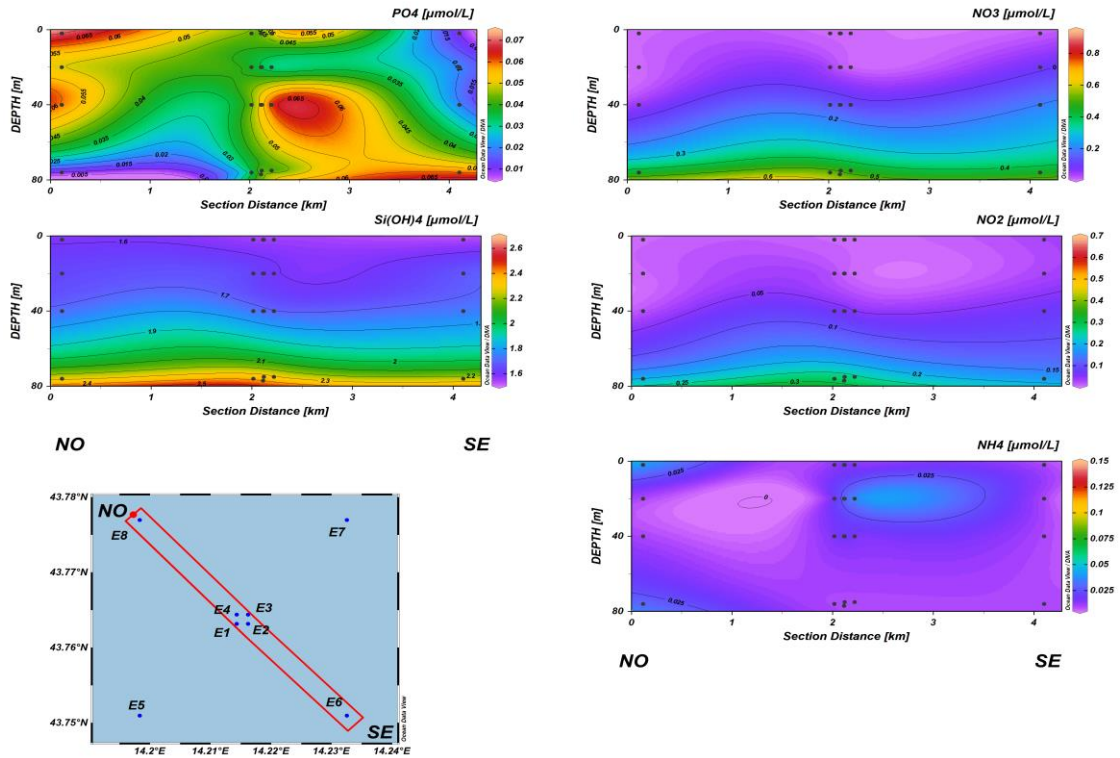


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

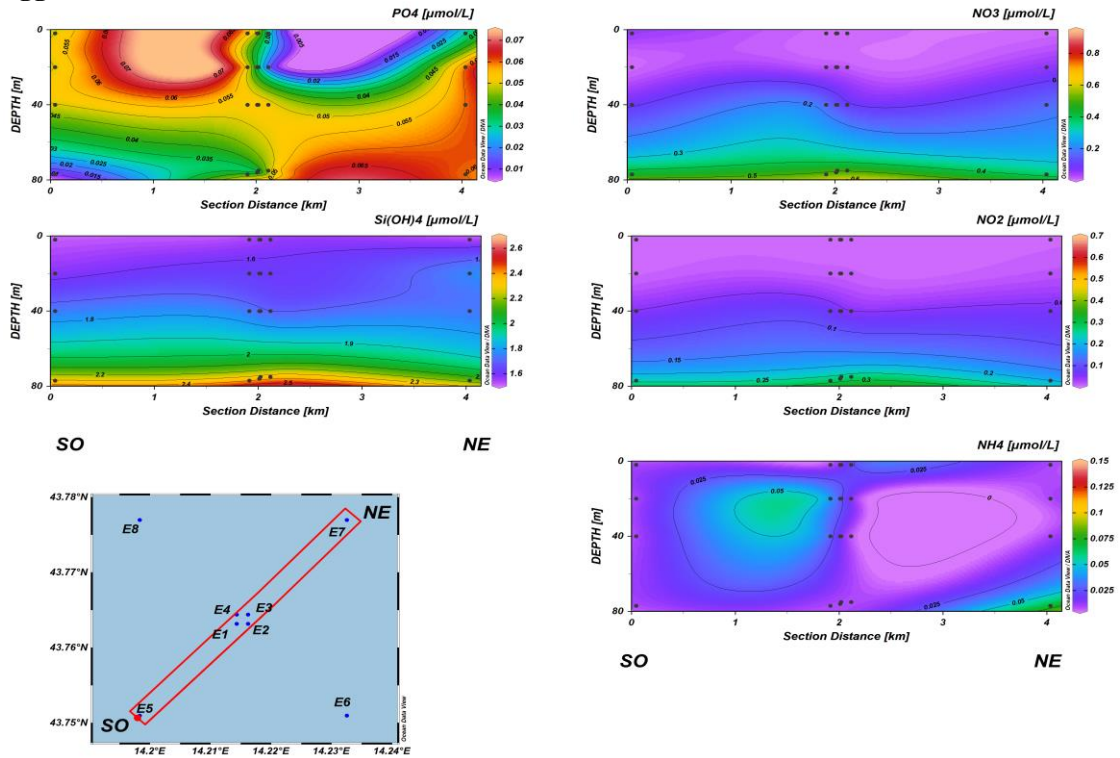


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

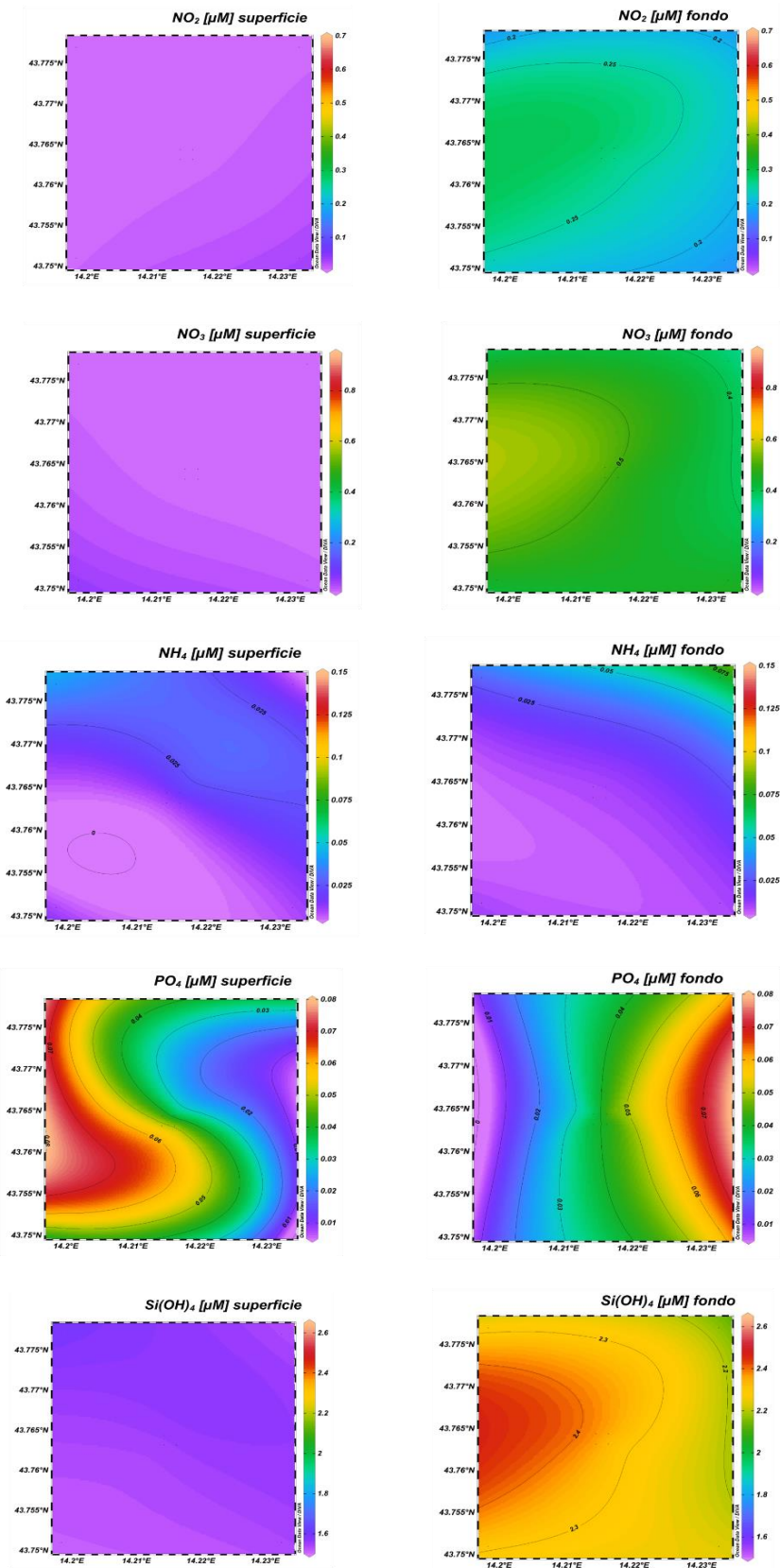


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Durante il campionamento di **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b, 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $301,8 \pm 48,6$ ng l⁻¹, oscillando tra $384,3$ ng l⁻¹ (E8, 40 m) e $197,3$ ng l⁻¹ (E7, fondo). La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente di $23,2 \pm 13,7$ e $81,8 \pm 18,8$ ng l⁻¹. Il massimo contenuto di Chl *b* ($53,1$ ng l⁻¹) è stato misurato a 40 m nella E7, il minimo ($6,7$ ng l⁻¹) in superficie nella E4. Massimo ($116,3$ ng l⁻¹) e minimo ($53,0$ ng l⁻¹) di Chl *c* sono stati riscontrati a 20 m nella stazione E5 e a 40 m nella E3. In generale le concentrazioni di pigmenti clorofilliani non hanno mostrato un andamento particolare.

Il materiale particellato (TSM), è risultato mediamente presente con $0,4 \pm 0,4$ mg l⁻¹. Generalmente, un contenuto maggiore è stato riscontrato al fondo dell'area di campionamento dove è stato misurato il massimo ($1,3$ mg l⁻¹) presso il sito E6; il minimo ($0,1$ mg l⁻¹) è stato registrato a 20 m nella stazione E5.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b, 3.19) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $193,5 \pm 46,5$ ng l⁻¹, con un massimo di $293,0$ ng l⁻¹ e un minimo di $121,7$ ng l⁻¹ rilevati rispettivamente a 40 m di profondità nella stazione E6 e in superficie nella E3. La Chl *b* e la Chl *c* sono state in media pari a $12,6 \pm 5,7$ e $51,4 \pm 12,8$ ng l⁻¹. La concentrazione massima di Chl *b* ($24,4$ ng l⁻¹) è stata misurata a 40 m di profondità nella stazione E5, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato in superficie nella stazione E2. Per quanto concerne la Chl *c*, massimo ($88,3$ ng l⁻¹) e minimo ($30,3$ ng l⁻¹) sono stati rilevati, nell'ordine, a 40 m nella stazione E6 e in superficie nella E7. Anche durante questo campionamento, in generale, le concentrazioni di pigmenti clorofilliani non hanno mostrato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una concentrazione media pari a $0,4 \pm 0,4$ mg l⁻¹. Il massimo ($1,7$ mg l⁻¹) è stato registrato al fondo della stazione E8, mentre il minimo ($0,05$ mg l⁻¹) è stato riscontrato a 20 m di profondità nella stazione E4 e al fondo della stazione E2. Analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, anche il TSM non ha presentato un andamento particolare.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) la Chl *a* è risultata mediamente presente con $266,1 \pm 82,5$ ng l⁻¹ con un andamento crescente tra la superficie, dove è stato registrato il minimo ($132,7$ ng l⁻¹) alla quota superficiale della E4, ed il fondo dove invece è stato raggiunto il massimo di $407,4$ ng l⁻¹ nella medesima stazione. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni

medie rispettivamente pari a $18,3 \pm 13,5 \text{ ng l}^{-1}$ e $75,9 \pm 68,6 \text{ ng l}^{-1}$. Il valore massimo di Chl *b* ($49,9 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato al fondo della stazione E4, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato alla quota superficiale della stessa stazione. Analogamente a quanto osservato per la Chl *a*, la Chl *b* è risultata crescente tra la superficie ed il fondo. Il massimo di Chl *c* ($421,7 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 40 m nella stazione E3, mentre la concentrazione minima ($33,7 \text{ ng l}^{-1}$) ha caratterizzato la quota superficiale della E4.

Il contenuto medio di TSM è stato pari a $0,4 \pm 0,3 \text{ mg l}^{-1}$, comparabile a quello osservato nei due campionamenti precedenti. Le concentrazioni maggiori sono state registrate generalmente al fondo ($0,8 \pm 0,3 \text{ mg l}^{-1}$), con un massimo di $1,3 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione E8.

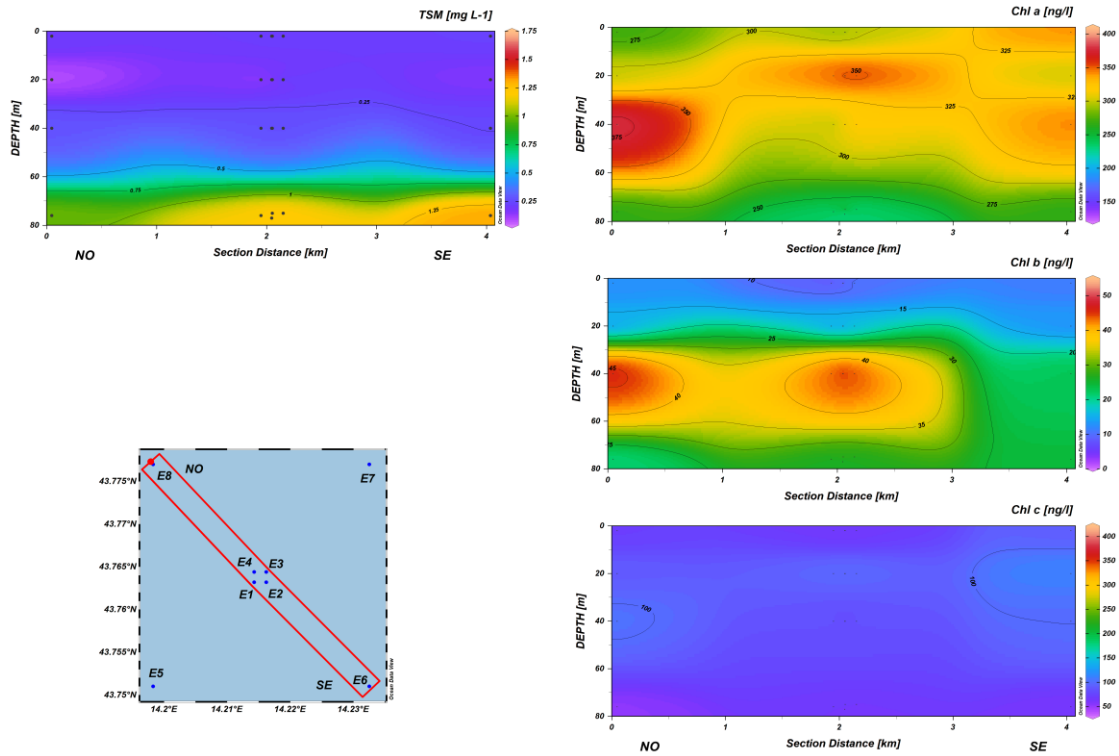


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021**.

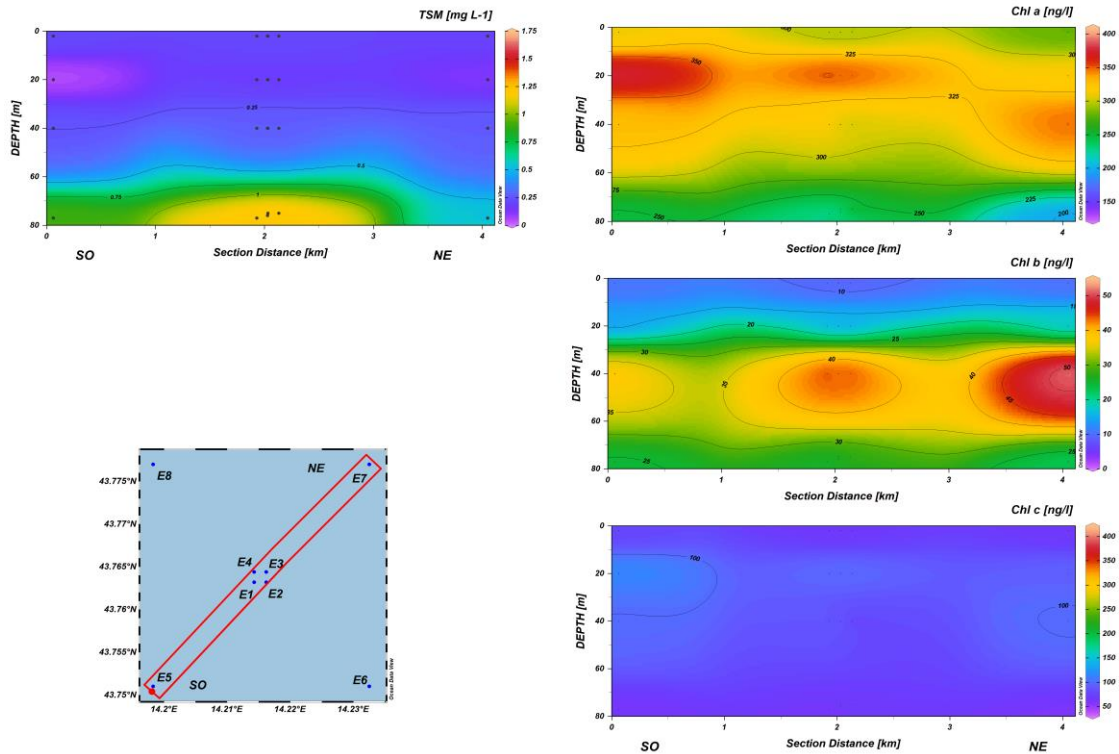


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021**.

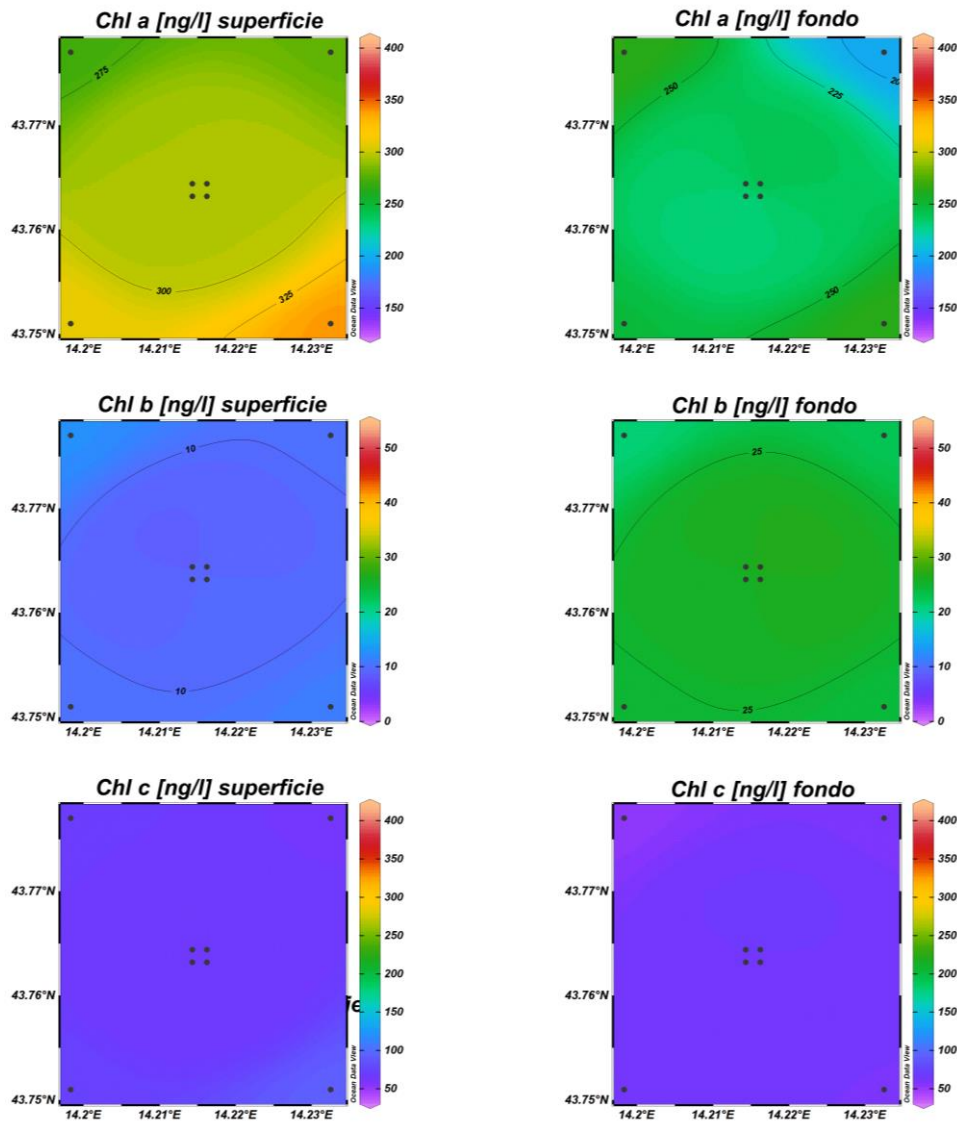


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2021**.

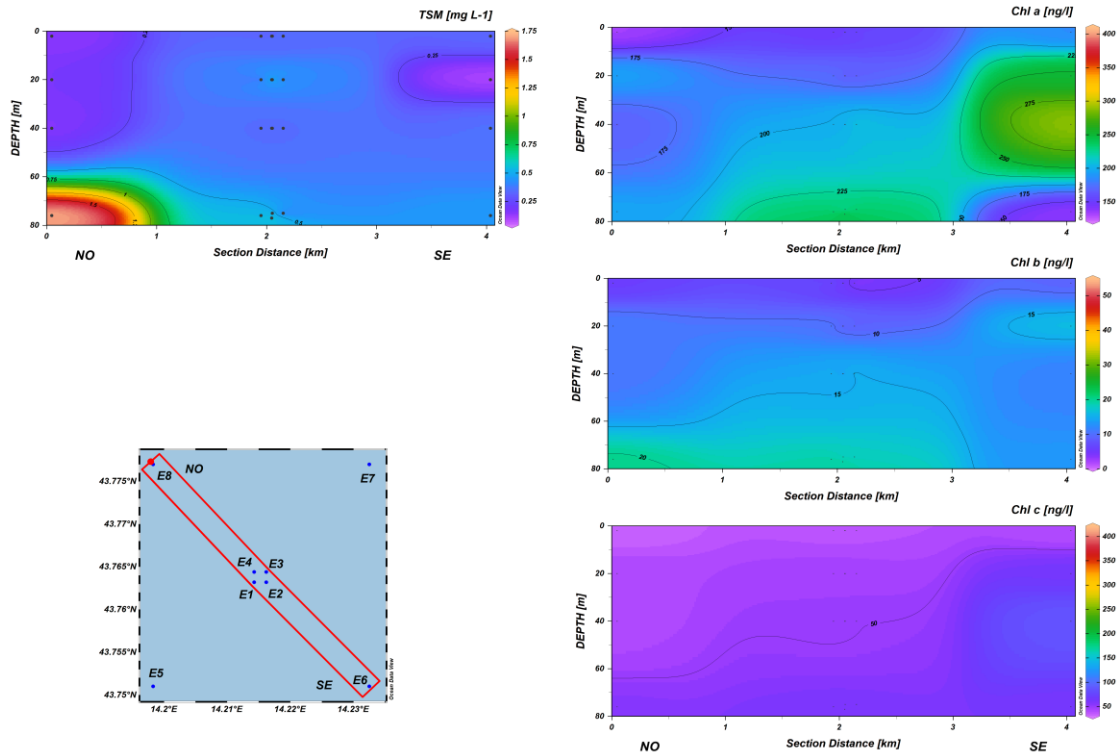


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021.**

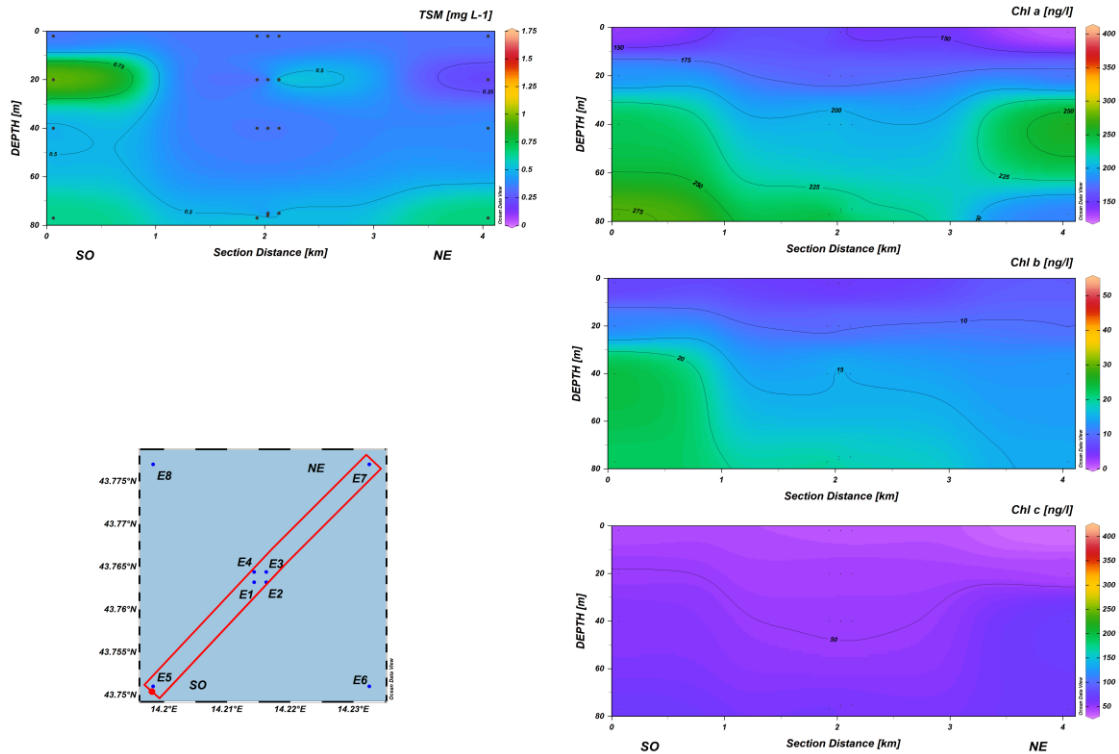


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021.**

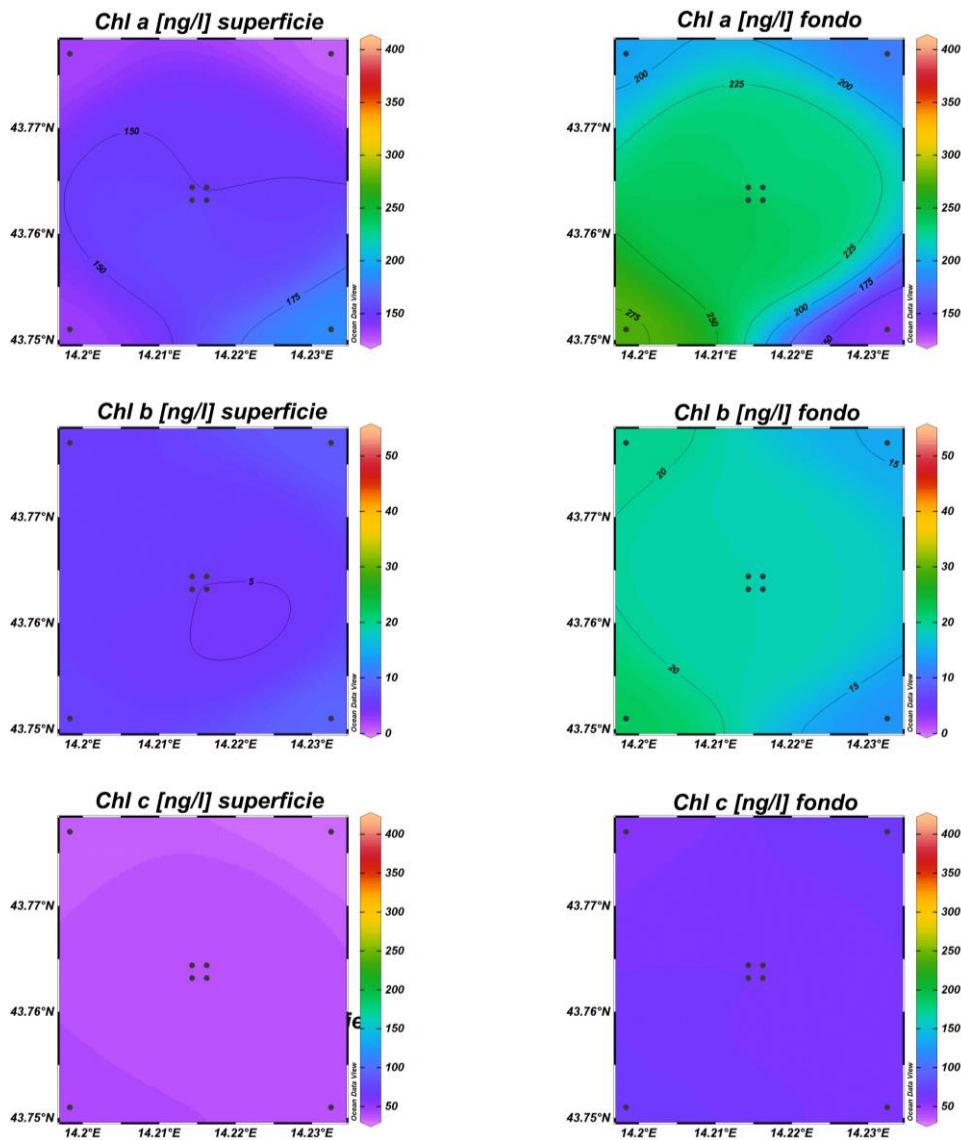


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Marzo 2021.**

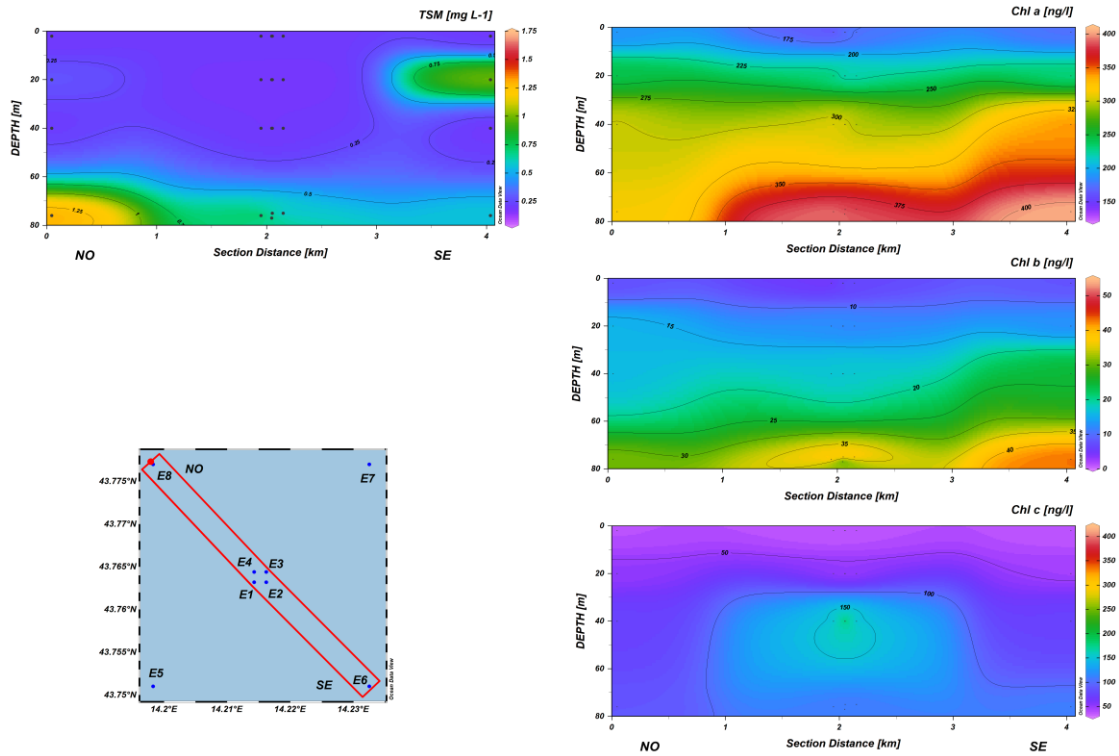


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

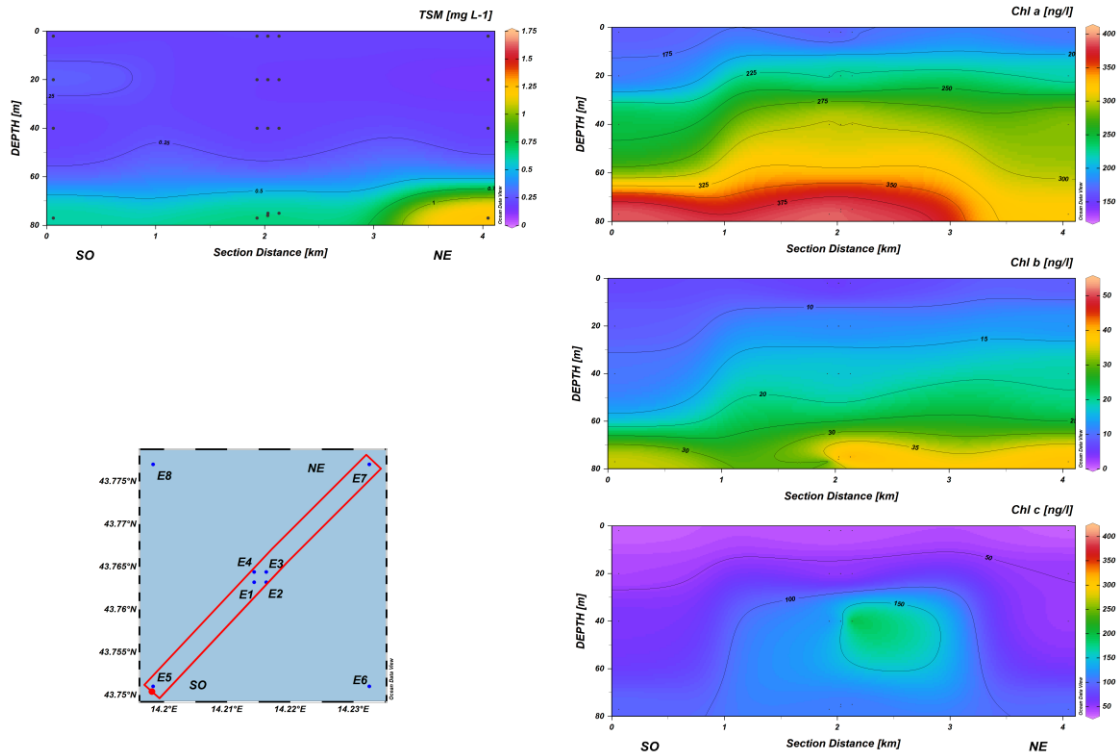


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

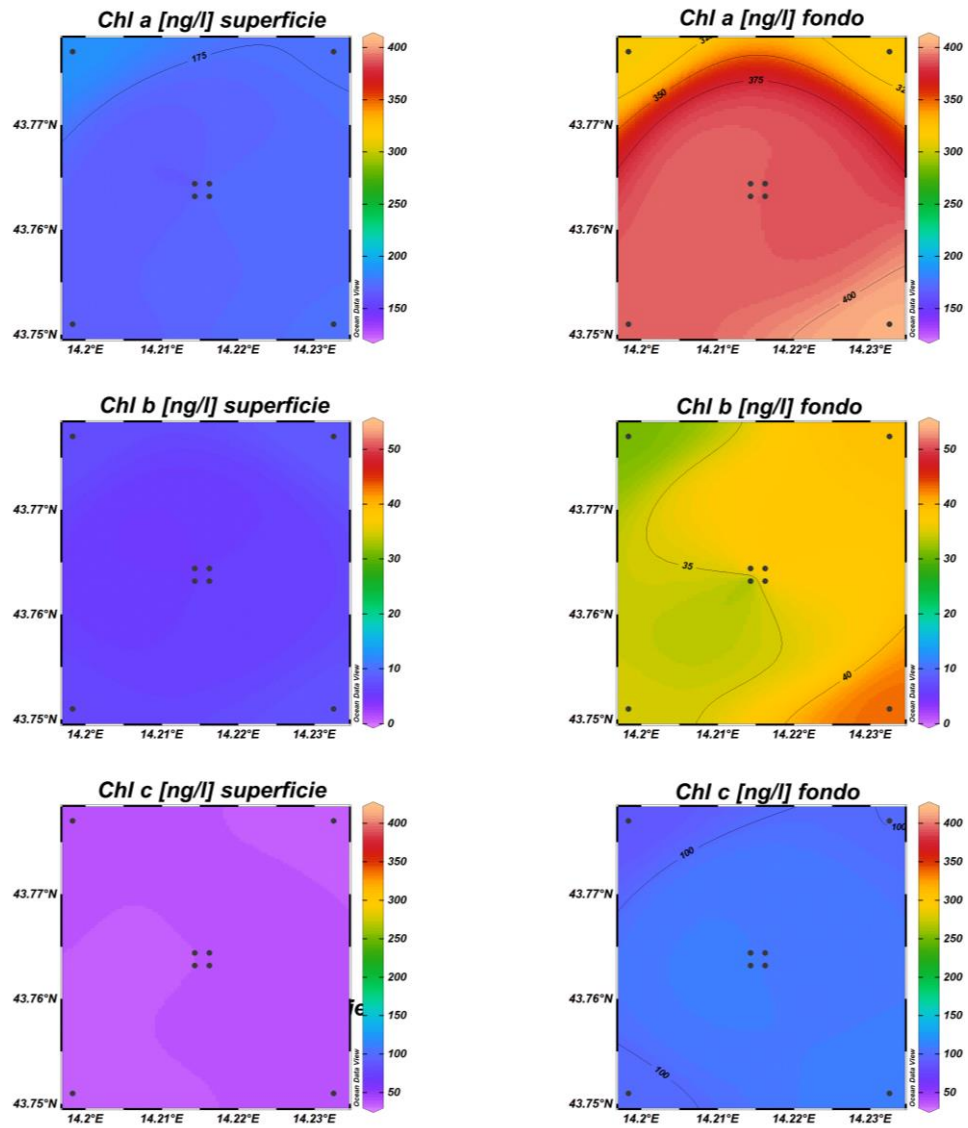


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

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

I valori di concentrazione per gli Idrocarburi totali (IT), Idrocarburi Alifatici (IA) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), relativi ai tre monitoraggi condotti nel 1° semestre 2021 sono riportati nelle Tabb. 3-I – 3-III.

Per quanto riguarda gli IT (Tab. 3-I), a febbraio si sono misurati solo quattro valori utili, di cui 3 nelle stazioni E2, E3 ed E4 e uno nel controllo E6, con un range globale di 38-150 µg/L. Anche a marzo solo quattro valori sono risultati quantificabili, tutti nelle stazioni a 100 m da Elettra, con range 16-130 µg/L. Infine, a maggio gli IT sono risultati assenti.

Tab. 3-I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali misurate nei tre survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 28	< 28	< 28
E1 20 m	< 28	< 28	< 28
E1 40 m	< 28	20	< 28
E1 fondo	< 28	< 28	< 28
E2 sup	< 28	16	< 28
E2 20 m	< 28	34	< 28
E2 40 m	52	< 28	< 28
E2 fondo	< 28	< 28	< 28
E3 sup	< 28	< 28	< 28
E3 20 m	< 28	< 28	< 28
E3 40 m	< 28	< 28	< 28
E3 fondo	150	< 28	< 28
E4 sup	< 28	< 28	< 28
E4 20 m	< 28	130	< 28
E4 40 m	< 28	< 28	< 28
E4 fondo	42	< 28	< 28
E5 sup	< 28	< 28	< 28
E5 20 m	< 28	< 28	< 28
E5 40 m	< 28	< 28	< 28
E5 fondo	< 28	< 28	< 28
E6 sup	38	< 28	< 28
E6 20 m	< 28	< 28	< 28
E6 40 m	< 28	< 28	< 28
E6 fondo	< 28	< 28	< 28
E7 sup	< 28	< 28	< 28
E7 20 m	< 28	< 28	< 28
E7 40 m	< 28	< 28	< 28
E7 fondo	< 28	< 28	< 28
E8 sup	< 28	< 28	< 28
E8 20 m	< 28	< 28	< 28
E8 40 m	< 28	< 28	< 28
E8 fondo	< 28	< 28	< 28

Analogamente agli IT, gli IA (Tab. 3-II) sono stati determinati in pochissimi campioni.

A febbraio solo sei campioni sono risultati al di sopra del LR, quattro nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma e due in quelle di controllo. Il range globale è stato di 3,3-15,0 µg/L.

A marzo sono stati misurati solo quattro campioni utili, tutti nelle stazioni a 100 m dalla struttura (range di 5,1-28,0 µg/L), mentre a maggio gli IA sono risultati assenti analogamente agli IT.

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 1	< 1	< 1
E1 20 m	< 1	< 1	< 1
E1 40 m	< 1	6,2	< 1
E1 fondo	< 1	< 1	< 1
E2 sup	< 1	5,1	< 1
E2 20 m	< 1	6,8	< 1
E2 40 m	7,6	< 1	< 1
E2 fondo	< 1	< 1	< 1
E3 sup	< 1	< 1	< 1
E3 20 m	< 1	< 1	< 1
E3 40 m	< 1	< 1	< 1
E3 fondo	15	< 1	< 1
E4 sup	3,3	< 1	< 1
E4 20 m	< 1	28	< 1
E4 40 m	< 1	< 1	< 1
E4 fondo	5,9	< 1	< 1
E5 sup	< 1	< 1	< 1
E5 20 m	7,6	< 1	< 1
E5 40 m	< 1	< 1	< 1
E5 fondo	< 1	< 1	< 1
E6 sup	12	< 1	< 1
E6 20 m	< 1	< 1	< 1
E6 40 m	< 1	< 1	< 1
E6 fondo	< 1	< 1	< 1
E7 sup	< 1	< 1	< 1
E7 20 m	< 1	< 1	< 1
E7 40 m	< 1	< 1	< 1
E7 fondo	< 1	< 1	< 1
E8 sup	< 1	< 1	< 1
E8 20 m	< 1	< 1	< 1
E8 40 m	< 1	< 1	< 1
E8 fondo	< 1	< 1	< 1

Gli IPA (Tab. 3-III) a febbraio sono stati rilevati praticamente ovunque e sono rientrati nel range di 0,0029-0,0370 µg/L (massimo in E6, 40 m), con media di 0,0065±0,0063 µg/L.

A marzo è stata osservata un'elevata dispersione delle concentrazioni nelle stazioni di controllo causata da due valori rilevati nella E7, 1,2 µg/L a 20 m di profondità e 0,22 µg/L a 40 m. Se consideriamo questi due valori come anomali, scartandoli si ottiene una media complessiva in linea con le altre due campagne, e precisamente 0,0090±0,0048 µg/L, con

range di 0,0011-0,0250 $\mu\text{g/L}$, senza più alcuna differenziazione geografica.

Infine, a maggio solo cinque valori sono risultati maggiori del LR, tutti nelle stazioni prossime alla piattaforma, compresi nel range 0,0007-0,0047 $\mu\text{g/L}$.

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 0,0028	0,0024	< 0,0028
E1 20 m	0,0069	0,0091	< 0,0028
E1 40 m	0,0094	0,0089	0,0047
E1 fondo	0,0053	0,015	0,0045
E2 sup	0,0094	0,013	< 0,0028
E2 20 m	< 0,0028	0,011	< 0,0028
E2 40 m	0,003	0,011	< 0,0028
E2 fondo	< 0,0028	0,0097	< 0,0028
E3 sup	0,0055	0,008	< 0,0028
E3 20 m	0,0072	0,0026	0,00098
E3 40 m	0,0098	0,004	< 0,0028
E3 fondo	0,0077	0,0082	< 0,0028
E4 sup	0,0085	0,014	0,00095
E4 20 m	0,0064	0,016	0,00071
E4 40 m	0,0088	0,011	< 0,0028
E4 fondo	0,0037	0,0011	< 0,0028
E5 sup	0,0029	0,011	< 0,0028
E5 20 m	0,0048	0,011	< 0,0028
E5 40 m	0,0037	0,0053	< 0,0028
E5 fondo	0,0041	0,0049	< 0,0028
E6 sup	0,0056	0,0067	< 0,0028
E6 20 m	0,0038	0,0094	< 0,0028
E6 40 m	0,037	0,0048	< 0,0028
E6 fondo	0,0041	0,025	< 0,0028
E7 sup	0,0037	0,0057	< 0,0028
E7 20 m	0,0042	1,2	< 0,0028
E7 40 m	0,0038	0,22	< 0,0028
E7 fondo	0,0039	0,0092	< 0,0028
E8 sup	0,0029	0,012	< 0,0028
E8 20 m	0,0034	0,0065	< 0,0028
E8 40 m	0,0042	0,0078	< 0,0028
E8 fondo	0,0041	0,0068	< 0,0028

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

Benzene - E' stato rilevato solo a febbraio e solo su 13 campioni, di cui 8 nelle stazioni prossime ad Elettra con range di 0,020-0,032 $\mu\text{g/L}$, e 5 nelle stazioni di controllo con range di 0,012-0,022 $\mu\text{g/L}$.

Etilbenzene - Nel 1° semestre 2021 sono stati registrati solo due valori a marzo, sul fondo della E1 e della E7, appena al di sopra del LR.

Stirene - Lo stirene a febbraio è stato rilevato su 12 campioni (37%), tutti nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma, con range di 0,011-0,017 $\mu\text{g/L}$. A marzo è stato quantificato solo

in E1 sul fondo, peraltro con un valore bassissimo, mentre a maggio, su 5 campioni utili (di cui due di controllo) è stato registrato un range complessivo di 0,012-0,160 $\mu\text{g/L}$, senza distinzione tra i due gruppi di siti. Il massimo assoluto è stato rilevato nella stazione E8 in superficie (0,160 $\mu\text{g/L}$).

Toluene - Questo composto è risultato al di sotto del LR in tutto il semestre.

Xilene – Lo xilene è stato quantificato unicamente in prossimità del fondale della stazione E1 in marzo, peraltro in concentrazione molto bassa.

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

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

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

Stazione	Benzene			Etilbenzene			Stirene			Toluene			Xilene		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E1 20 m	0,032	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,013	0,011	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,039	< 0,02
E2 sup	0,020	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E2 20 m	0,020	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E3 sup	0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E3 20 m	0,028	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E4 sup	0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,031	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E4 20 m	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E5 sup	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E7 sup	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E7 20 m	0,022	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E8 sup	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,160	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,011
E8 20 m	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

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

Alluminio - Le concentrazioni di alluminio possono essere considerate costanti, visto che da un punto di vista puramente statistico i valori medi dei tre survey sono confrontabili (febbraio: $2,36 \pm 2,83$; marzo: $7,45 \pm 11,70$; maggio: $5,42 \pm 1,93$ $\mu\text{g/L}$). Analogamente, i siti di piattaforma (E1-E4) non sono apparsi differenziati da quelli di controllo (E5-E8). I range dei tenori sono stati pari a 0,14-14,00 $\mu\text{g/L}$ a febbraio, con massimo in E4 superficie, a 0,90-50,00 $\mu\text{g/L}$ a marzo (massimo in E6, 20 m) e a 2,80-12,00 $\mu\text{g/L}$ in maggio (massimo in E6, 20 m).

Arsenico - E' stata osservata una distribuzione geograficamente omogenea anche per questo metallo che, a febbraio, è oscillato tra 0,058 e 0,150 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E2, 40 m) con media complessiva di $0,104 \pm 0,025$ $\mu\text{g/L}$. A marzo si è registrato un sensibile aumento delle concentrazioni, con range di 0,130-0,230 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E1, 20 m) e media di $0,176 \pm 0,021$ $\mu\text{g/L}$. Risultati molto simili sono stati registrati a maggio, quando sia il range delle concentrazioni che la media complessiva sono risultati identici a quelli di marzo. In questo caso, il massimo di 0,230 $\mu\text{g/L}$ è stato rilevato in E3 a 40 m di profondità.

Bario - Anche il bario è risultato distribuito omogeneamente; a febbraio il range globale è stato di 0,63-1,30 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E4, superficie) e la media pari a $0,91 \pm 0,19$ $\mu\text{g/L}$. A marzo i tenori sono variati tra 0,24 e 3,80 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E2, superficie) con media di $1,23 \pm 0,58$ $\mu\text{g/L}$, mentre a maggio il bario è oscillato tra 0,72 e 1,70 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E8,

superficie) con media di $0,94 \pm 0,18 \mu\text{g/L}$.

Cadmio - La presenza di cadmio nel 1° semestre 2021 è stata molto sporadica, essendo stato rilevato solo in E7 a 20 m in febbraio, in E1 20 m e in E3 (superficie e 20 m) in marzo e in E2 superficie a maggio.

Cromo - Anche per il cromo sono stati registrati pochi valori utili: 5 a febbraio (range $0,11-1,30 \mu\text{g/L}$), con il massimo assoluto del semestre nella stazione E4 a 20 m, 3 a marzo ($0,10-0,16 \mu\text{g/L}$) di cui 2 di controllo, e 4 a maggio equamente distribuiti tra i due gruppi di siti (range $0,11-0,28 \mu\text{g/L}$).

Ferro - A febbraio il ferro è stato rilevato in poco più del 50% dei campioni (9 prelevati a 100 m da Elettra e 8 di controllo); la media globale è risultata di $1,97 \pm 2,12 \mu\text{g/L}$ con range di $0,10-9,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in E4, superficie). A marzo non è stato rilevato in soli 3 campioni; la media complessiva è stata pari a $4,09 \pm 3,75 \mu\text{g/L}$ e le concentrazioni sono variate tra $0,08$ e $16,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in E4, fondo). Infine, a maggio questo metallo è stato quantificato ovunque. Il contenuto medio complessivo è stato $3,16 \pm 1,39 \mu\text{g/L}$ e il range $1,10-7,20 \mu\text{g/L}$ (massimo in E6, fondo).

Mercurio - A febbraio sono risultati maggiori del LR solo 20 valori equamente distribuiti tra i due set di stazioni. Il range globale è stato di $0,002-0,095 \mu\text{g/L}$ (massimo in E7, 40 m), con media di $0,014 \pm 0,021 \mu\text{g/L}$. A marzo il mercurio è stato rilevato praticamente ovunque variando tra $0,005$ e $0,045 \mu\text{g/L}$ (massimo in E5, superficie); la media è stata pari a $0,022 \pm 0,011 \mu\text{g/L}$. A maggio nessun valore è risultato rilevabile.

Nichel - I livelli di nichel sono risultati generalmente bassi, senza differenziazione geografica statisticamente rilevante. A febbraio sono stati registrati solo 10 valori maggiori del LR di cui 6 prelevati a 100 m da Elettra, in un range globale di $0,041-0,290 \mu\text{g/L}$ (massimo in E7, fondo). Nelle altre due campagne il nichel è stato rilevato ovunque. A marzo è stato osservato un aumento della dispersione dei dati determinata soprattutto dal massimo registrato sul fondo del sito E4 ($17,000 \mu\text{g/L}$). Escludendo questo “spike”, la media globale è stata di $0,523 \pm 0,332 \mu\text{g/L}$, con range di $0,240-2,200 \mu\text{g/L}$. Valori più bassi ed estremamente omogenei sono stati misurati a maggio, quando sono oscillati tra $0,120$ e $0,600 \mu\text{g/L}$ (massimo in E1, 20 m; media complessiva pari a $0,185 \pm 0,080 \mu\text{g/L}$).

Piombo - Anche i valori del piombo sono stati spazialmente omogenei e statisticamente non differenziabili. A febbraio è stato rilevato in poco più del 50% dei campioni, dove è variato tra $0,020$ e $0,150 \mu\text{g/L}$ (massimo in E4, superficie) con media di $0,051 \pm 0,035 \mu\text{g/L}$. A marzo

è stato rilevato ovunque eccetto in 3 campioni ed è variato tra 0,021 e 0,390 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E4, superficie) con media di $0,111\pm 0,090$ $\mu\text{g/L}$. Infine, a maggio tutti i campioni sono risultati rilevabili; il range globale è risultato di 0,033-0,260 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E5, 40 m) con media di $0,074\pm 0,043$ $\mu\text{g/L}$.

Rame - Il rame è stato quantificato solo in 10 campioni a febbraio e in 7 a maggio. Nel 1° survey il range è stato 0,04-1,40 $\mu\text{g/L}$, mentre nel 3° è stato 0,03-0,75 $\mu\text{g/L}$.

Vanadio - Valori molto omogenei dal punto di vista geografico, e con bassa dispersione, caratterizzano le concentrazioni di vanadio nel 1° semestre 2021. A febbraio essi si sono attestati sulla media globale di $0,257\pm 0,033$ $\mu\text{g/L}$ e range di 0,18-0,33 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E7, 20 m). A marzo è avvenuta una leggera diminuzione delle concentrazioni, che mediamente sono state pari a $0,199\pm 0,030$ $\mu\text{g/L}$ oscillando tra 0,12 e 0,26 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E1 ed E2, 20 m). Valori leggermente superiori sono stati misurati a maggio, quando sono variati tra 0,23 e 0,36 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E6, 20 m) con media complessiva di $0,293\pm 0,032$ $\mu\text{g/L}$.

Zinco - Anche nel caso dello zinco la dispersione dei dati non permette una differenziazione statistica tra stazioni poste a 100 m e a 2000 m dalla piattaforma. A febbraio (eccetto 2 campioni) e a marzo questo metallo metallo è stato rilevato ovunque. Nel 1° survey il range globale è stato di 0,38-18,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E4, 20 m) e la media pari a $4,84\pm 4,49$ $\mu\text{g/L}$. A marzo i tenori sono variati tra 1,80 e 25,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E5, superficie) con media di $8,51\pm 6,52$ $\mu\text{g/L}$. Infine, a maggio lo zinco è stato quantificato in 19 campioni (59%) dove è oscillato tra 0,46 e 15,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E2, 40 m) con media di $3,80\pm 4,83$ $\mu\text{g/L}$.

Indio - L'indio è risultato rilevabile in pochissimi campioni, 6 in febbraio tutti di controllo (range di 0,14-0,53 $\mu\text{g/L}$) e 4 a maggio (3 prelevati a 100 m e 1 a 2000 m da Elettra), quando è variato tra 0,10 e 0,56 $\mu\text{g/L}$ (massimo nel controllo E6, superficie).

Silicio - Il silicio è stato rilevato solo a maggio ovunque (eccetto in E8 a 40 m) con una distribuzione molto omogenea. Il range è stato 0,40-0,79 mg/L e la media $0,53\pm 0,06$ mg/L .

Tab. 3-IV - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel 1° semestre 2021.

Stazione	Alluminio			Arsenico			Bario			Cadmio			Cromo		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 0,081	1,90	7,50	0,089	0,180	0,160	0,74	1,20	0,91	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E1 20 m	< 0,081	23,00	9,70	0,130	0,230	0,190	0,80	1,50	0,92	< 0,010	0,012	< 0,010	0,24	< 0,10	0,28
E1 40 m	0,65	< 0,081	4,70	0,130	0,190	0,200	0,81	0,96	1,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,21
E1 fondo	3,10	6,20	5,10	0,092	0,180	0,170	0,87	0,96	0,96	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E2 sup	3,60	4,90	5,90	0,130	0,180	0,190	0,84	3,80	0,92	< 0,010	< 0,010	0,012	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E2 20 m	2,40	4,90	5,80	0,081	0,190	0,160	1,10	1,50	0,92	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,10	< 0,10
E2 40 m	< 0,081	7,80	4,30	0,150	0,180	0,200	1,10	1,30	1,20	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E2 fondo	< 0,081	7,20	5,10	0,120	0,160	0,160	0,91	1,10	0,97	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E3 sup	0,29	3,10	5,00	0,130	0,180	0,180	1,10	1,30	0,96	< 0,010	0,015	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E3 20 m	< 0,081	1,50	5,00	0,120	0,150	0,180	1,10	1,10	0,90	< 0,010	0,019	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E3 40 m	0,58	5,50	5,30	0,110	0,180	0,230	0,72	2,30	0,96	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E3 fondo	< 0,081	4,50	4,10	0,058	0,200	0,190	1,10	1,70	1,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E4 sup	14,00	1,70	4,50	0,074	0,180	0,150	1,30	0,88	0,77	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E4 20 m	0,53	1,50	2,80	0,130	0,210	0,130	0,83	0,91	0,72	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,30	< 0,10	< 0,10
E4 40 m	0,82	< 0,081	3,00	0,072	0,180	0,190	0,70	0,86	1,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E4 fondo	3,40	5,20	3,30	0,095	0,200	0,170	1,30	1,10	0,93	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E5 sup	3,30	5,70	4,20	0,061	0,190	0,150	0,86	1,60	0,86	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	0,16	< 0,10
E5 20 m	< 0,081	6,30	3,90	0,120	0,160	0,200	0,77	1,10	0,73	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,21
E5 40 m	1,60	3,40	8,00	0,140	0,130	0,190	0,85	1,10	1,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,11	0,11
E5 fondo	0,82	3,60	7,30	0,130	0,150	0,160	0,78	1,30	0,87	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E6 sup	2,40	2,20	4,20	0,120	0,150	0,160	0,63	1,00	0,75	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E6 20 m	< 0,081	50,00	12,00	0,093	0,150	0,160	0,71	0,96	0,83	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E6 40 m	0,64	3,30	5,90	0,130	0,150	0,170	1,00	0,97	0,93	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	< 0,10	< 0,10
E6 fondo	2,70	< 0,081	6,70	0,062	0,160	0,180	0,80	0,98	1,00	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E7 sup	0,62	3,60	5,60	0,100	0,170	0,150	0,80	1,00	1,00	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E7 20 m	2,50	44,00	4,40	0,120	< 0,020	0,170	0,67	0,24	0,87	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E7 40 m	4,80	0,90	6,40	0,086	0,180	0,200	1,00	1,00	0,82	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E7 fondo	3,70	1,30	5,70	0,083	0,160	0,190	1,30	0,85	0,93	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E8 sup	3,00	4,70	5,80	0,082	0,180	0,180	0,71	1,40	1,70	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,37	< 0,10	< 0,10
E8 20 m	0,14	5,10	3,10	0,095	0,190	0,140	1,10	1,30	0,89	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E8 40 m	0,16	1,10	4,50	0,095	0,190	0,200	0,76	1,00	0,78	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
E8 fondo	1,00	2,00	4,50	0,100	0,190	0,180	1,10	1,00	0,80	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Ferro			Mercurio			Nichel			Piombo			Rame		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	< 0,036	2,700	3,900	< 0,0020	0,0250	< 0,0020	0,041	0,480	0,160	0,021	0,100	0,093	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E1 20 m	0,250	5,800	6,900	0,0024	0,0410	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,600	0,020	0,071	0,110	< 0,039	< 0,039	0,480
E1 40 m	3,100	1,100	4,000	< 0,0020	0,0100	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,200	0,062	0,049	0,059	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E1 fondo	0,630	1,900	2,200	0,0094	0,0170	< 0,0020	0,065	0,550	0,170	0,027	0,100	0,056	0,040	< 0,039	< 0,0089
E2 sup	0,920	8,500	4,100	< 0,0020	0,0310	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,200	0,052	0,120	0,085	0,280	< 0,039	< 0,0089
E2 20 m	< 0,036	8,500	2,500	0,0029	0,0230	< 0,0020	< 0,040	0,570	0,200	0,087	0,140	0,073	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E2 40 m	< 0,036	3,200	2,700	0,0071	0,0280	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,170	< 0,020	0,091	0,065	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E2 fondo	1,400	2,500	2,200	0,0028	0,0190	< 0,0020	0,210	0,520	0,130	0,053	0,061	0,055	0,120	< 0,039	< 0,0089
E3 sup	< 0,036	3,700	2,100	0,0200	0,0430	< 0,0020	< 0,040	2,200	0,160	< 0,020	0,044	0,047	< 0,039	< 0,039	0,750
E3 20 m	< 0,036	1,300	3,200	0,0054	0,0280	< 0,0020	< 0,040	0,630	0,190	< 0,020	0,120	0,093	< 0,039	< 0,039	0,087
E3 40 m	< 0,036	5,000	2,400	0,0080	0,0240	< 0,0020	< 0,040	0,590	0,180	< 0,020	0,390	0,061	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E3 fondo	1,400	7,400	2,000	0,0075	0,0330	< 0,0020	< 0,040	0,600	0,160	0,029	0,260	0,056	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E4 sup	9,000	3,300	1,500	< 0,0020	0,0340	< 0,0020	0,079	0,750	0,140	0,150	0,039	0,043	0,610	< 0,039	< 0,0089
E4 20 m	2,700	0,500	1,100	0,0057	0,0270	< 0,0020	0,280	0,670	0,150	0,110	< 0,020	0,034	0,067	< 0,039	< 0,0089
E4 40 m	< 0,036	< 0,036	2,200	< 0,0020	0,0180	< 0,0020	0,070	0,620	0,140	0,023	< 0,020	0,033	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E4 fondo	0,680	16,000	3,900	< 0,0020	0,0270	< 0,0020	< 0,040	17,000	0,170	< 0,020	0,036	0,063	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E5 sup	< 0,036	10,000	3,300	0,0190	0,0450	< 0,0020	0,072	0,500	0,170	0,032	0,160	0,055	1,400	< 0,039	< 0,0089
E5 20 m	0,100	5,600	2,300	0,0120	0,0180	< 0,0020	< 0,040	0,360	0,190	< 0,020	0,078	0,056	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E5 40 m	0,880	5,000	4,300	0,0038	0,0073	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,230	< 0,020	0,340	0,260	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E5 fondo	< 0,036	9,400	5,100	< 0,0020	0,0190	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,230	< 0,020	0,150	0,140	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E6 sup	< 0,036	1,200	2,500	< 0,0020	0,0049	< 0,0020	< 0,040	0,240	0,140	< 0,020	0,030	0,074	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E6 20 m	< 0,036	2,200	2,200	0,0022	0,0180	< 0,0020	< 0,040	0,340	0,210	< 0,020	0,052	0,052	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E6 40 m	3,100	1,500	3,200	0,0390	0,0071	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,190	0,054	0,029	0,051	< 0,039	< 0,039	0,560
E6 fondo	< 0,036	< 0,036	7,200	0,0110	0,0065	< 0,0020	0,170	0,390	0,160	0,023	0,021	0,097	0,2300	< 0,039	0,100
E7 sup	< 0,036	0,500	2,500	< 0,0020	0,0260	< 0,0020	< 0,040	0,390	0,180	< 0,020	0,200	0,060	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E7 20 m	< 0,036	0,520	3,500	0,0110	0,0066	< 0,0020	< 0,040	0,380	0,120	< 0,020	0,100	0,070	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E7 40 m	< 0,036	0,130	2,300	0,0950	0,0180	< 0,0020	< 0,040	0,420	0,150	0,022	0,065	0,044	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E7 fondo	3,200	< 0,036	3,300	0,0220	< 0,0020	< 0,0020	0,290	0,420	0,150	0,054	< 0,020	0,063	0,098	< 0,039	< 0,0089
E8 sup	1,000	5,300	3,100	< 0,0020	0,0140	< 0,0020	0,130	0,430	0,150	0,026	0,140	0,047	0,240	< 0,039	< 0,0089
E8 20 m	1,400	5,100	4,900	< 0,0020	0,0056	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,180	0,041	0,130	0,076	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
E8 40 m	0,460	0,570	2,600	0,0024	0,0350	< 0,0020	< 0,040	0,440	0,180	< 0,020	0,054	0,043	< 0,039	< 0,039	0,032
E8 fondo	3,200	0,075	2,000	< 0,0020	0,0110	< 0,0020	< 0,040	0,380	0,180	0,076	0,056	0,140	0,087	< 0,039	0,073

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Vanadio			Zinco			Indio			Silicio		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
E1 sup	0,26	0,22	0,30	0,82	2,30	0,61	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,57
E1 20 m	0,26	0,26	0,32	1,60	6,80	12,00	< 0,10	< 0,10	0,10	< 1,0	< 0,50	0,61
E1 40 m	0,26	0,18	0,29	4,50	3,80	1,20	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,48
E1 fondo	0,26	0,22	0,27	11,00	11,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,79
E2 sup	0,28	0,19	0,35	6,00	17,00	0,57	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,54
E2 20 m	0,28	0,26	0,30	4,90	15,00	1,90	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,54
E2 40 m	0,27	0,19	0,25	1,60	11,00	15,00	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
E2 fondo	0,24	0,18	0,28	5,90	21,00	5,80	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,53
E3 sup	0,27	0,22	0,27	2,00	6,30	0,73	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
E3 20 m	0,27	0,19	0,31	0,38	3,40	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,32	< 1,0	< 0,50	0,47
E3 40 m	0,23	0,24	0,29	< 0,090	6,20	0,70	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,60
E3 fondo	0,20	0,21	0,29	4,00	5,10	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,14	< 1,0	< 0,50	0,57
E4 sup	0,29	0,20	0,27	10,00	1,90	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
E4 20 m	0,26	0,21	0,28	18,00	11,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
E4 40 m	0,25	0,20	0,23	12,00	3,30	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
E4 fondo	0,30	0,19	0,34	12,00	18,00	0,87	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,55
E5 sup	0,29	0,24	0,24	2,30	25,00	3,60	0,22	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,50
E5 20 m	0,19	0,19	0,33	2,10	2,70	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
E5 40 m	0,23	0,15	0,34	4,10	4,70	1,30	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,40
E5 fondo	0,26	0,20	0,27	1,50	3,90	0,46	0,24	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,51
E6 sup	0,18	0,19	0,29	< 0,090	2,60	< 0,064	0,50	< 0,10	0,56	< 1,0	< 0,50	0,53
E6 20 m	0,32	0,19	0,36	0,74	5,20	< 0,064	0,53	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,53
E6 40 m	0,24	0,20	0,28	1,90	2,40	1,50	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,48
E6 fondo	0,25	0,19	0,30	13,00	1,80	1,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,49
E7 sup	0,25	0,16	0,27	0,97	9,50	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,53
E7 20 m	0,33	< 0,10	0,31	3,10	21,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,47
E7 40 m	0,27	0,18	0,33	5,50	10,00	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,56
E7 fondo	0,26	0,12	0,29	7,10	10,00	15,00	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
E8 sup	0,26	0,21	0,29	2,60	12,00	2,70	0,14	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,57
E8 20 m	0,22	0,17	0,24	3,30	14,00	5,50	0,20	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,52
E8 40 m	0,24	0,23	0,28	1,20	1,80	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	< 0,062
E8 fondo	0,24	0,20	0,30	1,10	2,50	1,60	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,54

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo al periodo in esame (01/01 - 30/06/2021) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intera registrazione (fig. 3.22). Infatti non si notano abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. La variazione di pressione avvenuta ad aprile è una conseguenza del recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

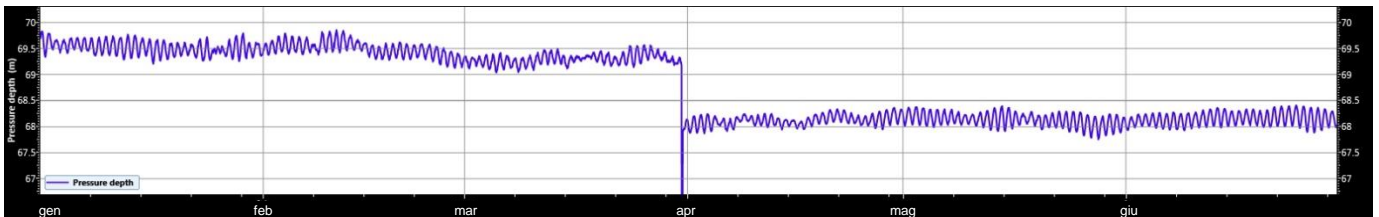


Fig. 3.22 - Grafico della pressione registrata dall'ADCP nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

Dal 1° gennaio al 30 giugno 2021 la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile, con una rotazione principalmente tra le direzioni settentrionali e meridionali, ma uniforme lungo la colonna d'acqua (figg. 3.23 - 3.28).

I mesi di gennaio e febbraio sono stati caratterizzati da una notevole variabilità: la corrente, infatti, si è diretta prevalentemente verso Sud-Est, presentando però rotazioni verso Nord/Nord-Est, con velocità intorno a 0,1 m/s. A marzo le misure mostrano fluttuazioni di direzione della corrente molto ben marcate che, come anticipato, hanno interessato in modo omogeneo tutta la colonna d'acqua. In particolare, verso la fine del mese la direzione è variata generalmente tra Sud-Ovest e Nord-Est, con picchi fino a 0,2 m/s. Durante il mese di aprile la direzione prevalente è stata settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest, così come a maggio e a giugno, quando si sono avute brevi rotazioni verso Sud-Ovest e velocità sempre inferiori ai 0,1 m/s.

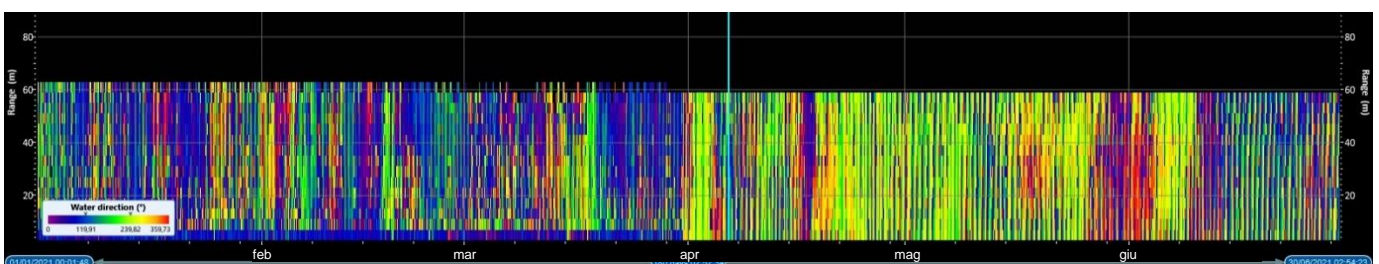


Fig. 3.23 - Contour Plot della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

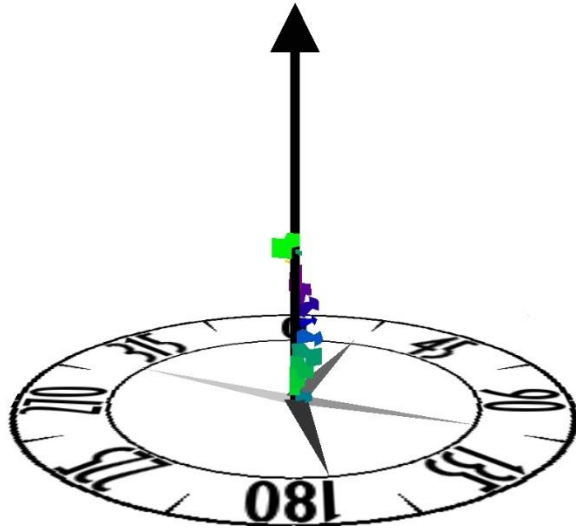
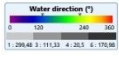


Fig. 3.24 - 3D Plot della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

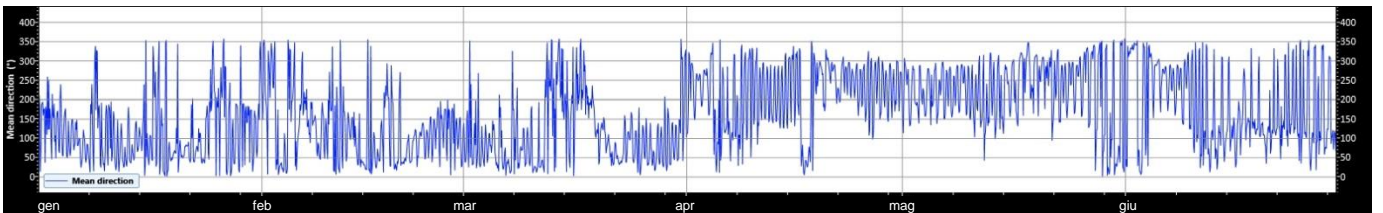


Fig. 3.25 - Media della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

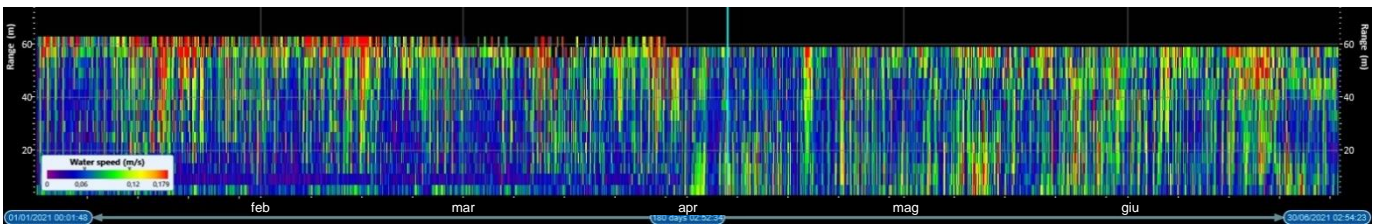


Fig. 3.26 - Contour Plot della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

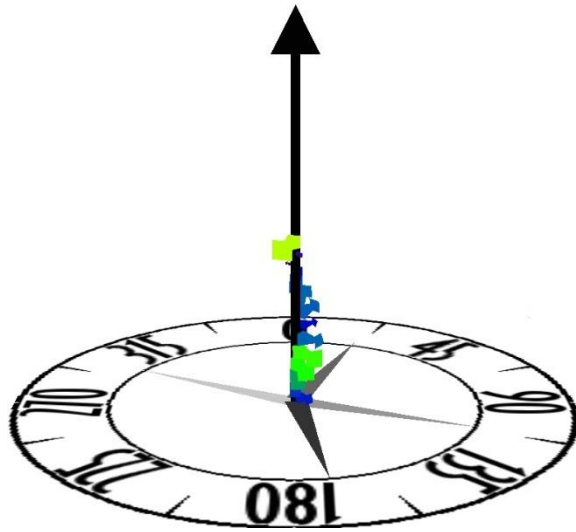
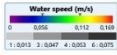


Fig. 3.27 - 3D Plot della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

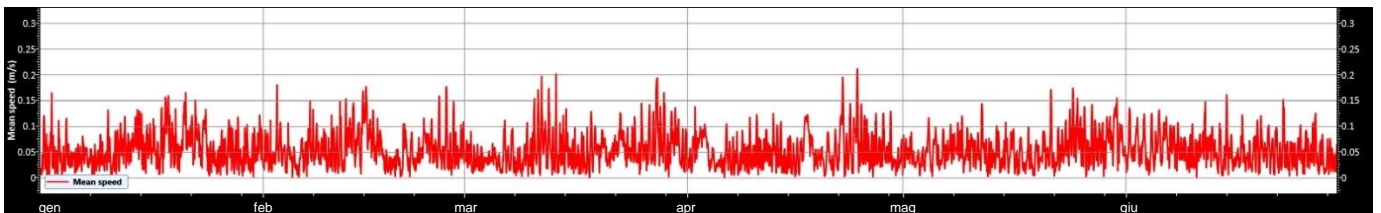


Fig. 3.28 - Media della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

Per quanto concerne la temperatura registrata nel semestre in prossimità del fondale dall'ADCP (fig. 3.29), essa è progressivamente diminuita da inizio gennaio a fine febbraio, passando da 15,5°C a circa 12,5°C. È seguito un lungo periodo a temperatura pressoché costante durato fino alla 3^a settimana di aprile, dopo il quale si è avuto un lieve rialzo che ha portato a circa 13,5°C che si sono mantenuti sino a giugno, con picchi sporadici fino a 14°C di breve durata.

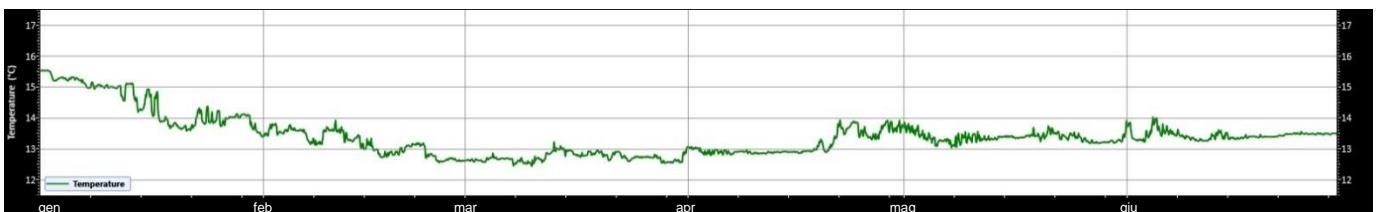


Fig. 3.29 - Temperatura (°C) registrata dall'ADCP in prossimità del fondo nel periodo 01/01 – 30/06/2021.

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. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle 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.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d’acqua (caratteristiche fisiche e chimiche e studio delle correnti), i sedimenti (granulometria, idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, total organic carbon, ecotossicologia, bioaccumulo), la ricerca di inquinanti, lo studio di biomarkers e lo svolgimento di indagini ultrastrutturali in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico, il rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. Fase precedente alla posa in opera delle strutture (pre-survey);
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;

- c. Fase di esercizio;
- d. Fase di fine esercizio.

Nelle fasi di pre-survey e di costruzione sono stati condotti campionamenti semplificati in termini sia di numero di stazioni, sia di tipologia di indagine, rispetto alla fase post lavori.

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 1° semestre 2021.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua – Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 1° semestre 2021 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Elettra sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2014; 2015b; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2017b; 2018a; 2018b; 2019; 2020; Spagnolo *et al.*, 2021a; 2021b; 2021c; 2021d).

Le concentrazioni dei nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze degne di nota tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza e utilizzate come controlli. Tutti i nutrienti hanno presentato generalmente concentrazioni medie contenute. Rispetto agli anni precedenti, il contenuto medio dei nitriti è risultato comparabile a quello del 1° semestre 2019, nonostante nel 2021 sia stato raggiunto il massimo assoluto. Le concentrazioni medie di nitrati, ammonio e fosfati sono risultate comparabili con quelle registrate nello stesso periodo del 2020. I silicati sono invece apparsi moderatamente più contenuti rispetto al 1° semestre dei due anni precedenti.

Il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti già effettuati, ma mediamente è risultato moderatamente più contenuto rispetto al 2019 e 2020. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, in particolare a febbraio e a maggio, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006), fenomeno questo osservato anche precedentemente.

Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quella di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate comparabili con il 1° semestre dei due anni precedenti. La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta), invece, è apparsa moderatamente più contenuta rispetto al 2019 e al 2020. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) e non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

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

Per quanto concerne la ricerca di inquinanti, non si sono riscontrate particolari criticità e non è stata rilevata una differenziazione statisticamente significativa tra stazioni di piattaforma e stazioni di controllo. Gli idrocarburi totali e alifatici, così come il glicole etilenico, i BTEX e alcuni metalli pesanti (cadmio, cromo, mercurio, rame, indio e silicio) sono risultati sempre o quasi sempre non rilevabili e, quando quantificati, le concentrazioni sono state modeste.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che nel 1° semestre 2021, così come nei periodi di indagine precedenti, le concentrazioni rilevate di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non evidenziano effetti perturbativi significativi della piattaforma Elettra sull'ambiente marino.

Misure correntometriche - Nel 1° semestre 2021, come già rilevato a partire dalla fase di produzione della piattaforma, la corrente sia superficiale che di fondo è risultata variabile in direzione, oscillando tra i quadranti settentrionali e quelli meridionali a causa della posizione di Elettra praticamente al centro dell'Adriatico, zona non influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Le intensità sono sempre state relativamente costanti e modeste, intorno a 0,1 m/s.

5. BIBLIOGRAFIA

- Artegiani A. 1996. Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols. *MAST II Mediterranean Targeted Project*. 34 pp.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1492– 1514.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515– 1532.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., 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., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2015b. *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., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Biasi A.M, Gaetani A., 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 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. 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. 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. 2016d. *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. 2016e. *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., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo 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.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culberson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Leonori I., De Marco R., Biagiotti I., Costantini I. 2014. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Elettra.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 94 pp.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113: C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino.* Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.
- 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., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 302 + CXXXVII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 309 + CLIX pp.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater.* Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data.* Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 3225.
- 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. *Contin. Shelf Res.*, 27(5): 613–633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



ALLEGATO A

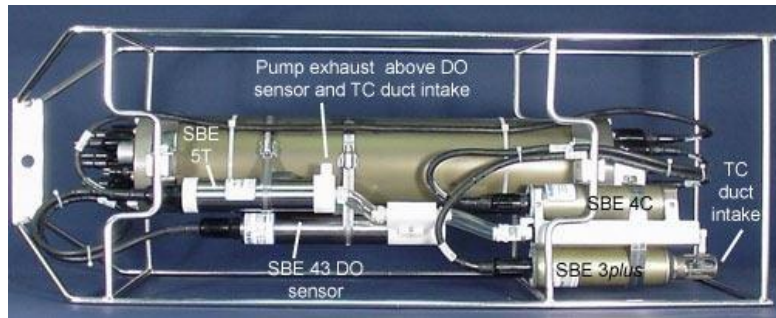
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

A1-I Sonda Multiparametrica CTD e "ROSETTE"



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

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

★ with Reversing Thermometer Assembly

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

A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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

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



A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

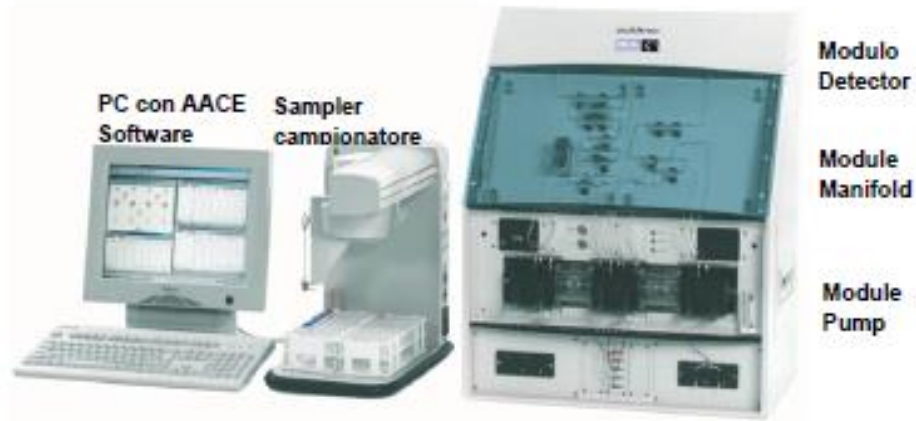
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

One Click™ Titration	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
Funzione Plug & Play	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
Motori per burette	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volume burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
Metodi e serie	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max. metodi	120
Ingressi sensore	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
Interfacce	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore/Solvent Manager™	3
Terminale	TTL I/O	1
	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5,7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

A1-IV NUTRIENTI

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



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

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

A1-V HPLC

High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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

A1-VI ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X

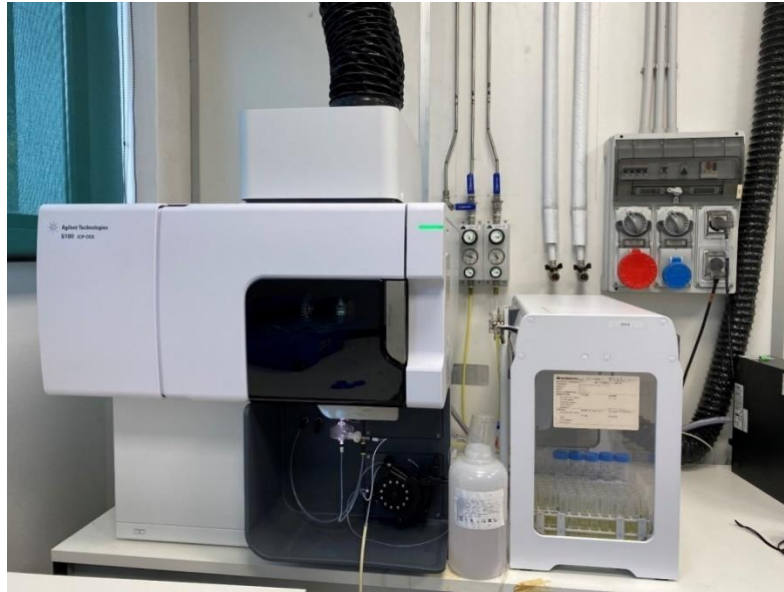


Autocampionatore MASN8140044 ESI



A1-VII ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A1-VIII ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A1-IX IDROCARBURI TOTALI

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



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



A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

