

*Monitoraggio dell'ambiente marino-costiero  
della Regione Abruzzo*



*Analisi dei dati osservati nell'anno 2021*

## INDICE

<b>PARTECIPANTI AL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
1.1 CARATTERISTICHE METEO MARINE DEL MARE ADRIATICO .....	5
1.2 LA FASCIA COSTIERA ABRUZZESE .....	9
1.3 I PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI REGIONALI E INTERREGIONALI.....	10
1.4 LA CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI NELLA NORMATIVA VIGENTE ...	11
1.5 CORPI IDRICI SUPERFICIALI DELLA REGIONE ABRUZZO .....	12
1.6 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE.....	15
<b>2. GESTIONE DEL MONITORAGGIO .....</b>	<b>17</b>
2.1 CAMPIONAMENTI E MISURE IN CAMPO .....	17
2.2 ANALISI .....	18
2.3 GESTIONE DEI DATI .....	18
<b>3. PARAMETRI INDAGATI.....</b>	<b>19</b>
<b>4. ANALISI DEI RISULTATI.....</b>	<b>28</b>
4.1 COLONNA D'ACQUA .....	28
4.1.1 NUTRIENTI.....	38
4.1.2 INDICE TROFICO TRIX .....	49
4.1.3 INDICE TRBIX .....	51
4.1.4 INQUINANTI CHIMICI .....	54
4.1.5 FITOPLANCTON.....	55
4.2 MACROINVERTEBRATI BENTONICI.....	62
4.3 SEDIMENTO .....	68
4.3.1 INQUINANTI CHIMICI .....	68
4.3.2 ANALISI GRANULOMETRICHE.....	70
4.3.3 INDAGINE TOSSICOLOGICA SUI SEDIMENTI.....	72
<b>5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>80</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>81</b>



## **PARTECIPANTI AL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO**

### Responsabili del Programma

#### RESPONSABILE REGIONALE

**Ing. Paolo D’Incecco**

Regione Abruzzo - Direzione Opere Marittime  
Pescara

#### ENTE ATTUATORE

**Agenzia Regionale per la Tutela dell’Ambiente dell’Abruzzo**

V.le Marconi, 49 – 65126 Pescara

*Responsabile del Progetto*

**Dott.ssa Emanuela Scamosci – Area Tecnica - Sezione Monitoraggio del Territorio e del Mare, Danno ambientale, Progettazione.**

### Partecipanti alle attività di monitoraggio

RESPONSABILE MOTONAVE LABORATORIO “ERMIONE”: E. Scamosci

EQUIPAGGIO MOTONAVE LABORATORIO “ERMIONE”: P. De Iure, N. Febo, P. Grosso

CAMPIONAMENTI IN MARE: N. Di Deo, S. Batilde, P. De Iure

RESTITUZIONI CARTOGRAFICHE: R. Cacciatore, R. Di Cesare

RESPONSABILE DELLA GESTIONE DEL PROGRAMMA: M. Petrini

ELABORAZIONE DATI PRODOTTI: E. Scamosci, N. Di Deo

ATTIVITÀ ANALITICA: Distretto Prov.le di Pescara:

*Analisi chimiche:* G.Mancinelli, S. Batilde, E. Crescenzi, M. Di Nino,  
A. Felici, F. Scorrano, S. Tennina

*Analisi tossicologiche:* Maria Capista, A. Arizzi Novelli

*Analisi biologiche:* Maria Capista, F. P. Russo, N. Di Deo, R. Belluzzi



## 1. INTRODUZIONE

Nell'anno 2020 ARTA Abruzzo ha svolto le attività di monitoraggio dell'ambiente marino-costiero sulla Rete Regionale come previsto dalla convenzione con la Regione Abruzzo, ai fini della classificazione ecologico-ambientale dei corpi idrici marino costieri in applicazione del D. Lgs 152/06, D.M. 260/10 e del D. Lgs 172/15.

Le attività attuate nell'ambito del monitoraggio possono essere così schematizzate:

- rilevazione dei parametri meteo marini;
- acquisizione dei dati fisico-chimici delle acque mediante sonda multiparametrica;
- determinazione della concentrazione dei nutrienti e dei microinquinanti chimici sulla colonna d'acqua;
- analisi delle comunità fitoplanctoniche;
- analisi delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile;
- analisi granulometrica dei sedimenti;
- determinazione di microinquinanti nel sedimento;
- test ecotossicologici sui sedimenti.



## 1.1 CARATTERISTICHE METEO MARINE DEL MARE ADRIATICO

L'Adriatico è il bacino più continentale del mare Mediterraneo. Esso è caratterizzato da una forma allungata, con l'asse maggiore (orientato da Nord-Ovest a Sud-Est) lungo 800 km e l'asse minore meno di 200 km. Il suo volume acqueo è di circa 35000 Km<sup>3</sup> (circa l'1% del volume di tutto il Mediterraneo) e l'area della sua superficie liquida è la ventesima parte di quella dello stesso Mediterraneo. Riceve dal Po e dagli altri fiumi minori, che sfociano in massima parte nel bacino settentrionale circa 1/3 di tutte le acque dolci continentali del Mediterraneo.

E' possibile suddividere l'Adriatico in tre distinti bacini:

- Adriatico settentrionale - caratterizzato da bassi fondali che degradano dolcemente da nord verso sud con una profondità media di 50 m. L'Adriatico settentrionale riceve circa il 15 % delle acque fluviali di tutto il Mediterraneo.

- Adriatico centrale - caratterizzato dalla presenza delle fosse mesoadriatiche. La depressione mesoadriatica è costituita da tre fosse poste lungo una trasversale Ovest-Est, collegate con la parte più profonda dell'Adriatico Meridionale mediante la soglia di Pelagosa.

- Adriatico meridionale - caratterizzato da un'ampia depressione profonda circa 1200 m. Essa presenta una piattaforma continentale molto stretta (20-30 km), una scarpata continentale ripida, che arriva fino a 1000 m ed una piana abissale piuttosto uniforme.

La circolazione generale risulta ciclonica: verso nord lungo la costa orientale, verso sud lungo quella occidentale. La circolazione dei tre sotto-bacini è spesso dominata da gyres, vortici ciclonici a scala di bacino che variano in intensità a seconda delle stagioni.

Il gyre del sotto-bacino meridionale persiste per tutto l'anno, quello del sotto-bacino centrale è più evidente in estate ed autunno, nella parte settentrionale sembra essere presente solo in autunno. La corrente che fluisce verso sud parallelamente alla costa occidentale per tutta la lunghezza del bacino, dalla foce del fiume Po sino allo Stretto di Otranto prende il nome di Western Adriatic Current (WAC), mentre la corrente che dallo Stretto di Otranto si dirige verso nord lungo la costa prende il nome di Eastern Adriatic Current (EAC).



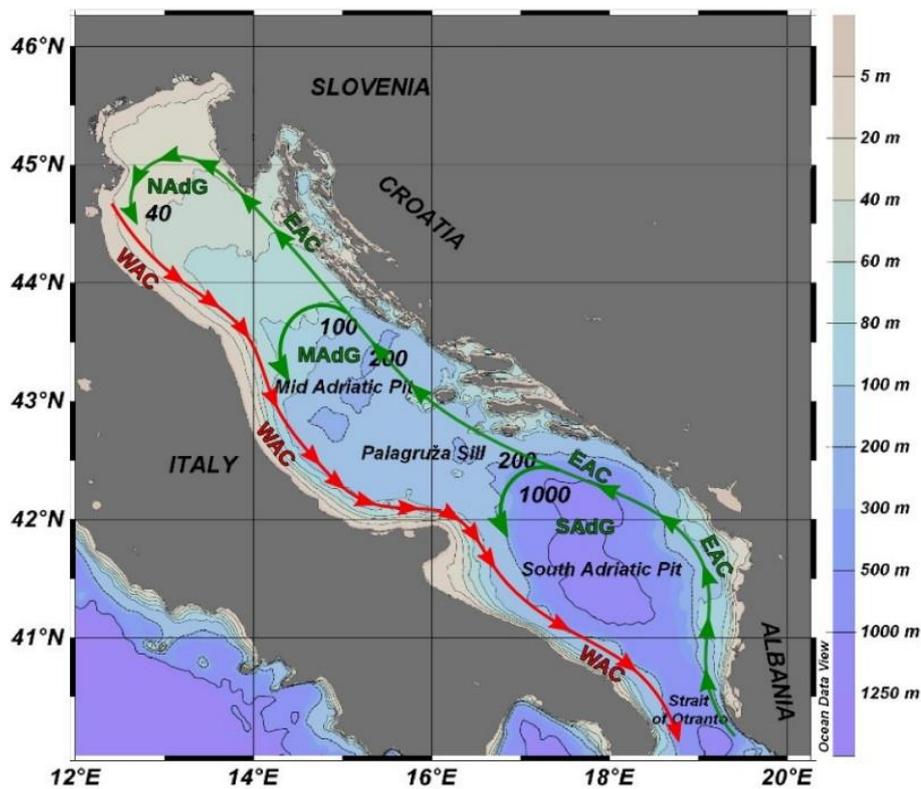


Fig. 1 - Circolazione generale del Mare Adriatico

La temperatura delle acque superficiali dell'Adriatico oscilla fra valori massimi estivi di 28 °C e minimi invernali di 8 °C (eccezionalmente, per lo spirare di venti molto freddi, può scendere a 5 °C). La salinità dello strato superficiale non raggiunge il 35‰ nei settori settentrionale e occidentale a causa del notevole apporto fluviale e della corrente discendente occidentale (in autunno la salinità superficiale può scendere anche al 30‰); nei settori orientale e meridionale ed in profondità la salinità si aggira sul 38‰, su valori cioè analoghi a quelli dell'intero bacino del Mediterraneo.

Le più forti escursioni termiche del Mediterraneo, fra inverno ed estate, si verificano in Adriatico. L'elevato gradiente di densità che si viene a formare fra le coste italiane e slave nella parte alta di questo mare costituisce il motore delle correnti superficiali di gradiente, ascendenti lungo la costa dalmata con velocità variabile da 0,4 a 0,5 nodi, e discendenti lungo quella italiana, con velocità che va da 0,8 a 1,2 nodi. Entrambe costituiscono il motivo dominante della circolazione adriatica.

Lungo la costa abruzzese tale corrente litoranea di circolazione si risente generalmente fino ad alcune miglia marine dalla costa. Un tale schema generale di circolazione è però modulato, nella sua intensità, dalla periodicità delle stagioni, dalla ingressione nell'Adriatico di acqua proveniente dal mar Ionio, dalla portata del fiume Po e soprattutto dalle condizioni meteorologiche. Si intensifica considerevolmente con venti



settentrionali, specie in inverno quando tali condizioni possono persistere anche a lungo. In condizioni di alta pressione la velocità della corrente sottocosta è generalmente di circa un nodo d'estate e 2-3 nodi d'inverno, ma con venti di Tramontana e Ponente-Maestro aumenta fino a raggiungere anche i 5-6 nodi.

Il trasporto e la sedimentazione del materiale proveniente dalla costa, e in modo particolare dai bacini idrici costieri, è fortemente influenzato, oltre che dalle caratteristiche dimensionali del materiale stesso, dalla direzione, dall'intensità e dalla distanza dalla costa della suddetta corrente.

La situazione però è complicata dalla presenza, lungo la costa, di altre correnti di intensità e direzione spesso variabili, che sono in relazione principalmente con i venti e l'ondosità del mare, come la corrente lungocosta, la corrente di flusso di ritorno, e la corrente di risucchio.

La circolazione ventosa sull'Adriatico è fortemente influenzata dalle caratteristiche orografiche della costa. In particolare la geografia piuttosto regolare dell'Adriatico, l'arco delle Alpi a chiusura del margine settentrionale del bacino, nonché la presenza delle "porte" naturali di Trieste a NordEst e della pianura Padana a NordOvest e l'apertura del canale di Otranto a Sud-SudEst determinano modifiche sostanziali della circolazione nel bacino rispetto alle aree contigue del Mediterraneo e rendono a volte difficile l'interpretazione dei venti sulla sola base della configurazione del campo barico.

In Adriatico il regime dei venti, come quello dei mari, è legato ai cicli stagionali. I venti regnanti sono a prevalente regime di brezza, specialmente in estate. Tuttavia assumono notevole importanza, per intensità o per i fenomeni burrascosi associati, alcuni venti caratteristici locali. Infatti è noto che il mare Adriatico è una fra le aree mediterranee con maggior frequenza di burrasche (il 10% di tutte quelle mediterranee). I venti dominanti e più intensi, che per i loro effetti sul mare interessano maggiormente le coste abruzzesi, sono la bora e lo scirocco. Gli altri venti provocano mareggiate importanti solo raramente. Quando i fronti d'onda risultano obliqui rispetto alla linea di costa, le onde hanno due componenti di movimento: una perpendicolare e una parallela alla costa. Entrambe le componenti diventano efficaci (cioè determinano trasporto di massa e non solo di energia) solo dopo la linea dei frangenti, nella zona di traslazione.

La componente parallela alla costa determina una corrente pulsante, definita corrente lungocosta (longshore current), che può raggiungere velocità dell'ordine di alcuni decimetri al secondo, fino a circa 1 m/s. Questo tipo di corrente è responsabile del trasporto di particelle di sedimento e di oggetti parallelamente alla costa detta deriva litorale (littoral drift). La corrente lungocosta è uno dei principali fattori che controllano la sedimentazione e l'erosione delle coste, trasportando il sedimento per notevoli distanze e dando origine a corpi sedimentari particolari, i cordoni litorali e i tomboli, in corrispondenza di rientranze ed irregolarità della costa, come golfi e delta fluviali, e danno origine talvolta a vere e proprie lagune.



Lungo la costa abruzzese il verso della corrente lungocosta prevalente deriva ovviamente dal bilancio soprattutto tra le ondate principali: quelle di bora e quelle di scirocco-levante. In genere è evidente l'azione prevalente dello scirocco-levante, quindi il trasporto solido netto risulta diretto da SudEst verso NordOvest, ma in taluni casi particolari esso può anche invertirsi.

Al contrario la corrente litoranea di circolazione, come detto diretta verso SudEst, è invece legata essenzialmente al solo trasporto in sospensione della frazione torbida e fine dei sedimenti, senza relazione quindi con gli equilibri di spiaggia, sulla quale appunto questi materiali non si depositano.

La frangenza delle onde determina un trasporto continuo di acqua verso costa, che deve essere compensato da un flusso di ritorno. Questo flusso si individua prevalentemente a contatto con il fondale nella zona di traslazione, mentre si localizza prevalentemente a mezz'acqua (tra la superficie e il fondo) all'esterno della linea dei frangenti. Questo tipo di flusso è generalizzato (non concentrato né localizzato in aree e fasce, come la maggior parte delle correnti costiere) e a bassa velocità (dell'ordine di pochi centimetri o decimetri al secondo).

L'accumulo d'acqua parallelamente alla costa causato dalle correnti lungocosta determina la formazione di un gradiente di pressione rispetto alle acque esterne alla linea dei frangenti. Questa differenza di pressione richiede a sua volta una corrente di compensazione per ristabilire condizioni di equilibrio. Tale tipo di corrente si definisce corrente di risucchio (rip current). Si tratta di una corrente localizzata (a differenza del flusso di ritorno), con decorso perpendicolare alla costa, che raggiunge velocità intorno a 60-100 cm/s e "raschia" il fondale scavando veri e propri canali e portando il materiale di fondo oltre la zona dei frangenti. Questo effetto è specialmente evidente e significativo tra le barriere frangiflutto poste a protezione della costa. Eventi di direzione, frequenza e caratteristiche ondose diverse sviluppano correnti lungocosta di differenti verso, frequenza ed intensità. Il susseguirsi di questi flussi nel lungo periodo produce il trasporto solido netto (o prevalente) lungocosta, che nell'Adriatico è influenzato dalla variabilità annuale del clima ondoso.

L'azione del moto ondoso da vento sul litorale regola principalmente la dinamica del litorale ridistribuendo lungo la costa gli apporti solidi fluviali depositati sulle foci e rimodellando le spiagge. Le condizioni marine che interessano i processi costieri sono sia quelle del regime medio annuo, che quelle degli eventi più intensi, che producono invece le variazioni di spiaggia nel breve periodo, spesso particolarmente incisive. In genere queste ultime sono recuperate nel lungo periodo, anche se talvolta lentamente e solo parzialmente.

I materiali sottili trasportati inizialmente in sospensione dai corsi d'acqua, e successivamente dalle correnti marine, tendono naturalmente a depositarsi quasi esclusivamente al largo, su fondali che hanno una batimetrica che va oltre gli 8-10 m di



profondità. Infatti, oltre tali profondità, le sabbie costiere tendono generalmente a scomparire dal fondo lasciando spazio alle particelle più fini.

## 1.2 LA FASCIA COSTIERA ABRUZZESE

La costa abruzzese tra il fiume Tronto ed il fiume Trigno, lunga circa 125 km, presenta morfologia variabile a causa dell'assetto geologico dell'immediato entroterra. Questo è costituito in prevalenza dalle propaggini meno elevate dell'Appennino dove affiorano i sedimenti terrigeni grossolani e pelitici (argille grigio-azzurre) della successione di avanfossa plio-pleistocenica.

Nel tratto tra il fiume Tronto e il fosso Riccio (a nord di Ortona), l'entroterra immediatamente adiacente al litorale è in prevalenza pianeggiante e la costa si presenta generalmente bassa e sabbiosa, o sabbiosa ciottolosa in corrispondenza delle foci fluviali. Le spiagge più ampie, in media oltre i 50 m, si trovano tra Giulianova e Martinsicuro (appena a sud del Tronto), mentre più a sud i valori medi sono compresi tra i 20 e i 50 m, se si esclude il litorale di Roseto e il tratto a nord del porto di Pescara, dove le spiagge sono larghe fino a 80 m. I sedimenti delle spiagge sono in prevalenza sabbiosi, essendo le ghiaie limitate alle foci fluviali. Il trasporto netto di sedimenti sabbiosi in ambiente litorale è in gran parte interrotto in corrispondenza delle coste basse dalle numerose opere marittime messe a protezione dei tratti a maggiore rischio d'erosione. Tra il promontorio di Torre Mucchia, poco a nord di Ortona e Punta Cavalluccio, 12 km a SE di Ortona la costa diviene alta e rocciosa, con stretti e discontinui tratti di spiaggia ghiaiosa e sabbiosa. A sud di Punta del Cavalluccio, a Fossacesia Marina, la spiaggia diventa ampia e ghiaiosa, mentre, a sud della foce del fiume Sangro è presente un'ampia spiaggia sabbiosa, che arriva fino a nord di Punta della Penna. Nella fascia costiera comprendente il tratto di litorale tra Punta della Penna e il fiume Trigno si ha una successione di tratti a falesia e di tratti di spiaggia sabbiosa. La falesia è costituita da sedimenti plio-pleistocenici caratterizzati da componenti clastici a varia cementazione, ricoprenti argille grigio-azzurre sovraconsolidate. Essa sembra essere relativamente stabile e ciò è dovuto in gran parte alle opere di difesa per salvaguardare la linea ferroviaria adriatica. Le stesse opere di difesa, però, impediscono la ridistribuzione del materiale franato ad opera del trasporto litoraneo lungo riva contribuendo, insieme con gli scarsi apporti solidi dei corsi d'acqua, a determinare la forte erosione presente su tutta la fascia costiera. La pendenza dei bassi fondali antistanti la spiaggia emersa è sempre bassa, in particolare modo tra la linea di riva e l'isobata dei -5 m (pendenze tra 0,7 e 1,2%); i valori maggiori di pendenza si riscontrano in corrispondenza del promontorio di Punta della Penna (circa il 2%).

La qualità dell'ambiente marino è in parte condizionata dai carichi inquinanti derivanti dagli insediamenti urbani e produttivi situati lungo la costa, ma è principalmente dipendente dai carichi trasportati dai corsi d'acqua che drenano i bacini idrografici costieri la cui estensione è decisamente superiore a quella degli insediamenti stessi.



Quindi i carichi trasportati dai fiumi costituiscono i maggiori apporti, in senso assoluto, di inquinanti al mare.

Lo studio dell'ambiente marino dell'Adriatico abruzzese non può pertanto prescindere da una valutazione della realtà sociale e produttiva degli insediamenti urbani e dei bacini idrografici costieri. La valutazione quantitativa e qualitativa degli inquinanti che raggiungono il mare è un'operazione complessa e difficile; ancora più arduo è seguire nell'ambiente marino la loro localizzazione, la loro trasformazione e i loro effetti sugli esseri viventi e sull'ecosistema nel suo complesso.

### 1.3 I PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI REGIONALI E INTERREGIONALI

Nel tratto abruzzese della costa adriatica si versano numerosi corsi d'acqua nelle cui pianure alluvionali di fondovalle sono presenti molte delle principali zone industriali ed agricole della regione. Partendo da nord, i principali bacini regionali, ossia quelli compresi interamente entro i confini della regione sono: Vibrata, Salinello, Tordino, Vomano, Cerrano, Piomba, Fino-Tavo-Saline, Aterno-Pescara, Alento, Foro, Arielli, Moro, Feltrino, Osento, Sinello. I bacini interregionali sono: Tronto, Sangro e Trigno.

Il D.Lgs. 152/06 (PARTE III, Allegato 1) definisce come "corsi d'acqua significativi":

- a) tutti i corsi d'acqua naturali di primo ordine (cioè quelli recapitanti direttamente in mare) il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 200 km<sup>2</sup>;
- b) tutti i corsi d'acqua naturali di secondo ordine o superiore il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 400 km<sup>2</sup>.

Non sono significativi i corsi d'acqua che per motivi naturali hanno avuto portata uguale a zero per più di 120 giorni l'anno, in un anno idrologico medio".

Tra i corsi d'acqua sopra citati quelli "significativi" sono: Tronto, Tordino, Vomano, Fino-Tavo-Saline, Aterno-Pescara, Foro, Sangro, Sinello e Trigno.

I corsi d'acqua Salinello, Piomba e Osento sono considerati (D. Lgs. 152/06, PARTE III, Allegato 1) "corsi d'acqua superficiali di interesse ambientale" ovvero:

- a) corpi idrici che, per valori naturalistici e/o paesaggistici o per particolari situazioni in atto, hanno rilevante interesse ambientale;
- b) corpi idrici che, per il carico inquinante da essi convogliato, possono avere un'influenza negativa rilevante sui corpi idrici significativi.

Infine, i corsi d'acqua Vibrata, Cerrano, Alento, Arielli, Moro e Feltrino sono ascrivibili alla categoria dei "corsi d'acqua superficiali potenzialmente influenti sui corpi idrici significativi", classificati come tali poiché recapitanti in corpi idrici significativi o direttamente in mare.

Vanno inoltre segnalati i fossi Riccio, Lebba, Peticcio e Cintioni, spesso caratterizzati da notevoli carichi inquinanti, al punto tale che le acque antistanti le loro foci sono per lunghi tratti permanentemente, ed in alcuni temporaneamente, inibite alla balneazione. L'inibizione permanente alla balneazione è prevista per le foci dei fiumi, torrenti e aree



portuali, mentre l'inibizione temporanea è prevista per motivi igienico-sanitari per acque soggette a misure di miglioramento ai sensi dell'art. 8 e All. II del D.lgs n. 116/08.

#### 1.4 LA CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI NELLA NORMATIVA VIGENTE

La qualità delle acque marino-costiere e di transizione viene determinata utilizzando gli indicatori previsti dal D. lgs 152/06, dai Decreti del MATTM 131/08, 56/09, 260/10 e dal D. lgs 172/15, i quali recepiscono gli obiettivi introdotti dalla Direttiva Quadro del Parlamento Europeo e del Consiglio (WFD/2000/60/EC, European Union, 2000).

Il D.M. 260/10, "Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo", prevede nuovi elementi per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici, individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico ed implementando i criteri per la tipizzazione dei corpi idrici superficiali.

Il D. lgs 172/15, decreto attuativo della direttiva 2013/39/UE, modifica la Direttiva 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. Esso modifica gli artt. 74 e seguenti del D. lgs 152/06, in modo particolare l'art.78 in materia di standard di qualità ambientale per le acque superficiali ai fini della determinazione del buono stato chimico.

La Decisione (UE) 2018/229, come implementazione della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, indica i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione geografico per il Mar Mediterraneo e abroga la decisione 2013/480/UE della Commissione Europea. Tale atto, congiuntamente ai "Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere. Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton" e "Implementazione della direttiva 2000/60/CE. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere - EQB Macroalghe, Macroinvertebrati bentonici, Angiosperme" di ISPRA stabilisce i limiti di classe e le condizioni di riferimento per gli EQB da utilizzare per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici marino costieri relativi al Tipo II-A Adriatico.

La classificazione dei corpi idrici marino-costieri viene definita in base allo stato chimico ed allo stato ecologico, secondo le indicazioni previste dalle norme succitate.

A ciascun corpo idrico viene assegnato uno stato ecologico e uno stato chimico: il primo è dato dal monitoraggio degli elementi di qualità biologica, dagli elementi di qualità fisico-chimica a sostegno e dagli elementi chimici a sostegno (inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità - tabella 1/B del D. lgs 172/15); il secondo dal monitoraggio delle sostanze dell'elenco di priorità (tabella 1/A per la matrice colonna d'acqua e biota e 2/A per la matrice sedimento del D. lgs 172/15).



La classificazione di ciascun corpo idrico prevede l'elaborazione degli indici di qualità basati sulle campagne di monitoraggio annuali e sui relativi parametri biologici, idrologici, fisico-chimici e chimici.

### 1.5 CORPI IDRICI SUPERFICIALI DELLA REGIONE ABRUZZO

La Regione Abruzzo ha individuato tre corpi idrici marino costieri rispondenti a quanto evidenziato dalle analisi delle pressioni secondo il processo di tipizzazione ai sensi del D.M. 131/08. ([http://www.regione.abruzzo.it/pianoTutelaacque/docs/elaboratiPiano/A1\\_8/A1\\_8Tipizzazione.pdf](http://www.regione.abruzzo.it/pianoTutelaacque/docs/elaboratiPiano/A1_8/A1_8Tipizzazione.pdf)) Lungo la costa regionale non risultano evidenti differenze specifiche in termini spaziali (nord-sud, largo-sottocosta) e non si ravvisano neanche elementi di discontinuità importanti nella struttura della fascia costiera, se non quelli individuati a partire dalla zona a "terrazzi" che si estende dal torrente Riccio a Vasto. Concorrono a rendere più evidente tale discontinuità i moli del porto di Ortona, i quali estendendosi perpendicolarmente alla costa per quasi due chilometri (molo nord), di fatto rappresentano una ulteriore barriera al trasporto solido longitudinale ed all'andamento della circolazione litoranea.

A seguito della tipizzazione morfologica e idrologica dei corpi idrici superficiali regionali è stato assegnato il macrotipo di riferimento a ciascun corpo idrico (Tab.4.3/a D.M. 260/2010); i tre corpi idrici identificati per la costa abruzzese sono ascrivibili alla tipologia **2 "Media stabilità"**.

L'assegnazione del macrotipo è propedeutica alla definizione degli indici di qualità biologica. (EQB)

Tab. 4.3/a - Macrotipi marino-costieri per fitoplancton e macroinvertebrati bentonici

Macrotipi	Stabilità	Descrizione
1	Alta	Siti costieri fortemente influenzati da apporti d'acqua dolce di origine fluviale
2	Media	Siti costieri moderatamente influenzati da apporti d'acqua dolce (influenza continentale)
3	Bassa	Siti costieri non influenzati da apporti d'acqua dolce continentale



In conclusione, i tre corpi idrici sono stati identificati con i seguenti codici:

- IT13IT12\_TRONTO\_RICCIO\_ACC2
- IT13IT12\_RICCIO\_VASTO\_ACB2
- IT13IT12\_VASTO\_SANSALVO\_ACC2

Di seguito vengono riportate le coordinate, in WGS84, dei vertici dei tre corpi idrici superficiali identificati:

#### **CORPO IDRICO 1 (IT13IT12\_TRONTO\_RICCIO\_ACC2)**

VERTICI CORPO IDRICO Tronto - Riccio	Distanza dalla costa m	Profondità fondale m	Latitudine N	Longitudine E
TRONTO	0	0	42°53'28.75"	13°55'14.49"
	3.000	11.8	42°53'29.97"	13°57'26.69"
RICCIO	0	0	42°22'44.45"	14°22'19.85"
	3.000	14.4	42°22'44.18"	14°24'30.99"

#### **CORPO IDRICO 2 (IT13IT12\_RICCIO\_VASTO\_ACB2)**

VERTICI CORPO IDRICO Riccio - Vasto	Distanza dalla costa m	Profondità fondale m	Latitudine N	Longitudine E
RICCIO	0	0	42°22'44.45"	14°22'19.85"
	3.000	14.4	42°22'44.18"	14°24'30.99"
VASTO	0	0	42°06'34.28"	14°43'04.56"
	3.000	11.0	42°06'34.58"	14°45'15.19"

#### **CORPO IDRICO 3 (IT13IT12\_VASTO\_SANSALVO\_ACC2)**

VERTICI CORPO IDRICO Vasto - San Salvo	Distanza dalla costa m	Profondità fondale m	Latitudine N	Longitudine E
VASTO	0	0	42°06'34.28"	14°43'04.56"
	3.000	11.0	42°06'34.58"	14°45'15.19"
SAN SALVO	0	0	42°04'12.39"	14°46'45.51"
	3.000	11.0	42°04'12.62"	14°48'56.06"



## CORPI IDRICI MARINO COSTIERI DELLA REGIONE ABRUZZO

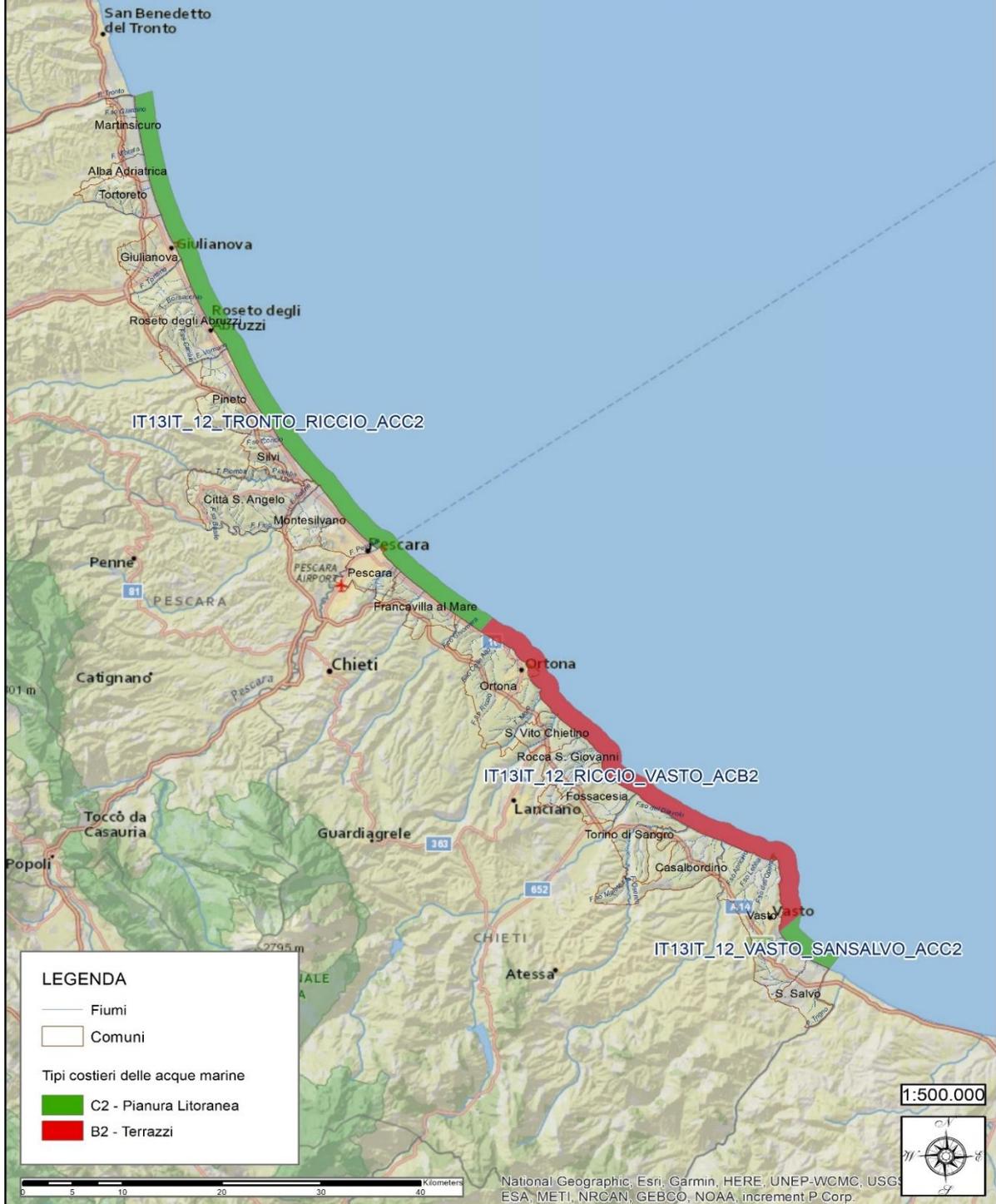


Fig. 2 - Carta dei corpi idrici superficiali marino costieri della Regione Abruzzo

## 1.6 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE

La rete di monitoraggio delle acque marino-costiere abruzzesi è costituita da un reticolo di quattordici stazioni individuate per il campionamento delle matrici ambientali previste, distribuite su sette transetti perpendicolari alla costa poste rispettivamente a 500 m e 3000 m. (tab. 1 e fig. 3).

AREA	Stazione	LAT Nord	LONG Est	PROFONDITA' m
ALBA ADRIATICA zona antistante F. Vibrata	AL13	42°50'22"	13°56'21"	4,3
	AL15	42°50'44"	13°58'07"	11,8
GIULIANOVA 500 m a Sud molo Sud porto	GU01	42°44'52"	13°58'55"	4,7
	GU03	42°45'14"	14°00'41"	12,2
PINETO 300 m a Sud F. Vomano	PI16	42°39'14"	14°02'43"	4,5
	PI18	42°39'45"	14°04'24"	12,0
PESCARA zona antistante Via Cadorna	PE04	42°29'18"	14°12'06"	5,6
	PE06	42°30'04"	14°13'37"	14,4
ORTONA punta Acquabella	OR07	42°20'16"	14°25'41"	6,9
	OR09	42°21'06"	14°27'11"	17,0
VASTO punta Aderci	VA10	42°11'02"	14°41'09"	7,8
	VA12	42°12'08"	14°42'12"	19,8
SAN SALVO 100 m a Sud t. Buonanotte	SS01	42°05'01"	14°45'25"	4,2
	SS02	42°06'10"	14°46'20"	11,0

Tab. 1 - Elenco delle stazioni di campionamento



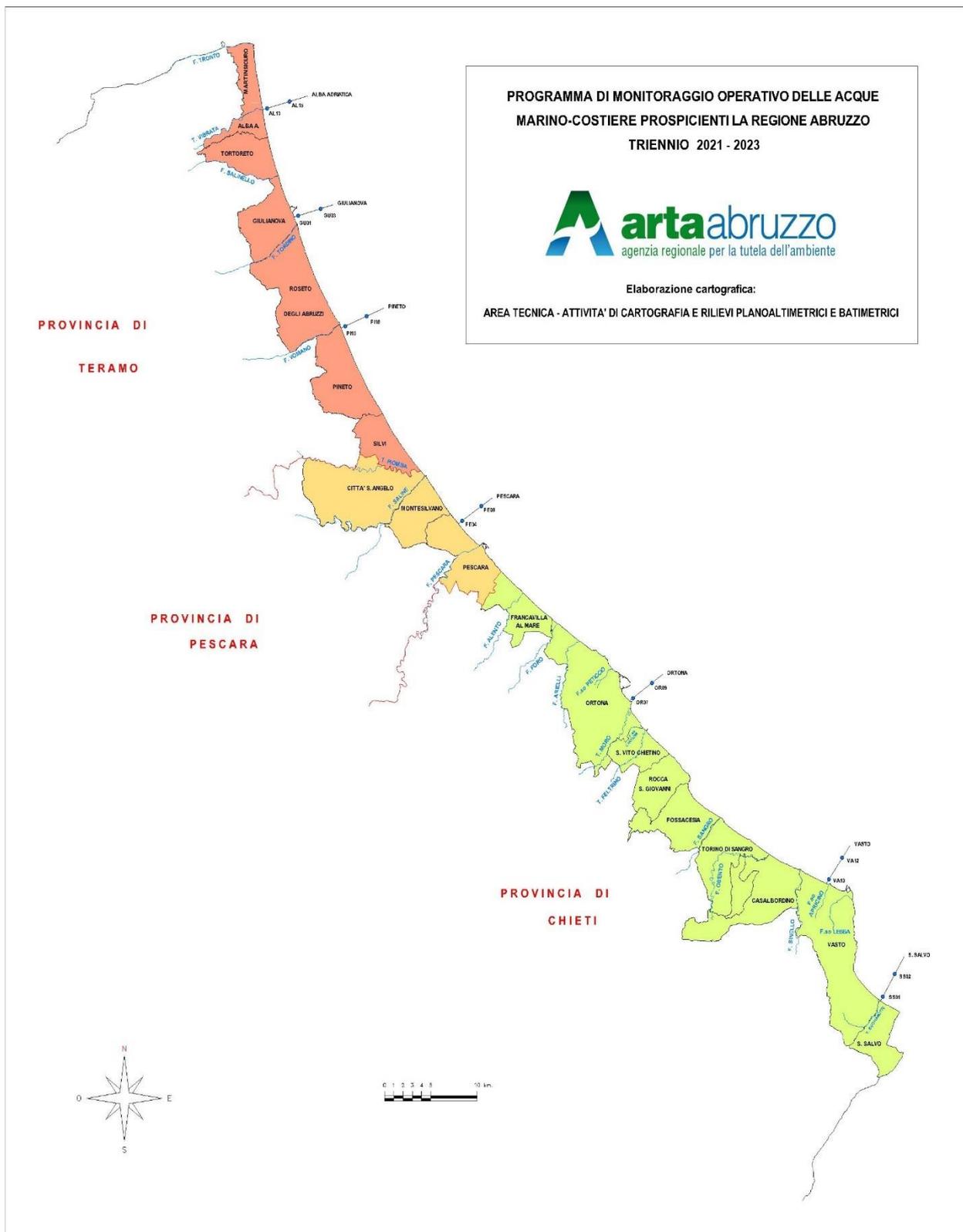


Fig. 3 - Localizzazione delle stazioni di campionamento della Rete Regionale



## 2. GESTIONE DEL MONITORAGGIO

La realizzazione del programma di monitoraggio regionale avviene secondo precisi protocolli operativi. Il programma prevede l'esecuzione di campagne di campionamento e misura, per le diverse matrici da indagare, seguendo un calendario prestabilito, come riportato nella seguente tabella.

Matrici	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
	NUMERO DI CAMPIONI MENSILI											
ACQUA (CTD)	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7
ACQUA (nutrienti)	14		14		14		14		14		14	
ACQUA (inquinanti chimici)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FITOPLANCTON	14		14		14		14		14		14	
MACROINVERTEBRATI BENTONICI				42						42		
SEDIMENTI				14						14		

Tab. 2a - Campagna di monitoraggio sulla Rete Regionale - convenzione anno 2021

Nell'anno 2021, sono state eseguite tutte le attività, fatta eccezione di quelle del mese di gennaio, in cui le condizioni meteo marine sfavorevoli non hanno reso possibili le uscite in mare in sicurezza o non sono comunque risultate idonee allo svolgimento delle corrette operazioni tecniche a bordo.

### 2.1 CAMPIONAMENTI E MISURE IN CAMPO

L'Agenzia dispone di un mezzo nautico, la motonave "Ermione", che viene utilizzata per le attività di monitoraggio in mare.

Le operazioni consistono nell'acquisizione di dati relativi a parametri chimico-fisici e nel prelievo di campioni delle diverse matrici presso ciascuna stazione della rete di monitoraggio.

I prelievi e i rilievi sul campo sono eseguite secondo le indicazioni fornite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (ICRAM-ANPA-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Servizio Difesa Mare, 2001. *Programma di Monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003). Metodologie analitiche di riferimento.*

La misura delle variabili chimico-fisiche viene effettuata sulla colonna d'acqua ad ogni mezzo metro di profondità, da 50 cm dalla superficie a 50 cm dal fondo mediante sonda multiparametrica "Idronaut mod. Ocean Seven 316 plus", equipaggiata anche di



torbidimetro e fluorimetro, per la determinazione di torbidità e clorofilla "a".  
Per la trasparenza viene utilizzato il Disco di Secchi.

I campioni di acqua per l'analisi dei nutrienti e per la ricerca dei microinquinanti chimici sono prelevati con bottiglia Niskin a 50 cm dalla superficie; un'aliquota viene destinata allo studio delle comunità fitoplanctoniche.

I campioni di acqua per le determinazioni dei nutrienti solubili sono filtrati sul posto, utilizzando filtri a membrana con porosità di 0,45 µm; i campioni "tal quale" e quelli "filtrati" sono poi trasportati in laboratorio per le successive analisi, in contenitori refrigerati a +4 °C, insieme a tutti gli altri campioni.

Il campionamento di sedimento marino per la caratterizzazione chimico-fisica, biologica, chimica e tossicologica viene effettuato mediante benna Van Veen.

Lo studio della comunità bentonica si effettua prelevando tre repliche per ogni stazione, setacciando ogni campione di sedimento mediante un setaccio con maglie di 1 mm; gli organismi separati sono immediatamente fissati in una soluzione di etanolo al 70% + glicerolo al 5% in acqua di mare e trasportati in laboratorio per la classificazione.

## 2.2 ANALISI

Tutte le attività analitiche vengono eseguite presso i laboratori del Distretto Provinciale di Pescara.

In dettaglio le analisi di tipo chimico su matrici acqua (nutrienti disciolti, N e P totali, microinquinanti chimici) e sedimento (microinquinanti chimici e analisi granulometriche) sono svolte presso il Laboratorio Chimico-Ambientale, mentre le analisi biologiche (fitoplancton e fitoplancton potenzialmente tossico, macrobenthos), tossicologiche (saggi biologici) presso il Laboratorio di Biologia e Tossicologia Ambientale.

Per la determinazione dei parametri fisici, chimici, biologici ed ecotossicologici sono utilizzate appropriate metodologie analitiche di riferimento, quali quelle fornite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (ICRAM-ANPA-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Servizio Difesa Mare, 2001. *Programma di Monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003). Metodologie analitiche di riferimento* e altri metodi normati nazionali e/o internazionali.

## 2.3 GESTIONE DEI DATI

I risultati analitici, validati dai Laboratori per la parte di rispettiva competenza, confluiscono nella Banca dati dell'Agenzia attraverso un programma informatico denominato "LIMS". Nell'applicativo LIMS vengono inserite tutte le informazioni



relative ad ogni singolo campione, dall'anagrafica ai risultati analitici, ai dati dei rilievi fatti direttamente sul campo.

L'elaborazione statistica e grafica dei dati raccolti viene realizzata con l'ausilio dei programmi del pacchetto Office e Systat.

### 3. PARAMETRI INDAGATI

#### COLONNA D'ACQUA

*Temperatura:* parametro fisico di grande importanza per le acque del Mar Adriatico, presenta marcate fluttuazioni stagionali a causa della bassa profondità media, della latitudine e dell'afflusso di acque fluviali determinando non solo una modificazione delle caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua stessa, ma influenzando in maniera sostanziale la vita degli organismi acquatici.

*Trasparenza:* esprime la capacità di penetrazione della luce e quindi l'estensione della "zona eufotica". E' influenzata da molteplici fattori quali: presenza di materiali e detriti organici ed inorganici in sospensione, incrementi di biomassa fito e zoo planctonica, apporti fluviali veicolanti, risospensione del particolato fine del sedimento generato dal moto ondoso. Il suo valore viene utilizzato per l'elaborazione dell'indice TRBIX.

*Ossigeno disciolto:* è presente in forma disciolta in equilibrio con l'O<sub>2</sub> atmosferico, caratterizzato da andamenti regolari, sia stagionali (mantenendosi costante in inverno e aumentando in primavera), sia giornalieri (aumentando di giorno e decrescendo di notte). Il valore dell'O<sub>2</sub> disciolto è in relazione inversa con temperatura e salinità, in stretta correlazione con fattori quali pressione atmosferica, ventilazione e rimescolamenti lungo la colonna d'acqua, pH e processi di attività fotosintetica, respirazione di piante e animali acquatici e mineralizzazione della sostanza organica.

*Salinità:* importante indicatore ecologico che influenza la capacità di osmoregolazione degli individui e conseguentemente gli habitat. Le variazioni di salinità dipendono soprattutto dagli apporti di acque dolci in superficie provenienti principalmente dall'Adriatico settentrionale e dall'ingresso di correnti di fondo di acque più salate dal bacino meridionale. Essa viene espressa in PSU (Practical Salinity Unit).

*pH:* La misura del pH interpretata come l'intensità del carattere acido o basico di una soluzione ad una data temperatura, può essere ricondotta all'interazione di svariati processi interconnessi di reazioni di ossidoriduzione e scambio ionico derivanti dall'attività fotosintetica e dai processi di decomposizione del materiale organico.



Le acque di mare rappresentano un forte sistema tampone rappresentato dall'equilibrio dello ione bicarbonato tra le due forme bicarbonato di calcio (solubile) e carbonato di calcio (insolubile) e generalmente mostrano una notevole stabilità nei valori di pH.

Quelli compresi tra 6 e 9 sono ottimali per la vita degli organismi acquatici, mentre valori < 6 e > 9 indicano, invece, presenza di sostanze inquinanti che possono avere effetti letali sulla flora e sulla fauna.

*Sali nutritivi*: si identificano con questo termine i composti dell'azoto e del fosforo in forma disciolta: nitrati, nitriti, sali d'ammonio e fosfati. Tra essi viene compreso anche il silicio in quanto entra nella composizione dei frustuli di Diatomee, gusci e di spicole di Silicoflagellati e Radiolari. Sono sostanze chimiche che favoriscono la crescita delle microalghe e delle fanerogame marine. Costituiscono un fattore critico o limitante poiché la loro concentrazione in mare è scarsa. A volte, in determinate condizioni soprattutto nella fascia costiera e in bacini semichiusi, si può avere un eccesso di queste sostanze che può dar luogo al fenomeno dell'eutrofizzazione.

La concentrazione dei nutrienti non è omogenea né in senso verticale, né orizzontale, né temporale. Nella distribuzione verticale, si può notare che negli strati superficiali, eufotici, essi vengono assimilati dagli organismi fotosintetici nei vari processi metabolici con formazione di materia organica, mentre negli strati profondi hanno luogo i processi rigenerativi con decomposizione di materia organica di provenienza diversa. Il gradiente orizzontale è dovuto principalmente all'apporto costante di nutrienti da parte dei fiumi, che convogliano al mare acque raccolte dai bacini imbriferi a monte; in relazione a tale gradiente esistono differenze notevoli tra il livello trofico della zona costiera e quello delle acque al largo. Per quanto riguarda l'andamento temporale, in particolare per azoto e fosforo, esso dipende principalmente dai seguenti fattori: la portata dei fiumi legata alle condizioni meteorologiche, l'andamento stagionale del fitoplancton e i processi rigenerativi a livello del sedimento.

*Clorofilla "a"*: è qualitativamente e quantitativamente il pigmento più importante nel processo della fotosintesi clorofilliana, sia in ambiente terrestre che in quello marino in quanto responsabile della trasformazione dell'energia luminosa in energia chimica.

La valutazione della sua concentrazione, strettamente legata all'indice della biomassa fitoplanctonica, svolge dunque in ruolo fondamentale per la produzione primaria negli ecosistemi marini. Come è stato osservato per i nutrienti, anche la clorofilla è soggetta ad una variabilità spazio-temporale influenzata da più fattori quali apporto di nutrienti, temperatura, intensità luminosa.

*Indice trofico TRIX* : è un indice che permette di dare un criterio di caratterizzazione oggettivo delle acque, unendo elementi di giudizio qualitativi e quantitativi, stabilendo differenti classi di trofia. Il valore del TRIX viene calcolato, infatti, sulla base della



concentrazione di fattori nutrizionali (azoto inorganico disciolto -DIN e fosforo totale) e di quelli legati alla produttività (clorofilla *a* ed ossigeno disciolto) secondo la formula:

$$\text{Indice trofico TRIX} = \frac{[\log (\text{Chl } a * \text{OD}\% * \text{N} * \text{P}) - (-1.5)]}{1.2}$$

dove:

Chl *a* = clorofilla (µg/l);

OD% = Ossigeno disciolto in % come deviazione in valore assoluto dalla saturazione;

N = N-(NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub> + NH<sub>3</sub>) Azoto minerale solubile (DIN) (µg/l);

P = Fosforo totale (µg/l).

Ne risultano 4 livelli di trofia in un range compreso tra 2 (oligotrofia) e 8 (eutrofia):

INDICE DI TROFIA	STATO TROFICO	COLORE
2-4	Elevato	
4-5	Buono	
5-6	Mediocre	
6-8	Scadente	

Tab. 3 - Classificazione trofica delle acque marine costiere (D.Lgs 152/06 e s.m.i.)

L'attribuzione dello stato trofico corrisponde alla seguente tabella:

	DESCRIZIONE
ELEVATO	Buona trasparenza delle acque Assenza di anomale colorazioni delle acque Assenza di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque bentiche
BUONO	Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
MEDIOCRE	Scarsa la trasparenza delle acque Anomale colorazioni delle acque Ipossie e occasionali anossie delle acque bentiche Stati di sofferenza a livello di ecosistema bentonico



SCADENTE	Elevata torbidità delle acque Diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque Diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche Morie di organismi bentonici Alterazione/semplificazione delle comunità bentoniche Danni economici nei settori del turismo, pesca e acquacoltura
----------	---

*Indice di torbidità TRBIX*: la trasparenza delle acque (profondità di scomparsa del Disco Secchi) rappresenta un importante parametro di qualità, che però non può essere incorporato in un indice trofico seguendo la stessa procedura utilizzata per gli altri indicatori di livello trofico.

La trasparenza infatti è il risultato di almeno tre funzioni-componenti che determinano l'assorbimento della luce e la sua dispersione (scattering):

- a) l'acqua e le sostanze in essa disciolte;
- b) la biomassa fitoplanctonica;
- c) la torbidità minerale.

Eccetto che in particolari situazioni, l'effetto (a) non contribuisce essenzialmente alla variabilità della trasparenza in acqua di mare.

Se l'assorbimento della luce e la dispersione sono dovute esclusivamente alla biomassa nella colonna d'acqua (b), esiste una relazione quantificabile tra la misura della trasparenza effettuata con il Disco Secchi e la massima quantità di biomassa fitoplanctonica che può essere presente.

In presenza di torbidità minerale (c), le concentrazioni effettive di fitoplancton rimangono invece sotto il loro livello potenziale di saturazione.

La relazione empirica tra la trasparenza e la clorofilla, in condizioni approssimate di saturazione ottica è stata calcolata con la seguente formula:

$$TRSP(p) = 30/Ch^{(0.7)}$$

(OECD-Vollenweider-Kerekes, 1982)

Da questa relazione si può definire un rapporto "Torbidità/Clorofilla", inteso come rapporto tra trasparenza potenziale (p) e trasparenza reale (a), quella effettivamente misurata:

$$TRBR = TRSP(p)/TRSP(a)$$

Su queste basi è stato formulato l'indice di torbidità, calcolato come il logaritmo con base 2 di TRBR,

$$TRBIX = \log_2 (TRBR)$$

I valori ottenibili dal calcolo del TRBIX ed i relativi giudizi sono schematizzati come segue:



- TRBIX =0 le acque sono otticamente saturate dalla biomassa in termini di clorofilla;  
TRBIX =1 l'effetto della clorofilla sarà uguale a quello delle altre forme di torbidità;  
TRBIX =2 la clorofilla contribuirà con circa 1/4;  
TRBIX =3 la clorofilla contribuisce per circa 1/8;  
TRBIX =4 la clorofilla contribuisce per circa 1/16 ecc.

## INQUINANTI CHIMICI

### *Solventi clorurati*

I solventi clorurati sono composti chimici derivati da idrocarburi a cui sono stati aggiunti atomi di cloro. I più noti sono il cloroformio, il tricloroetilene, il percloroetilene, il tetracloruro di carbonio, il tricloroetano. Si tratta di sostanze dotate di un ottimo potere solvente, propellente, refrigerante e di scarsa infiammabilità. Per le loro caratteristiche trovano largo impiego nell'industria chimica, tessile, della gomma, delle materie plastiche, nella formulazione degli estinguenti presenti negli estintori, nei liquidi refrigeranti, nelle vernici, nelle operazioni di sgrassaggio e pulitura di metalli, nei cicli produttivi di produzione di catrami e bitumi, nelle operazioni di smacchiatura a secco di indumenti, nel trattamento di pelli, tessuti etc. Per quanto concerne gli effetti tossicologici si può affermare che, benché questi cambino in funzione del tipo di sostanza, tutti i solventi clorurati, hanno proprietà narcotiche e neurotossiche, e quasi tutti possiedono tossicità epatica, renale ed emopoietica. Il largo utilizzo fatto negli ultimi decenni e gli smaltimenti scorretti hanno causato una notevole diffusione ambientale di questi composti sia nelle acque superficiali sia in quelle sotterranee.

### *Solventi aromatici*

I solventi aromatici sono i composti a minor peso molecolare e maggiormente volatili appartenenti alla classe degli idrocarburi aromatici. I composti più rappresentativi sono: benzene, toluene, etilbenzene, xilene, propilbenzene, stirene. L'inquinamento da solventi organici aromatici deriva dal loro impiego in campo industriale e dall'uso di prodotti petroliferi (in particolare benzine). La loro diffusione nell'ecosistema acquatico è legata a perdite che si possono verificare durante le fasi di trasporto e stoccaggio di prodotti derivati dal petrolio. Tali composti rivestono grande importanza nel panorama della chimica delle acque perché ad essi è associata una notevole tossicità per l'ambiente e per gli esseri viventi. La sua pericolosità è dovuta principalmente agli effetti cancerogeni riconosciuti per l'uomo, conseguenti ad un'esposizione cronica.

### *Metalli pesanti*

I metalli pesanti sono componenti naturali delle acque e dei sedimenti e sono considerati inquinanti se il loro livello eccede quello naturale e in particolare i metalli pesanti sono



quelli maggiormente tossici; i più rappresentativi per il rischio ambientale sono: Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) e Piombo (Pb). La forma cationi di questi metalli presenta alta affinità per lo zolfo degli enzimi presenti in alcune reazioni metaboliche fondamentali nel corpo umano: il complesso metallo-zolfo inibisce il normale funzionamento dell'enzima con conseguente danno per la salute dell'uomo. Il mercurio presenta il fenomeno della biomagnificazione, cioè la sua concentrazione aumenta progressivamente attraverso gli anelli della catena trofica.

#### *Composti organo clorurati*

I composti organo stannici sono composti caratterizzati dal legame del cloro con un atomo di carbonio e tra i loro derivati, il più noto è il DDT o [1,1,1-tricloro-2,2-di-(4-clorofenil)etano]. Sono ampiamente usati come pesticidi, erbicidi e fungicidi. Questi composti risultano fortemente tossici per l'uomo e per altri animali, inoltre non sono biodegradabili e una volta liberati nell'ambiente permangono in maniera definitiva nell'acqua, negli animali, nelle piante, nei sedimenti. La loro presenza indica una contaminazione di tipo "agricolo" operata soprattutto da fiumi che drenano vaste aree di territorio. Sono stati rilevati nei tessuti dei mitili di molte località costiere, sia dell'Adriatico che del Tirreno, seppure con concentrazioni molto basse. I pesticidi clorurati rientrano tra gli inquinanti organici persistenti (POP) riconosciuti a livello internazionale.

#### *Policlorobifenili (PCB)*

L'acronimo PCB indica un gruppo di sostanze chimiche industriali organoclorurate (difenili policlorurati). I PCB sono insolubili in acqua e solubili in mezzi idrofobi, chimicamente inerti e difficili da bruciare, possono persistere nell'ambiente per lunghissimi periodi ed essere trasportati anche per lunghe distanze. Tendono ad accumularsi nel suolo e nei sedimenti, si accumulano nella catena alimentare e possono dar luogo al fenomeno della biomagnificazione, raggiungendo pertanto concentrazioni potenzialmente rilevanti sul piano tossicologico. Proprio per le loro caratteristiche di stabilità e bassa biodegradabilità, i PCB sono inquinanti ambientali pressoché ubiquitari. I PCB rientrano tra gli inquinanti organici persistenti (POP) riconosciuti a livello internazionale.

#### *Diossine e Furani*

Con il termine generico di "diossine" si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, ossia formati da carbonio, idrogeno, ossigeno e cloro, divisi in due famiglie: dibenzo-p-diossine (PCDD o propriamente "diossine") e dibenzo-p-furani (PCDF o "furani"). Si tratta di idrocarburi aromatici clorurati, per lo più di origine antropica, particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente, tossici per l'uomo, gli animali e l'ambiente stesso; le diossine e i furani costituiscono infatti due delle dodici classi di inquinanti organici, persistenti, riconosciute a livello internazionale dall'UNEP.



Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani: di questi però solo 17, di cui 7 PCDD e 10 PCDF, destano particolare preoccupazione dal punto di vista tossicologico.

#### *Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)*

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono una gruppo di idrocarburi che contengono anelli benzenici condensati e si formano in seguito alla combustione incompleta di materiali organici contenenti carbonio: sono composti cancerogeni.

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti: traffico auto veicolare, dal "catrame", dal fumo delle sigarette, dalla superficie di alimenti affumicati, dal fumo esalato dalla combustione del legno o del carbone; quelli che inquinano l'ambiente acquatico sono riconducibili alla fuoriuscita di petrolio dalle petroliere, dalle raffinerie e dai punti di trivellazione del petrolio in mare aperto.

#### *Composti organostannici (TBT)*

I TBT sono composti organici a base di stagno largamente impiegati come agenti "antivegetativi" (antiincrostazione) alle vernici usate per le banchine, per lo scafo delle imbarcazioni, per le reti da pesca. Parte del composto del tributil stagno si libera nelle acque, di conseguenza tale composto penetra nella catena alimentare attraverso i microrganismi che vivono in prossimità della superficie. A causa della loro tossicità, persistenza e capacità di bioaccumulo si ritrovano anche in aree lontane dalla fonte originaria di emissione e concorrono a generare notevoli danni all'ecosistema marino.

#### *Carbonio organico totale*

Il carbonio Organico Totale è un indice della concentrazione totale delle sostanze organiche: quella disciolta (DOM) e quella particellata (POM).

#### *Analisi granulometrica*

La granulometria è la proprietà fisica che identifica le caratteristiche dimensionali delle particelle che compongono i sedimenti marini; si determina la percentuale in peso della sabbia (particelle con diametro superiore ai 0,063 mm ma inferiore ai 2 mm) e delle peliti o fanghi (particelle con diametro inferiore ai 0,063 mm).

- ghiaia (superiore ai 2 mm di diametro);
- sabbia molto grossolana (compresa tra 2 e 1 mm);
- sabbia grossolana (compresa tra 1 e 0,5 mm);
- sabbia media (compresa tra 0,5 e 0,25 mm);
- sabbia fine (compresa tra 0,25 e 0,125 mm);
- sabbia molto fine (compresa tra 0,125 e 0,063 mm).

La composizione granulometrica è un parametro che influisce sulla capacità di accumulo delle sostanze inquinanti da parte del sedimento (sedimenti con una abbondante frazione



pelitica hanno la tendenza ad accumulare maggiori quantità di sostanze chimiche), ma anche sulle caratteristiche delle comunità bentoniche di fondo mobile.

## FITOPLANCTON

Negli ecosistemi acquatici il fitoplancton ricopre un ruolo fondamentale, rappresentando il primo anello della catena trofica.

E' costituito da organismi vegetali, in genere microscopici, essenzialmente unicellulari, di dimensioni comprese tra 0,2 e 500  $\mu\text{m}$  di diametro ed è il maggior responsabile dei processi fotosintetici e della produzione della sostanza organica necessaria allo zooplancton. Comprende numerosissime specie che si differenziano per dimensione, morfologia ed ecologia. La componente più rappresentativa del fitoplancton di mare, sia come numero di individui che come numero di specie, è generalmente costituita da Diatomee; ad esse si associano, con importanza variabile secondo la stagione e le condizioni idrologiche, altri gruppi algali, Dinophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae; altre classi che possono essere presenti, ma in minor parte, sono Prasinophyceae e Rafidophyceae.

La densità fitoplanctonica presenta variazioni stagionali strettamente correlate alla quantità di radiazione solare, alla disponibilità di macronutrienti (principalmente azoto e fosforo) e alla efficienza degli organismi che si cibano di alghe planctoniche. La distribuzione verticale è influenzata dalla percentuale di penetrazione della radiazione solare incidente e dalla sua progressiva estinzione, a loro volta dipendenti dalla presenza di torbidità minerale, di sostanze umiche e degli stessi organismi planctonici.

## MACROINVERTEBRATI BENTONICI

Con il termine benthos (dal greco βένθος "fondo del mare, abisso") ci si riferisce ad organismi acquatici sia animali (zoobenthos) che vegetali (fitobenthos) che hanno uno stretto contatto con il fondale marino.

Le indagini condotte riguardano lo studio delle comunità macrozoobentoniche (quindi di individui con dimensioni  $> 1 \text{ mm}$ ) di fondi mobili, cioè di sedimenti non consolidati e quindi costituiti da sabbia e/o fango.

Queste comunità, permanendo per lungo tempo in una certa area sono esposte in maniera continua, tanto ai fattori che ne supportano lo sviluppo come nutrienti, radiazione solare, ecc., quanto ai fattori che possono determinare una loro alterazione (inquinanti, variazioni fisico-chimiche delle acque, ecc.).

Lo studio delle comunità viene effettuato inizialmente attraverso la valutazione della lista delle specie presenti ed in seguito attraverso la determinazione delle abbondanze relative per ogni singola specie rilevata.



La struttura delle comunità bentoniche si ottiene invece attraverso il calcolo di indici di diversità utilizzati per individuare eventuali fenomeni di perturbazione dell'area studiata ovvero fenomeni che possono aver agito in un intervallo di tempo e di spazio molto ampio.

In tal senso il D.M. 260/2010 ha introdotto l'Indice M-AMBI, che utilizza l'analisi statistica multivariata per riassumere la complessità delle comunità di fondo mobile, permettendo così una lettura ecologica dell'ecosistema in esame.

## SAGGI TOSSICOLOGICI

Permettono di rilevare effetti tossici sulle comunità biologiche. In tali saggi possono essere utilizzate diverse specie-test, differenti per trofia, sensibilità specifica, rilevanza ecologica (batteri, alghe, molluschi bivalvi, policheti, echinodermi). Sono uno strumento essenziale da utilizzare in maniera complementare e parallela alla determinazione della concentrazione di inquinanti chimici, al fine di valutare la qualità dei sedimenti marini.



## 4. ANALISI DEI RISULTATI

### 4.1 COLONNA D'ACQUA

#### TEMPERATURA

La temperatura delle acque superficiali mostra il caratteristico andamento sinusoidale stagionale, con valori minimi raggiunti nei mesi invernali, fino a raggiungere i massimi nel periodo estivo e a decrescere nuovamente in autunno. Si rileva un minimo di temperatura (8,6 °C) registrato nelle stazioni AL13, PI16 e PE04 nel mese di febbraio ed un massimo (27,8 °C) nella stazione GU01 nel mese di luglio.

Gli andamenti dei valori mensili di temperatura sono riportati nelle figure sottostanti (Figg. 4-6).

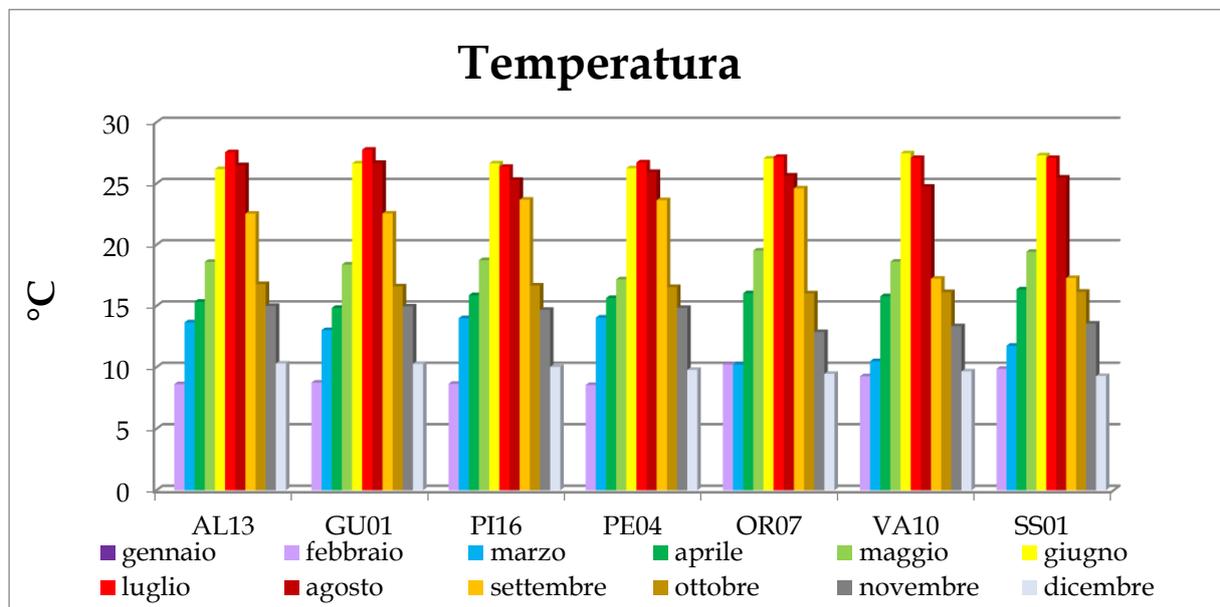


Fig. 4 - Andamento della temperatura delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.

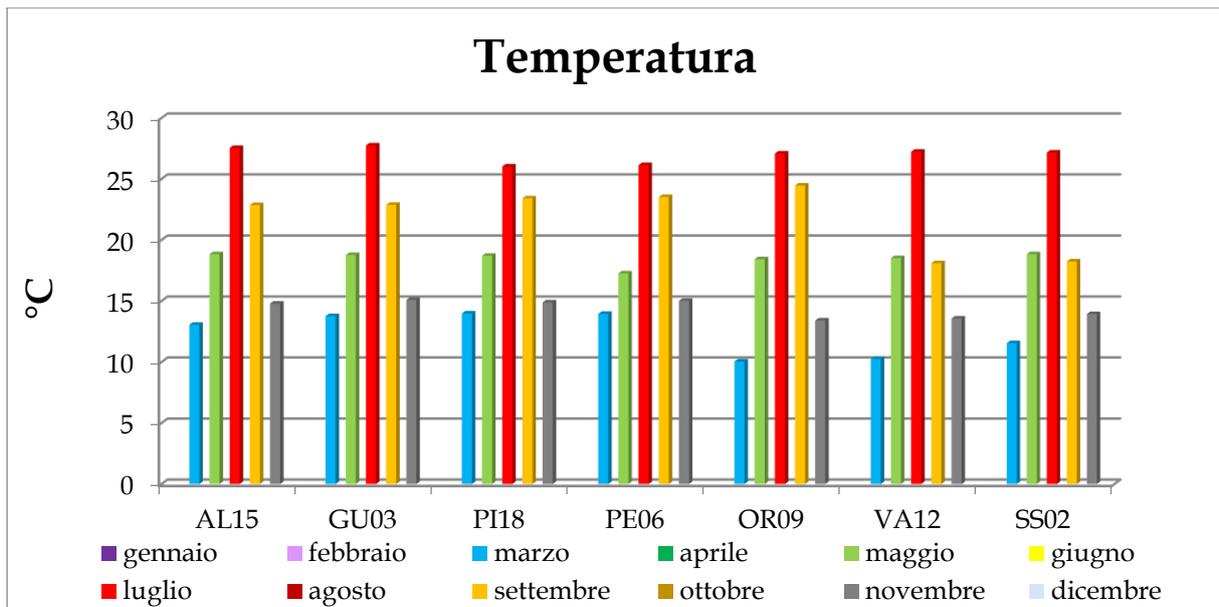


Fig. 5 - Andamento della temperatura delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.

Le rappresentazioni grafiche confermano tali andamenti stagionali ed evidenziano una sostanziale omogeneità per i corpi idrici centro-settentrionali e meridionali.

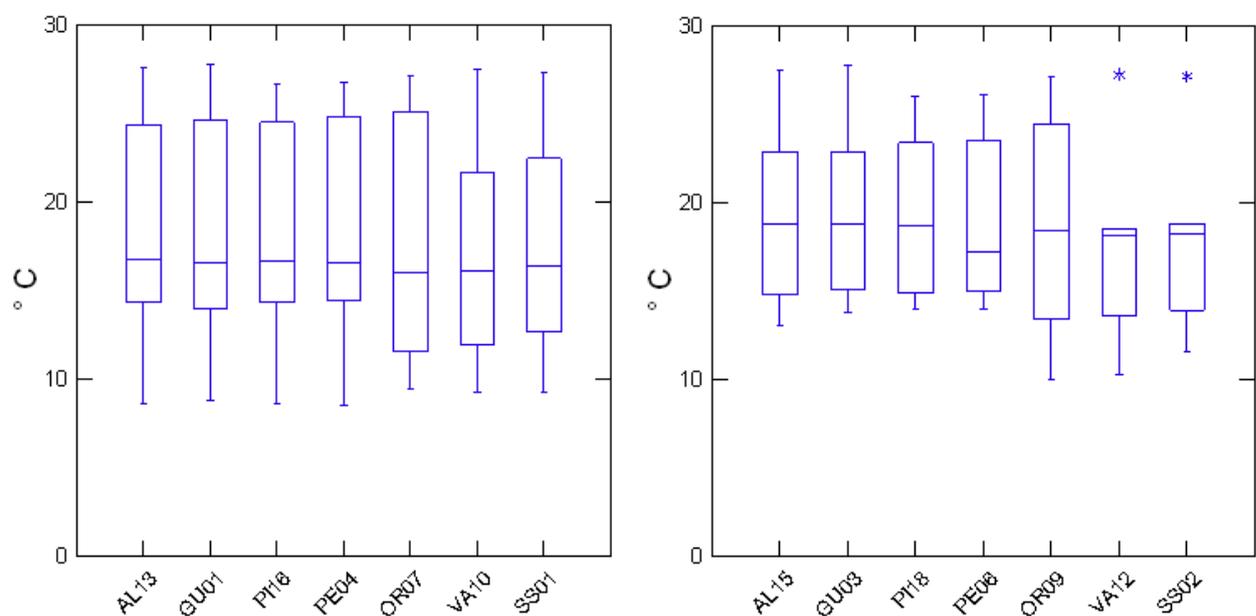


Fig. 6 - Diagrammi Box Plot delle temperature rilevate per stazione.



## SALINITA'

Le oscillazioni stagionali di salinità sono riconducibili a eventi naturali quali precipitazioni, apporto di acque dolci continentali, evaporazione e a fenomeni idrodinamici peculiari, tali da essere in grado di esercitare un'azione di rimescolamento o stratificazione delle masse d'acqua. I valori di salinità rilevati presentano un'escursione compresa tra un minimo di 22,7 psu, riscontrato nella stazione GU01 nel mese di marzo, ed un massimo di 38,7 psu misurato nelle stazioni SS01 a luglio. Nelle figg. 7 e 8 si riportano gli andamenti mensili della salinità registrati per ciascuna stazione di monitoraggio, dalle quali si denota come i valori più elevati si riscontrano nel periodo estivo.

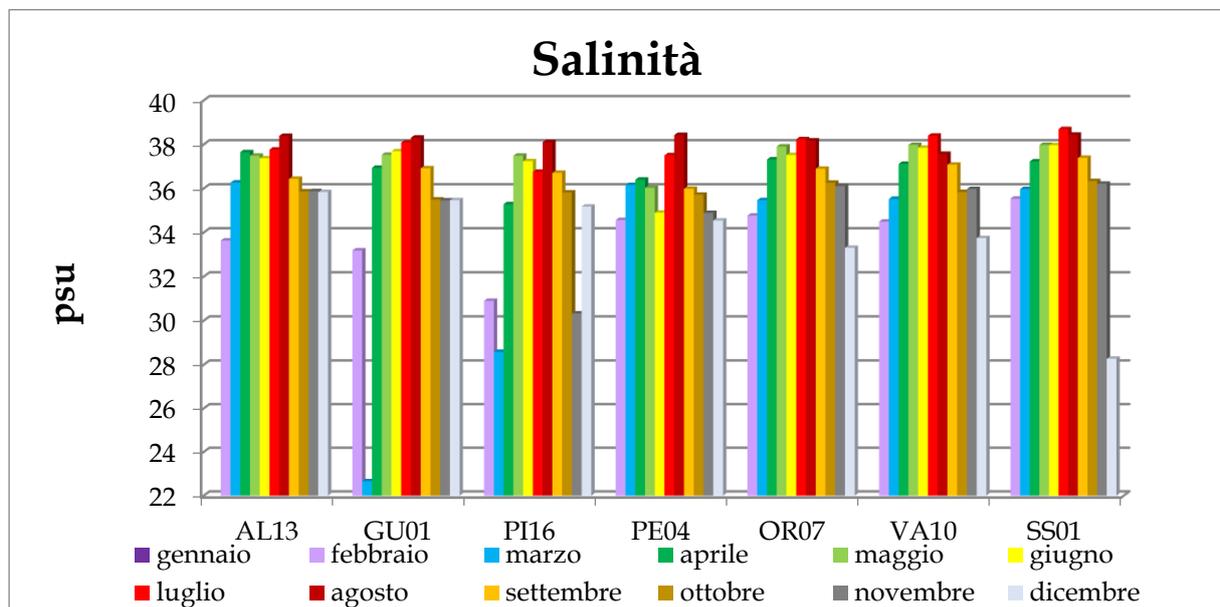


Fig. 7 - Andamento della salinità delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.



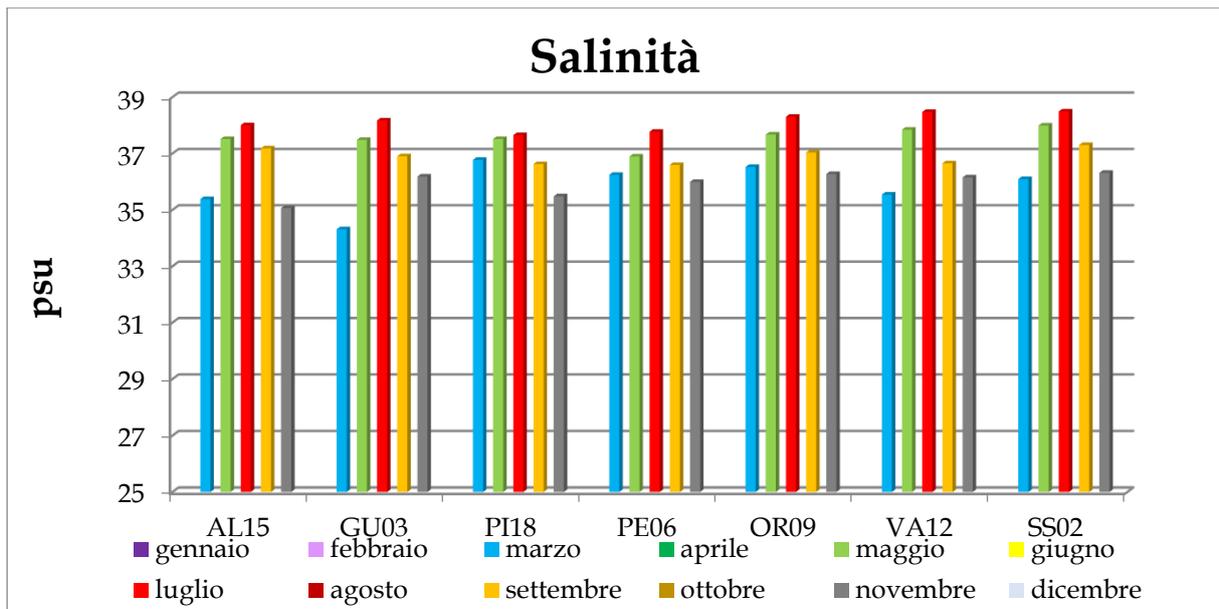


Fig. 8 - Andamento della salinità delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.

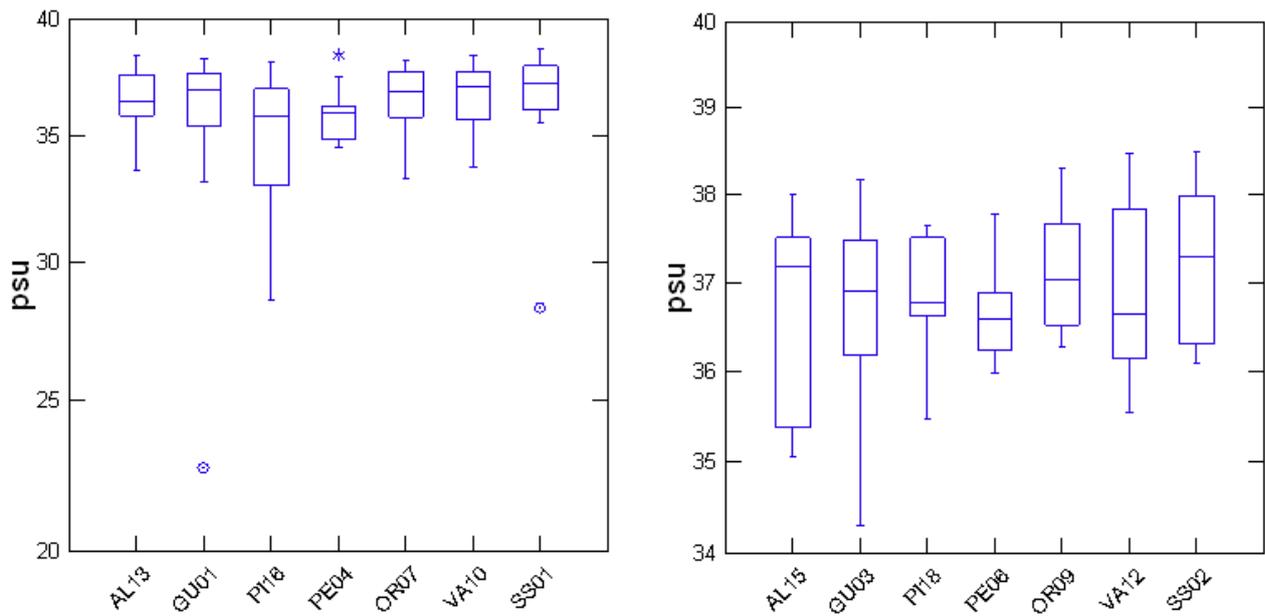


Fig. 9 - Diagrammi Box Plot della salinità rilevata per stazione.



## CONCENTRAZIONE IDROGENIONICA

Il valore del pH mostra una ristretta variabilità. Esso ha valori medi misurati in superficie che si attestano attorno alle 8,1 unità pH. Il valore massimo stagionale riscontrato è stato di 8,4 nella stazione AL13 nel mese di febbraio ed il minimo di 7,7 nelle stazioni AL15 a marzo e OR09 a luglio. (Figg. 10-12)

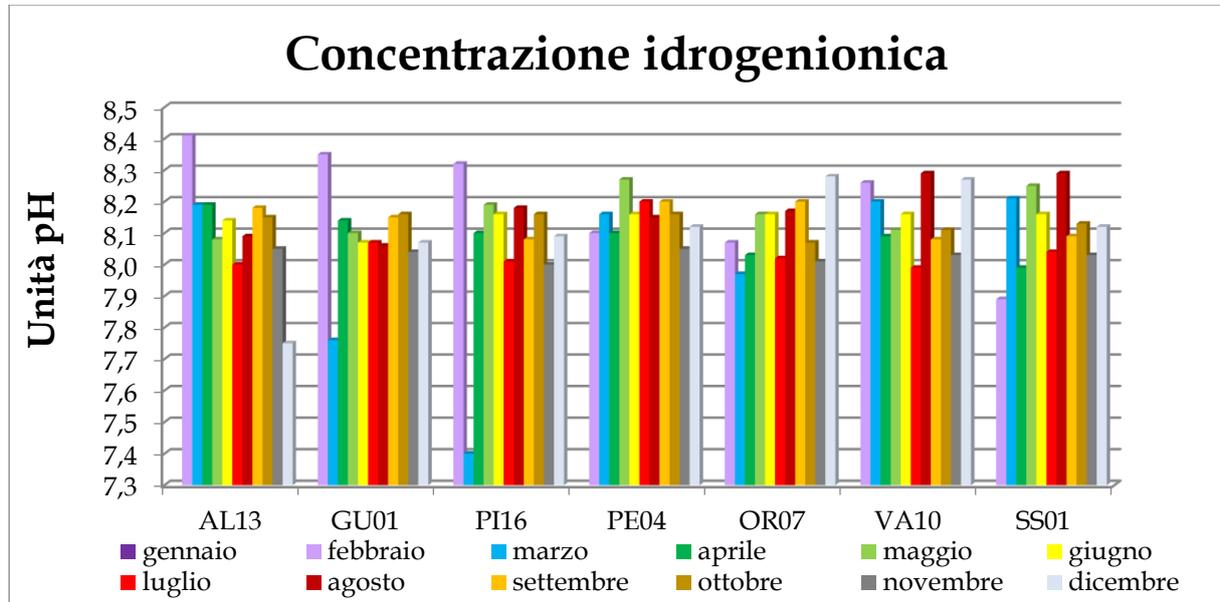


Fig. 10 - Andamento del pH delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.

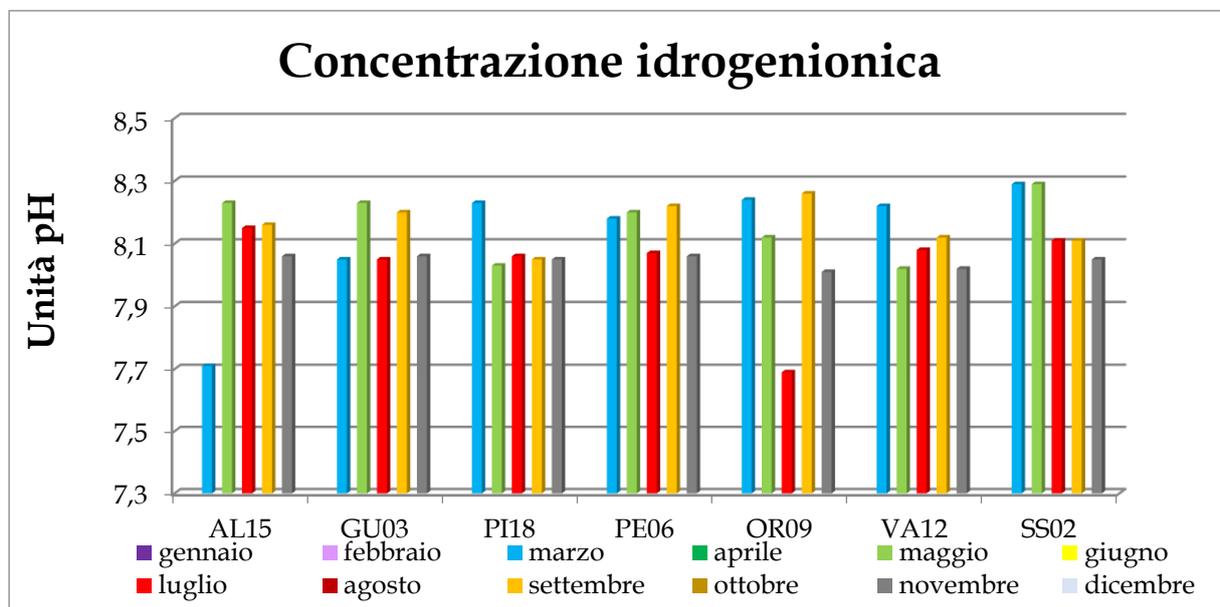


Fig. 11 - Andamento del pH delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.

In figura 12, si riportano i diagrammi Box Plot dell'andamento annuale dei valori di pH misurati in superficie in ciascuna stazione di monitoraggio.



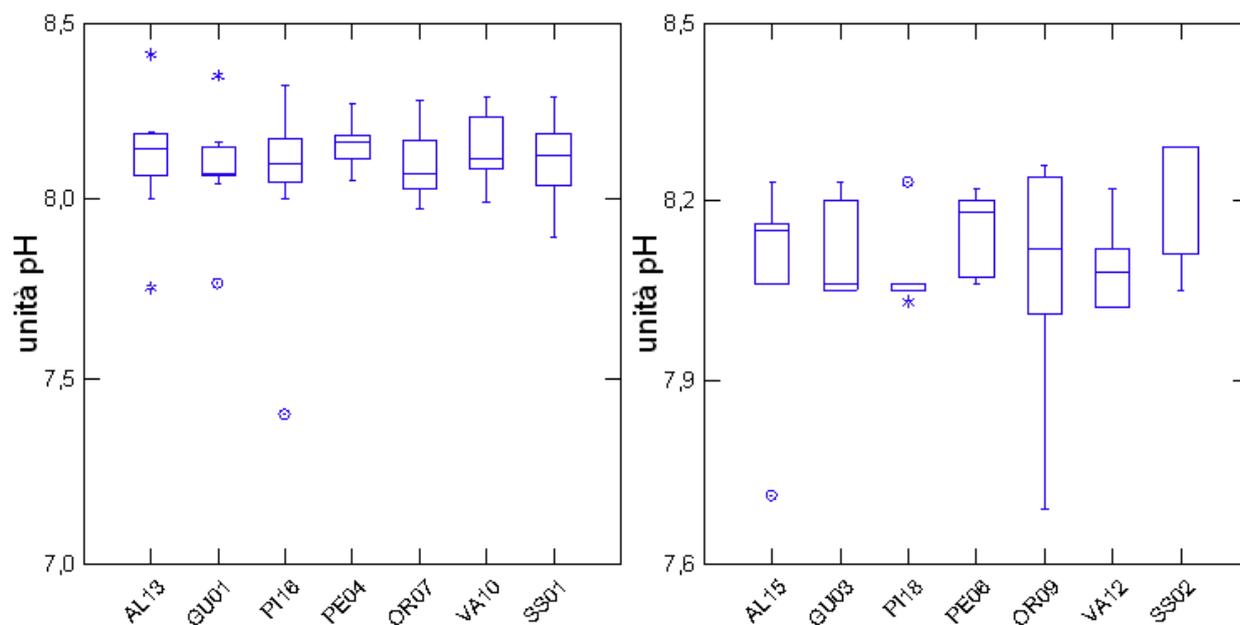


Fig. 12 - Diagrammi Box Plot del pH rilevato per stazione.

### OSSIGENO DISCIOLTO

Negli ecosistemi marini un indicatore fondamentale dello stato trofico è l'ossigeno disciolto poiché la variazione della sua concentrazione è direttamente correlata alla biomassa autotrofa presente che è responsabile dei processi fotosintetici.

Il valore medio di saturazione riscontrato in superficie è stato di 96,4 %, con un minimo di 82,5 % misurato nella stazione AL13 a dicembre ed un massimo di 115 % rilevato nelle stazioni PE04 nel mese di luglio e SS01 a novembre.

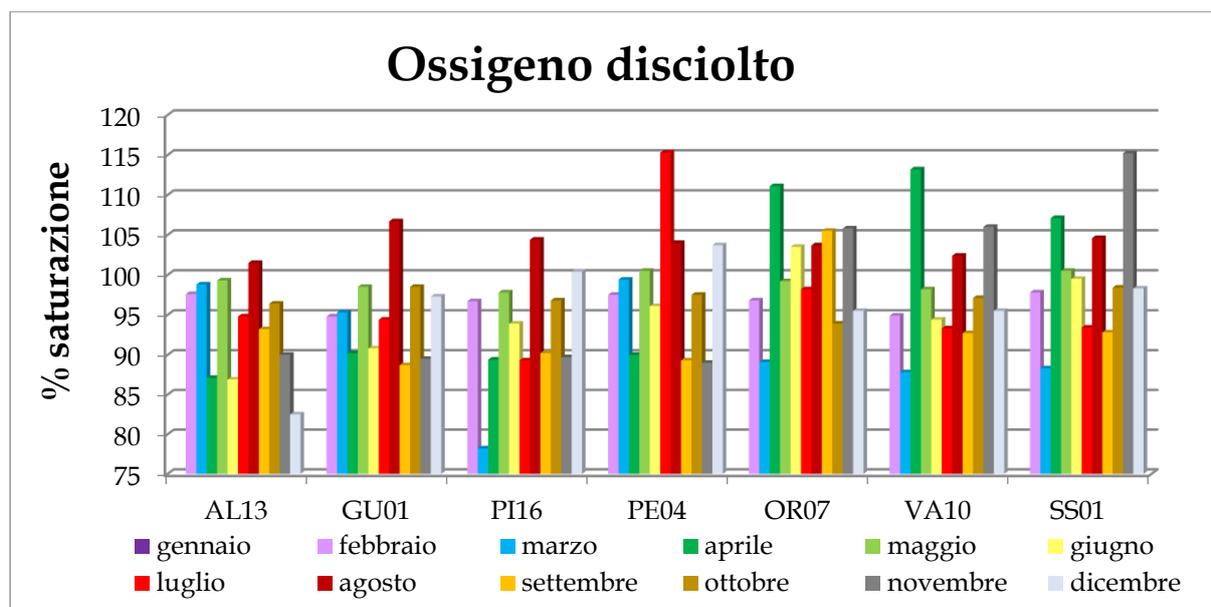


Fig. 13 - Ossigeno disciolto delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.



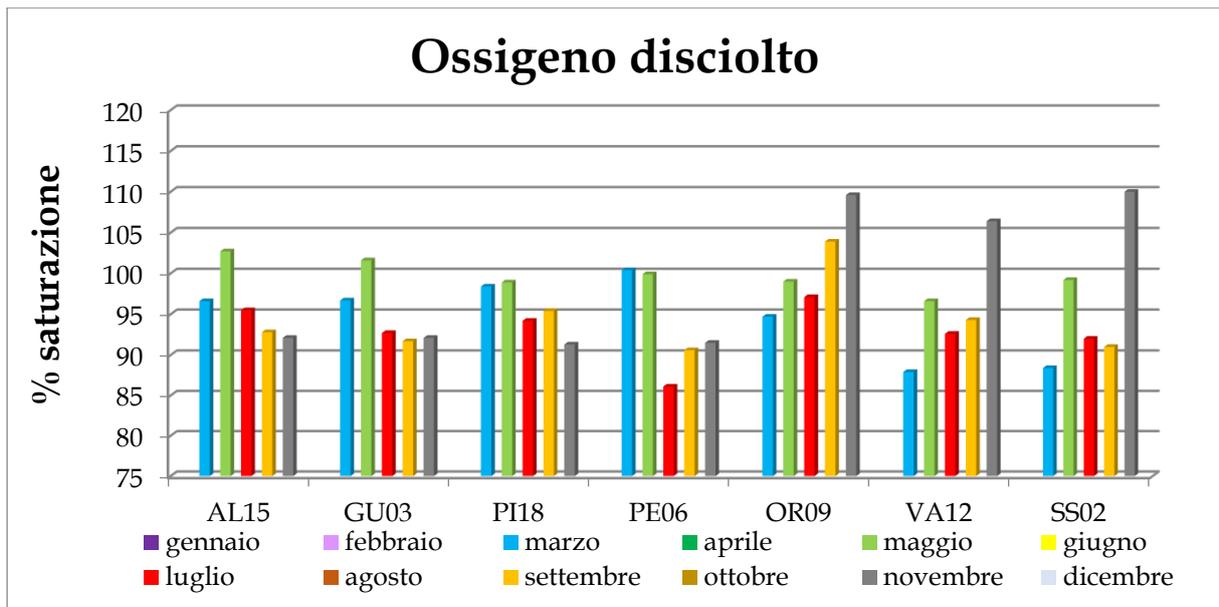


Fig. 14 - Ossigeno disciolto delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.

Nelle figg. 13-15 è rappresentato l'andamento annuale dell'ossigeno disciolto per ciascuna stazione di monitoraggio. Sia nel periodo estivo, che in quello autunnale, non sono stati rilevati fenomeni ipossici/anossici in prossimità del fondo.

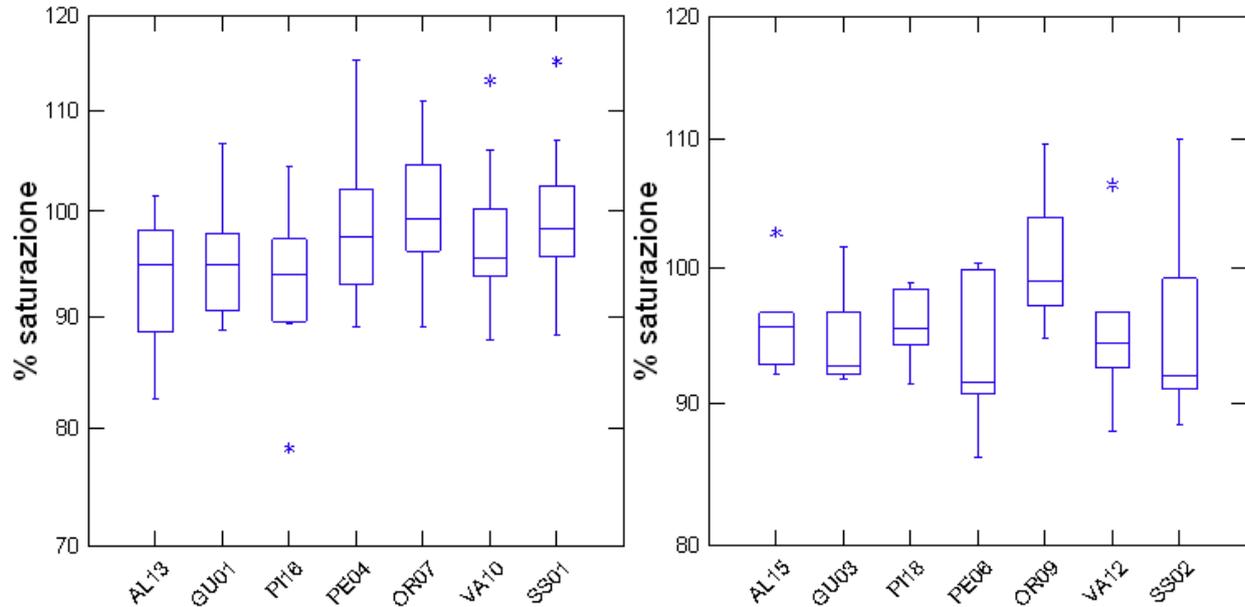


Fig. 15 - Diagrammi Box Plot dell'ossigeno disciolto rilevato per stazione.



## CLOROFILLA "a"

La concentrazione media annua di clorofilla "a" misurata in superficie tramite fluorimetro associato alla sonda multiparametrica è stata di 0,34 µg/L. I valori minimi misurati sono stati rilevati nei mesi estivi, mentre i più elevati nel periodo di ottobre-dicembre. (Figg. 16-18). Fa eccezione il valore registrato nel mese di luglio nella stazione PE04, in cui si è registrato un picco di clorofilla pari a 4,7.

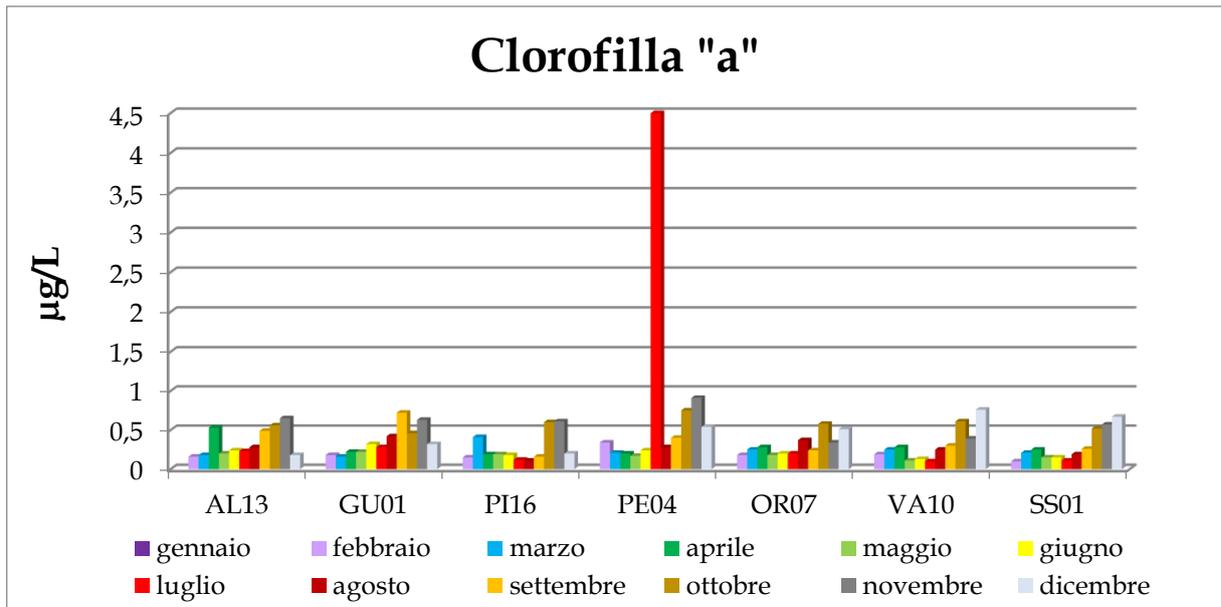


Fig. 16 - Clorofilla "a" delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.

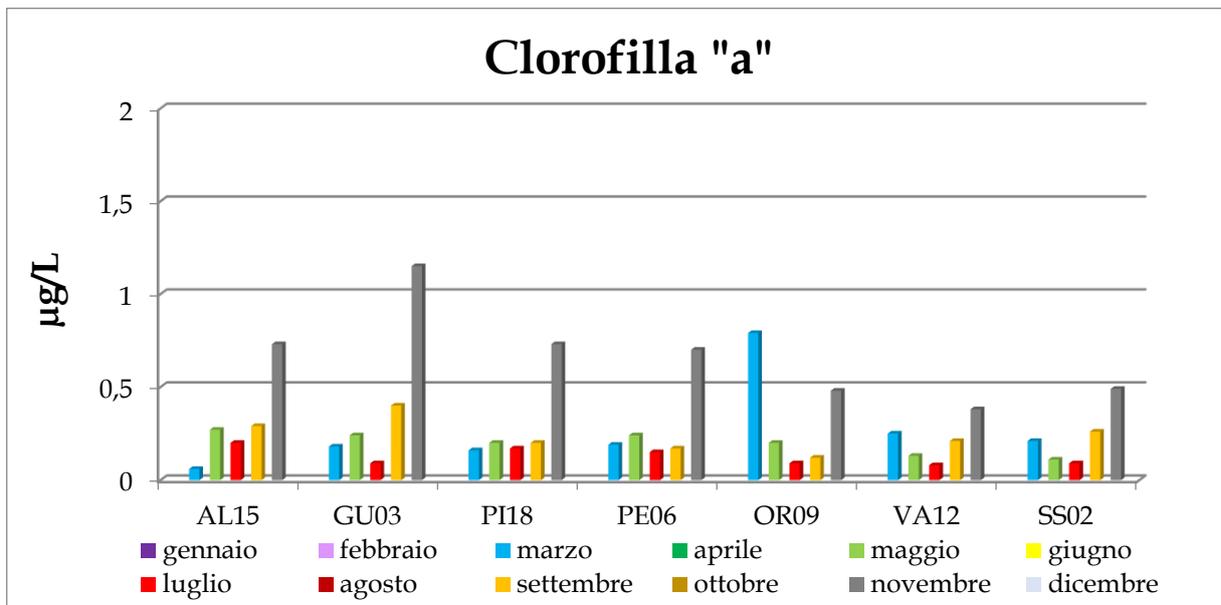


Fig. 17 - Clorofilla "a" delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.



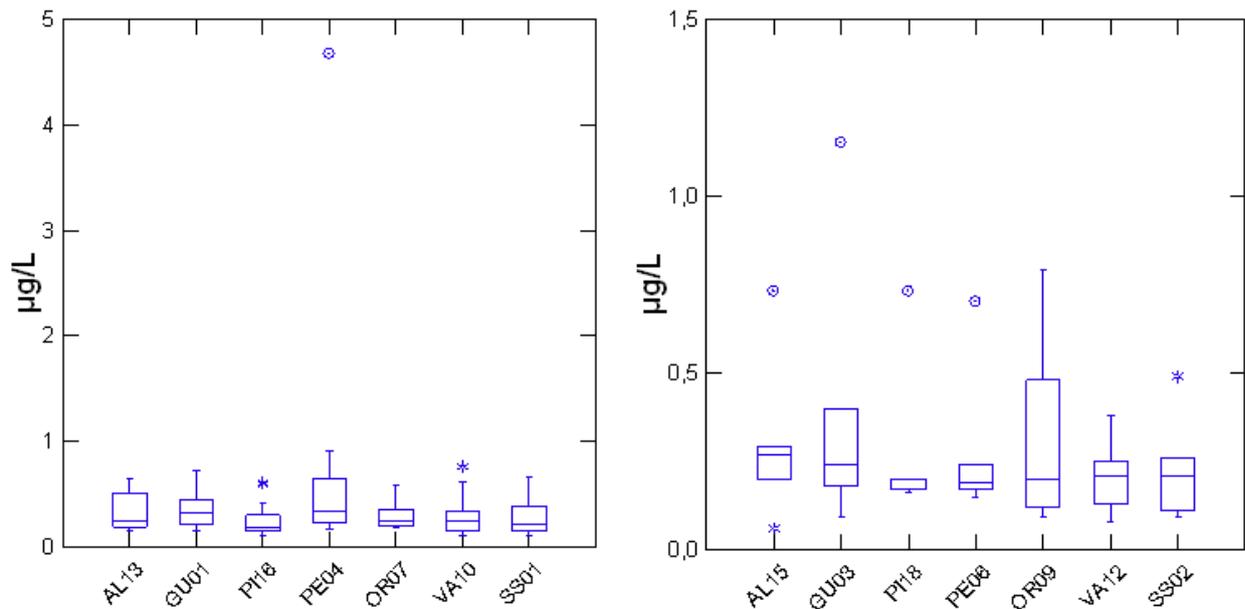


Fig. 18 - Diagrammi Box Plot della clorofilla "a" rilevata per stazione.

### TRASPARENZA

La trasparenza delle acque varia in base a numerosi fattori, tra i quali, il trasporto solido dovuto agli apporti di acque continentali, il moto ondoso e la presenza di fioriture algali in colonna d'acqua. La trasparenza misurata mostra valori compresi tra un minimo di 0,5 m (rilevato nelle stazioni SS01, nei mesi di marzo e novembre, e SS02 a marzo) ed un massimo di 10 m rilevato nelle stazioni a 3000 m dalla costa, in particolare nelle stazioni SS02 a maggio e OR09 nel mese di luglio (Figg. 19-21).

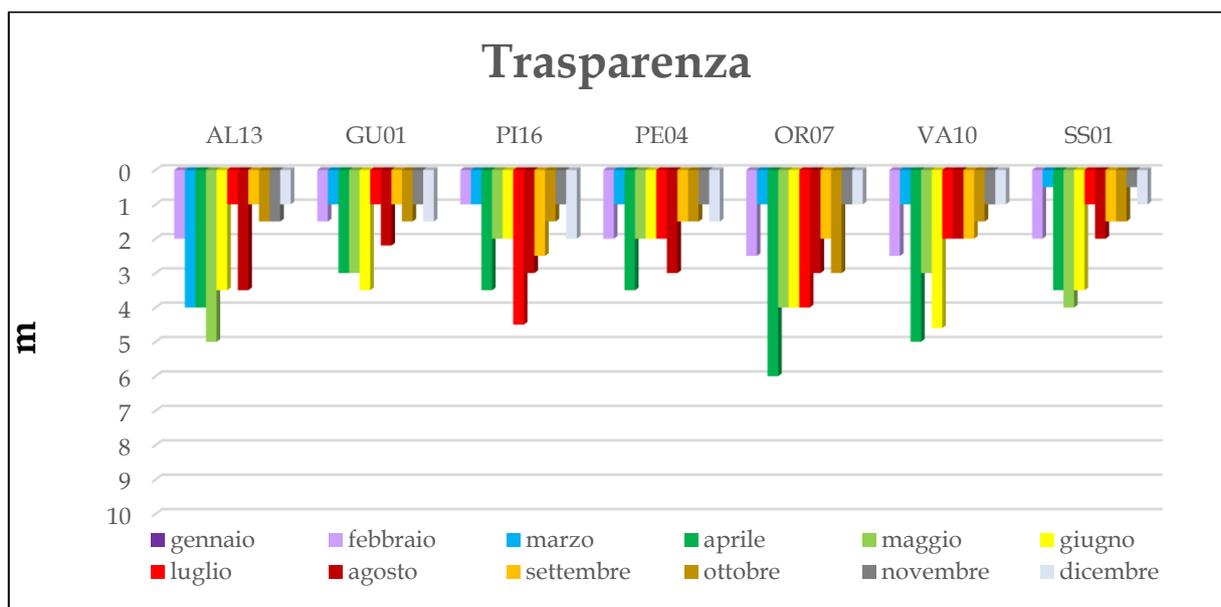


Fig. 19 - Andamento della trasparenza delle acque superficiali nelle stazioni a 500 m.



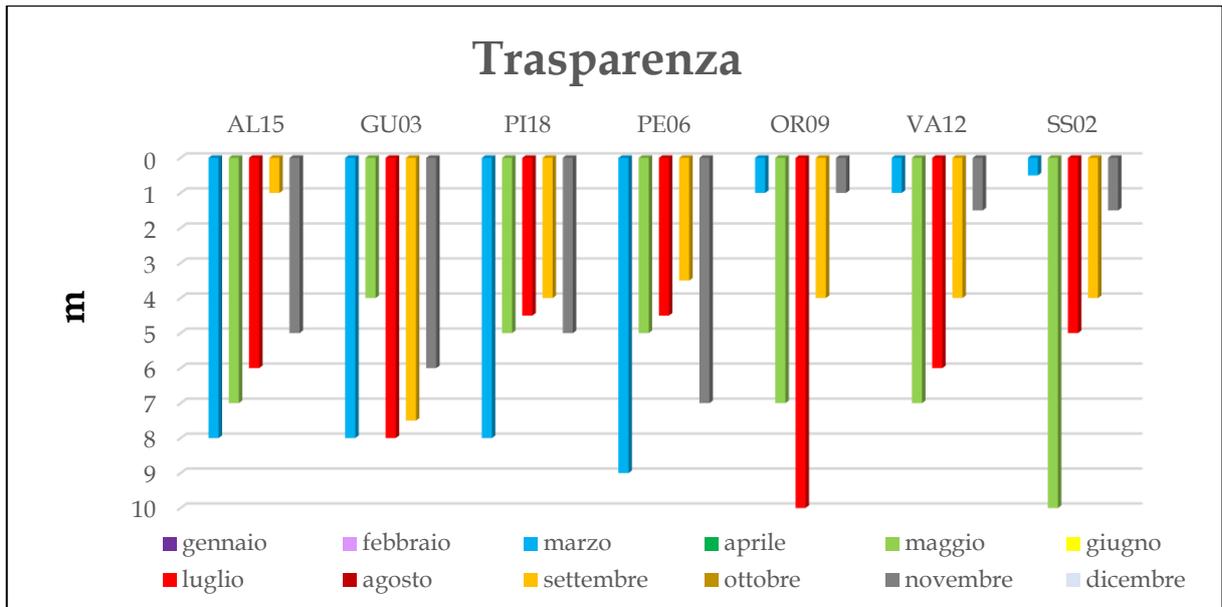


Fig. 20 - Andamento della trasparenza delle acque superficiali nelle stazioni a 3000 m.

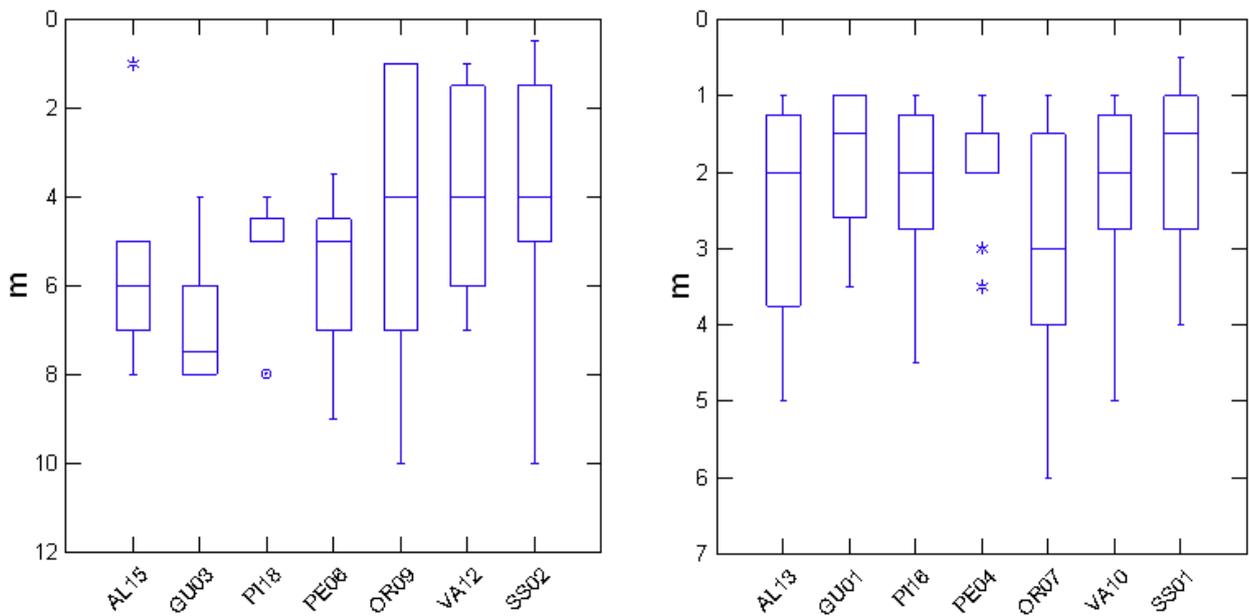


Fig. 21 - Diagrammi Box Plot della trasparenza rilevata per stazione.



#### 4.1.1 NUTRIENTI

##### AZOTO NITRICO

La concentrazione media annua dell'azoto nitrico rilevata in superficie è risultata essere di 16,9 µg/L, con un valore minimo di 1,3 µg/L misurato nella stazione AL15 nel mese di settembre ed un valore massimo di 112 µg/L misurato nella stazione AL15 nel mese di novembre. L'andamento mostrato in fig. 22 evidenzia che i valori più elevati di azoto nitrico sono stati riscontrati nei campioni prelevati nel mese di novembre in tutte le stazioni monitorate.

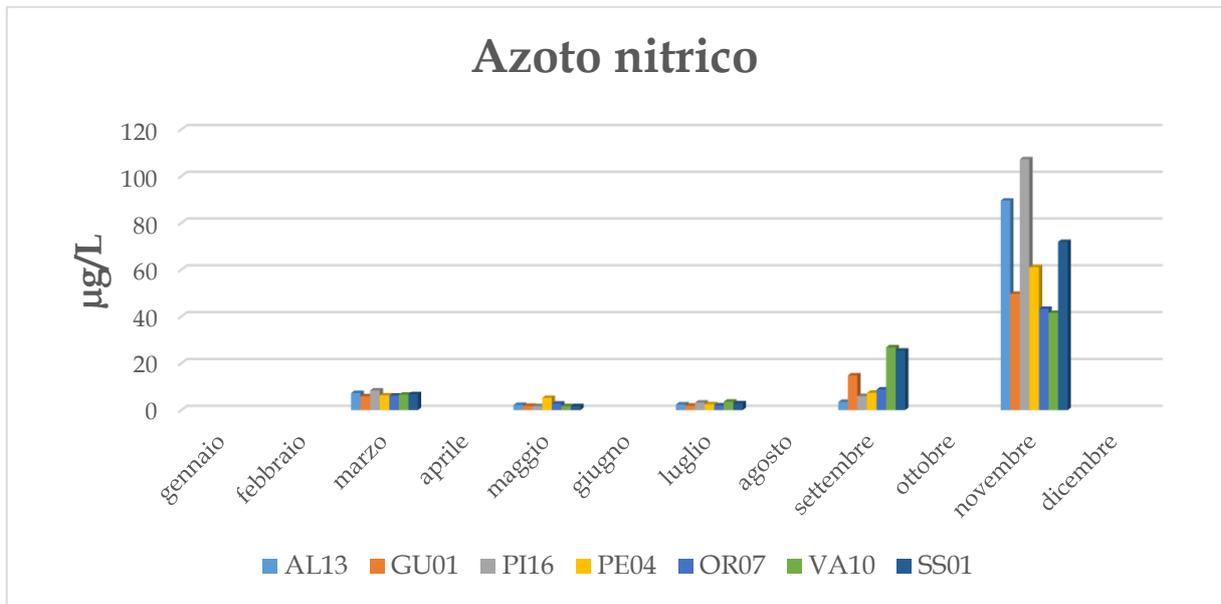


Fig. 22 - Andamento mensile dell'azoto nitrico rilevato nelle stazioni a 500 m.

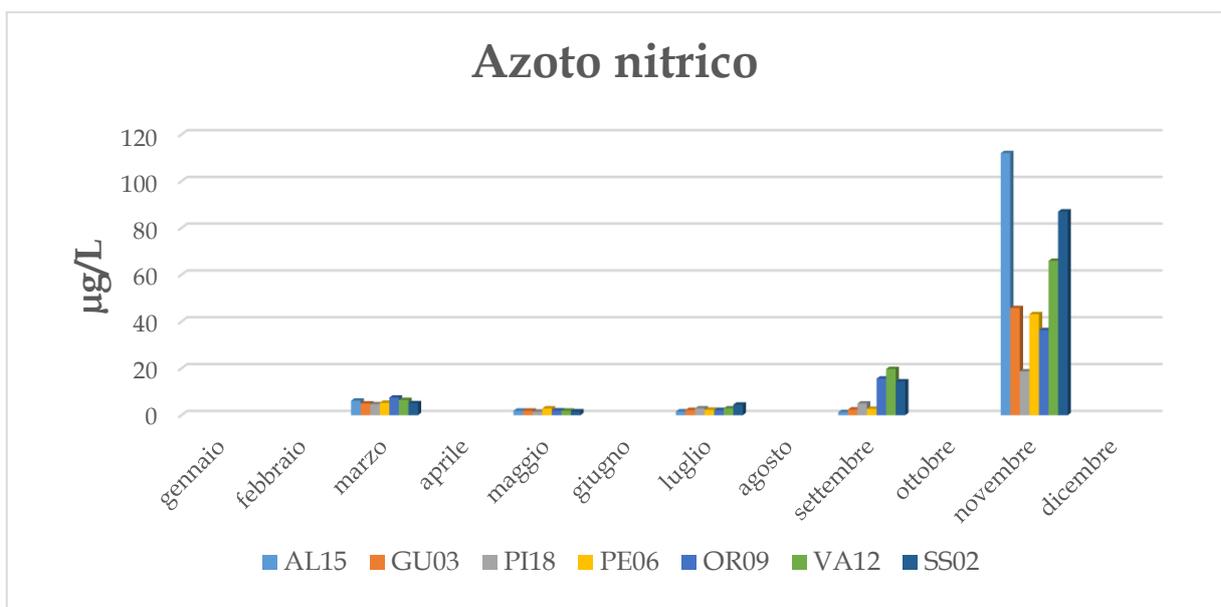


Fig. 23 - Andamento mensile dell'azoto nitrico rilevato nelle stazioni a 3000 m.



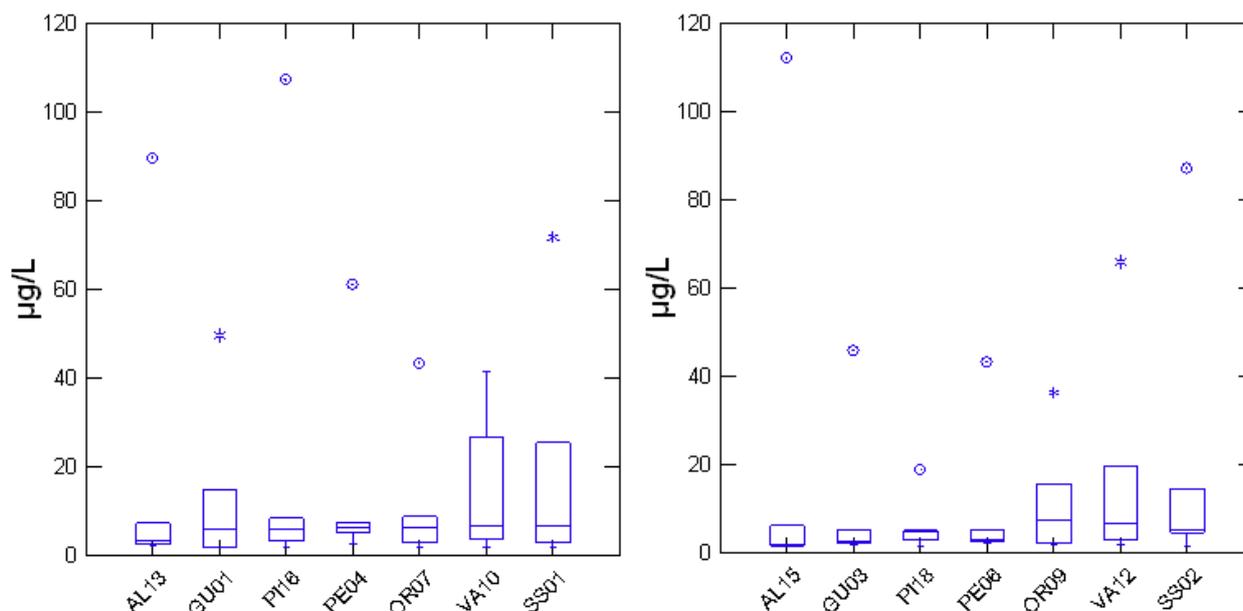


Fig. 24 - Diagrammi Box Plot dell'azoto nitrico rilevato per stazione.

### AZOTO NITROSO

La concentrazione media annua dell'azoto nitroso rilevata in superficie è risultata essere di 5,0 µg/L, con un valore minimo di 1,5 µg/L riscontrato nella stazione PE06 nel mese di ottobre ed un valore massimo pari a 17,2 µg/L nella stazione SS01 nel mese di settembre. Le figg. 25 e 26 mostrano l'andamento mensile delle concentrazioni dell'azoto nitroso evidenziando un incremento nel periodo autunnale e invernale in tutte le stazioni monitorate.

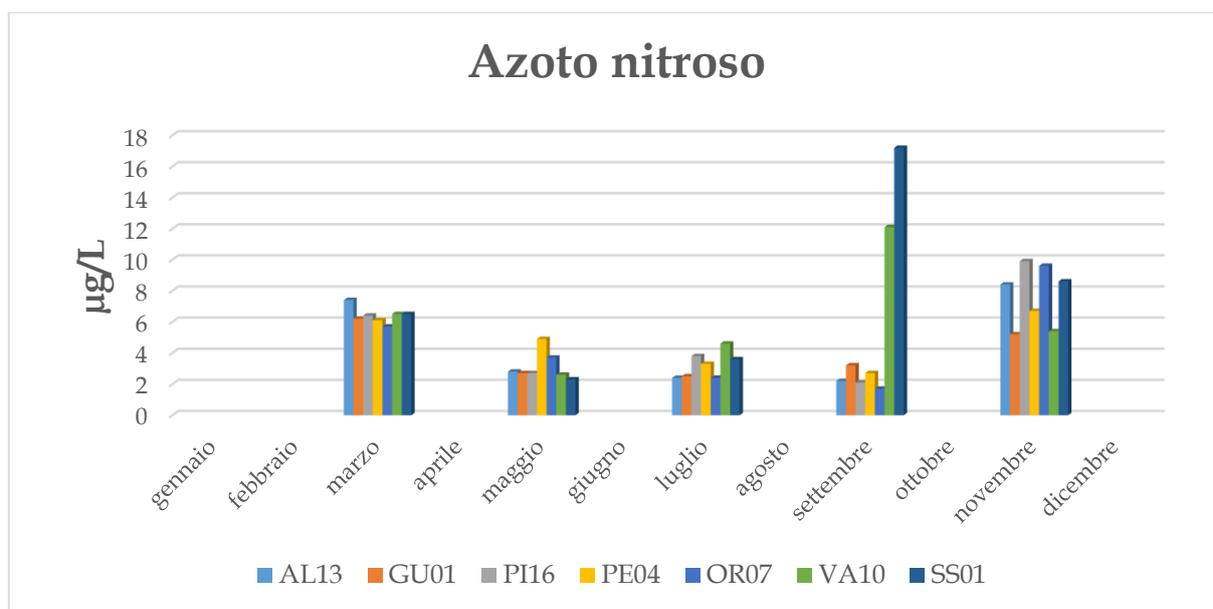


Fig. 25 - Andamento mensile dell'azoto nitroso rilevato nelle stazioni a 500 m.



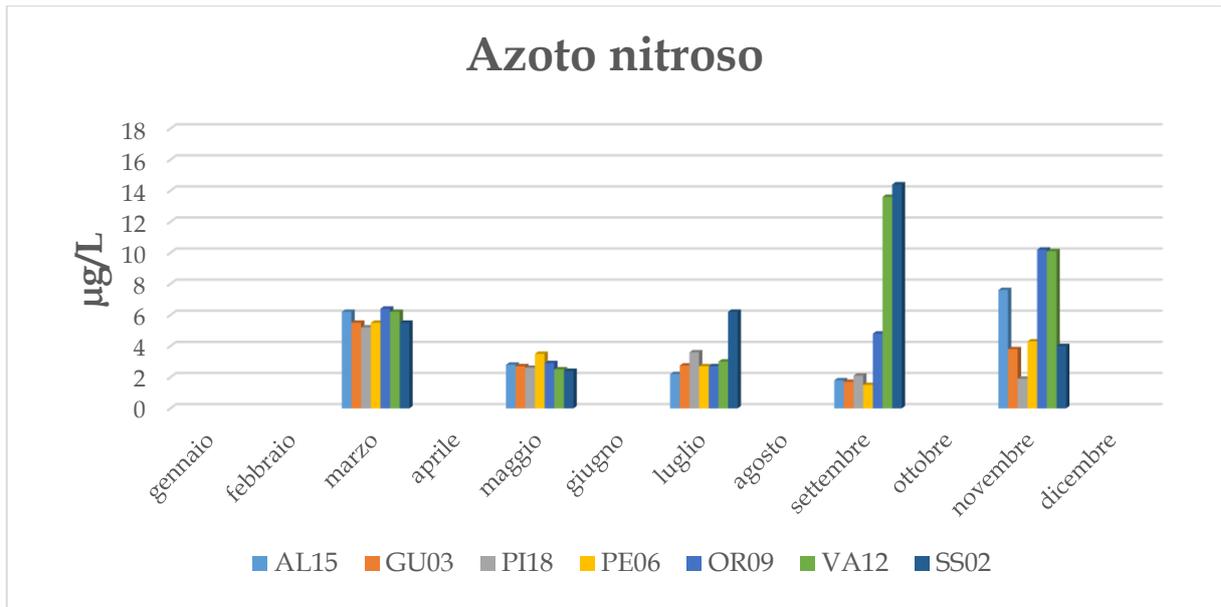


Fig. 26 - Andamento mensile dell'azoto nitroso rilevato nelle stazioni a 3000 m.

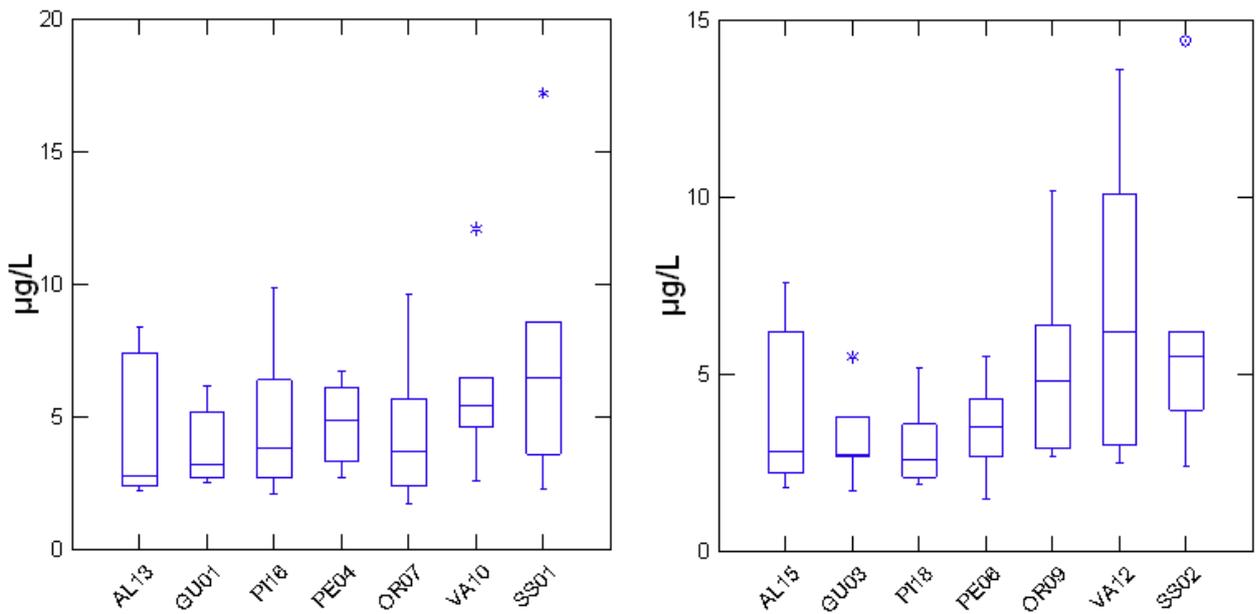


Fig. 27 - Diagrammi Box Plot dell'azoto nitroso rilevato per stazione.



## AZOTO AMMONIACALE

La concentrazione media annua di azoto ammoniacale rilevata in superficie è risultata essere di 15,8 µg/L, con valori minimi inferiori al LOQ (<1 µg/L), rilevati nelle stazioni GU03, PI18 e PE06 nel mese di novembre ed un valore massimo di 28,4 µg/L nella stazione PE06 nel mese di luglio. Come evidenziato nelle figg. 28 e 29, le concentrazioni più elevate sono state rilevate nel periodo marzo-luglio.

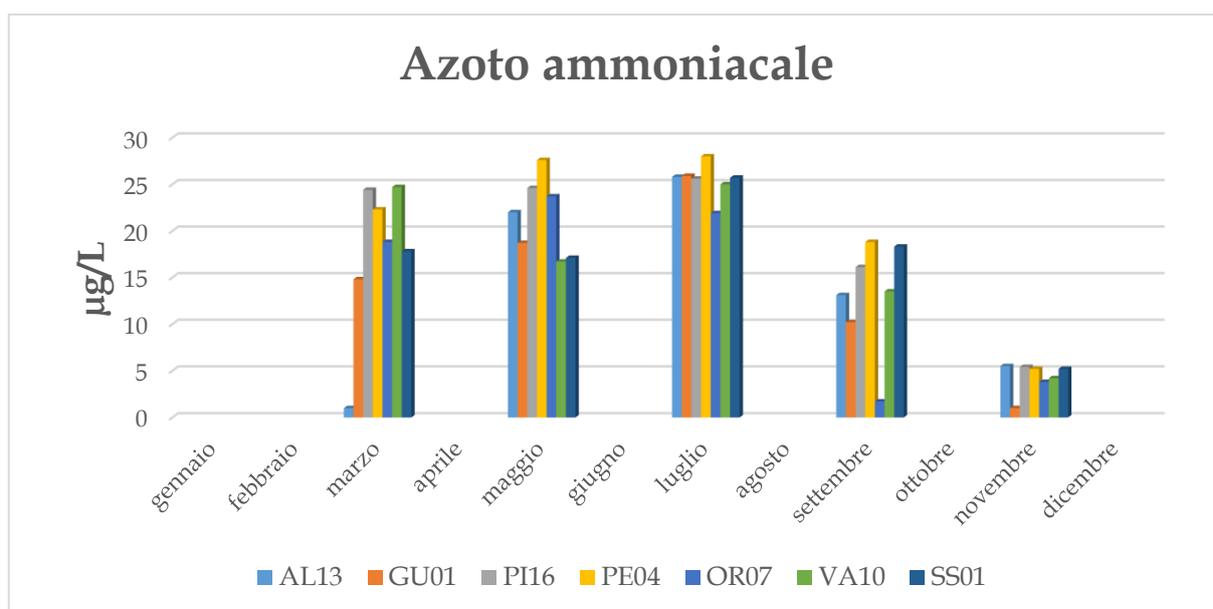


Fig. 28 – Andamento dell'azoto ammoniacale rilevato nelle stazioni a 500 m.

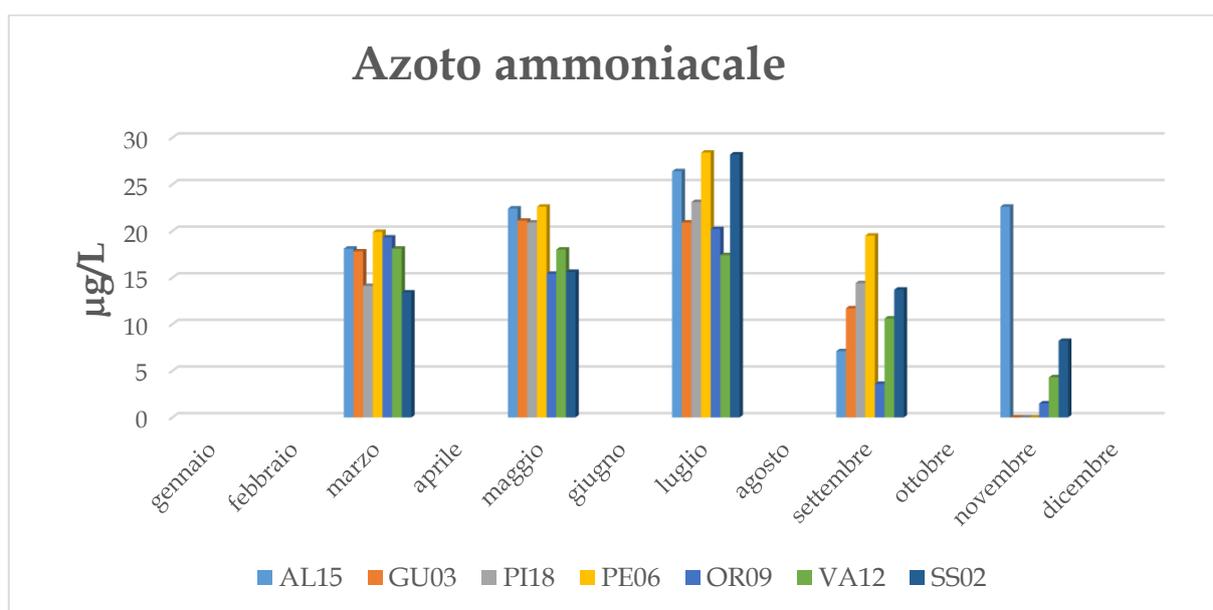


Fig. 29 – Andamento dell'azoto ammoniacale rilevato nelle stazioni a 3000 m.



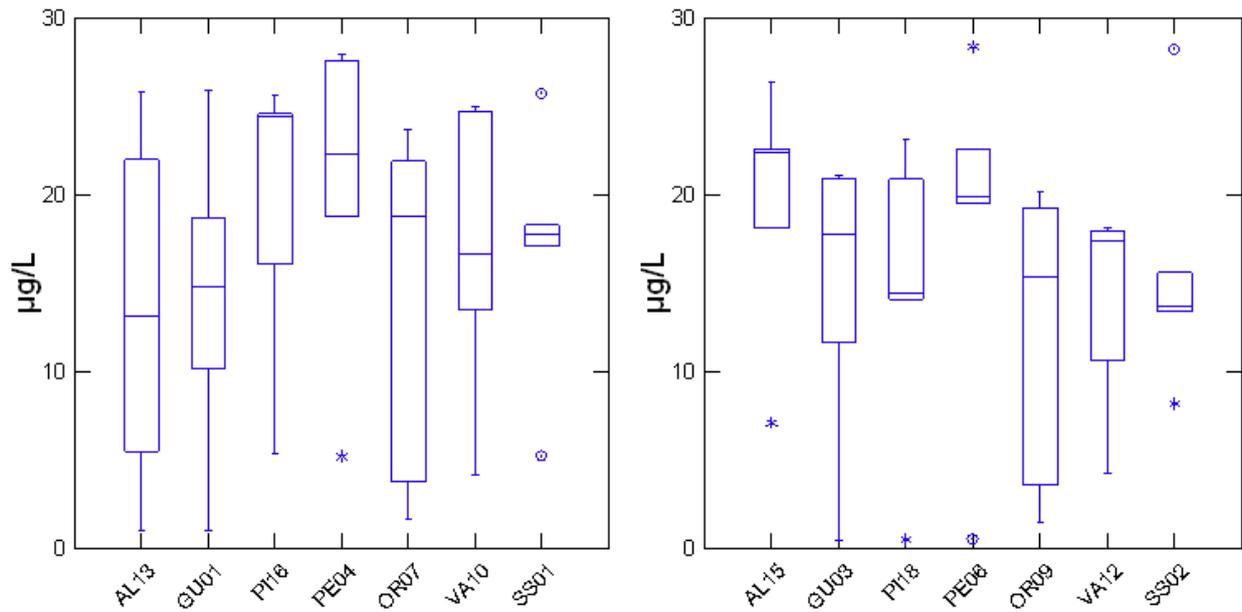


Fig. 30 - Diagrammi Box Plot dell'azoto ammoniacale rilevato per stazione.

### AZOTO TOTALE

La concentrazione media annua di azoto totale rilevata in superficie è risultata essere di 58,2 µg/L, con un valore minimo pari a 15,8 µg/L rilevato nella stazione AL13 nel mese di marzo ed un valore massimo di 254 µg/L misurato nella stazione GU03 a novembre. Si osserva che gli apporti più significativi di azoto sono stati rilevati nel periodo autunnale (figg. 31 e 32).

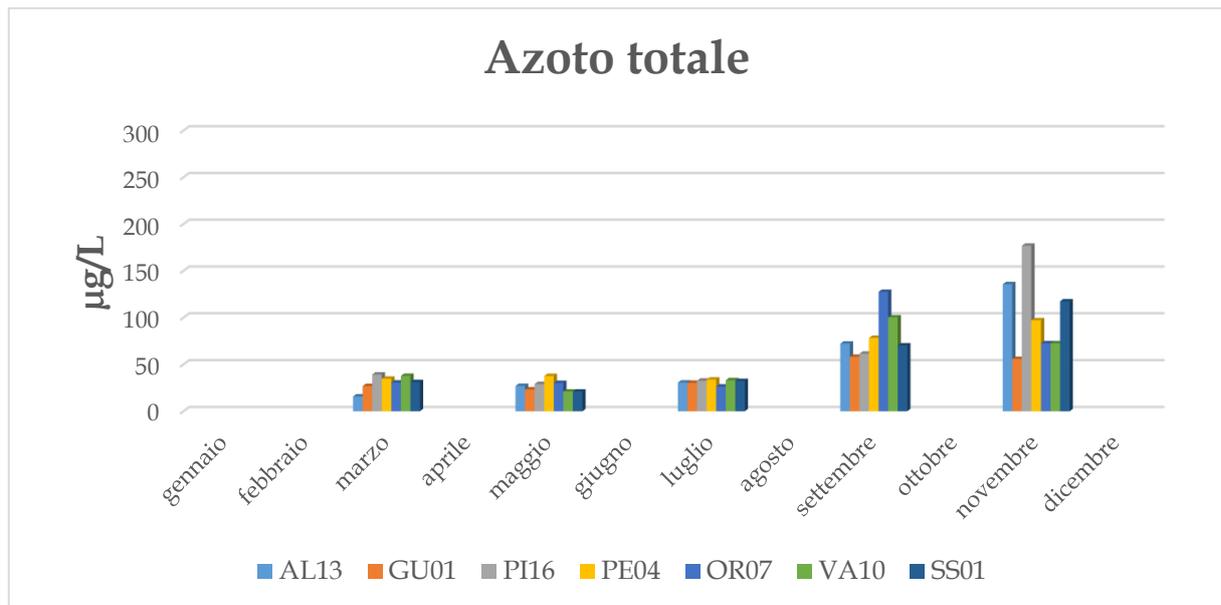


Fig. 31 - Andamento dell'azoto totale rilevato nelle stazioni a 500 m.



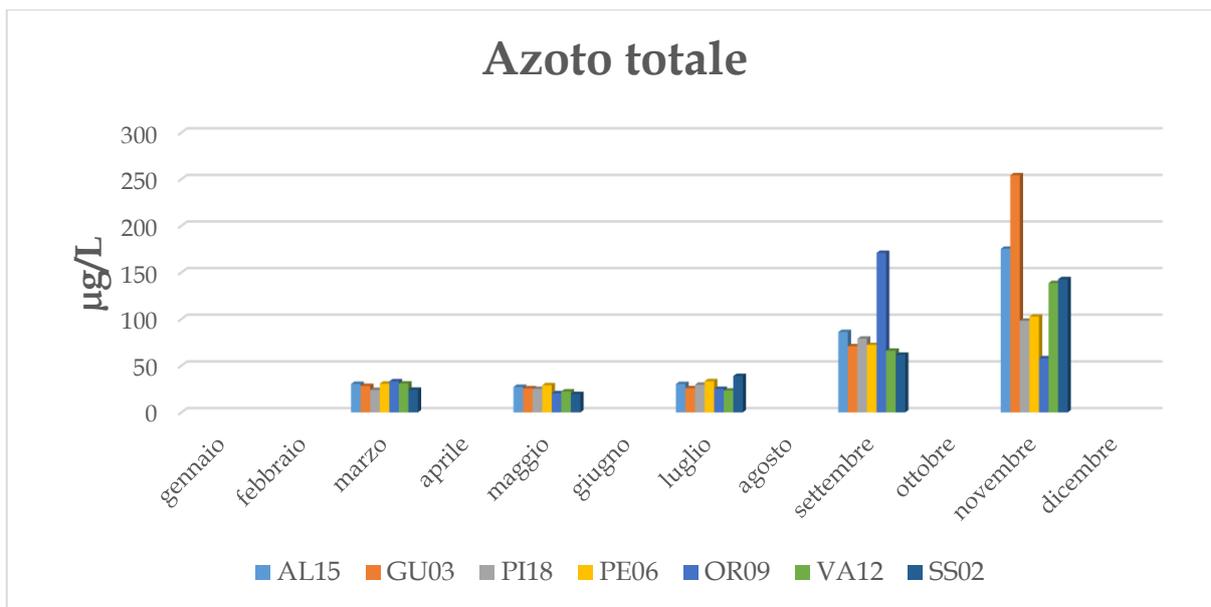


Fig. 32 - Andamento dell'azoto totale rilevato nelle stazioni a 3000 m.

Nei grafici seguenti (figg. 33 e 34) vengono rappresentate le concentrazioni medie annue dell'azoto inorganico disciolto (DIN) e dell'azoto totale per ogni stazione di monitoraggio.

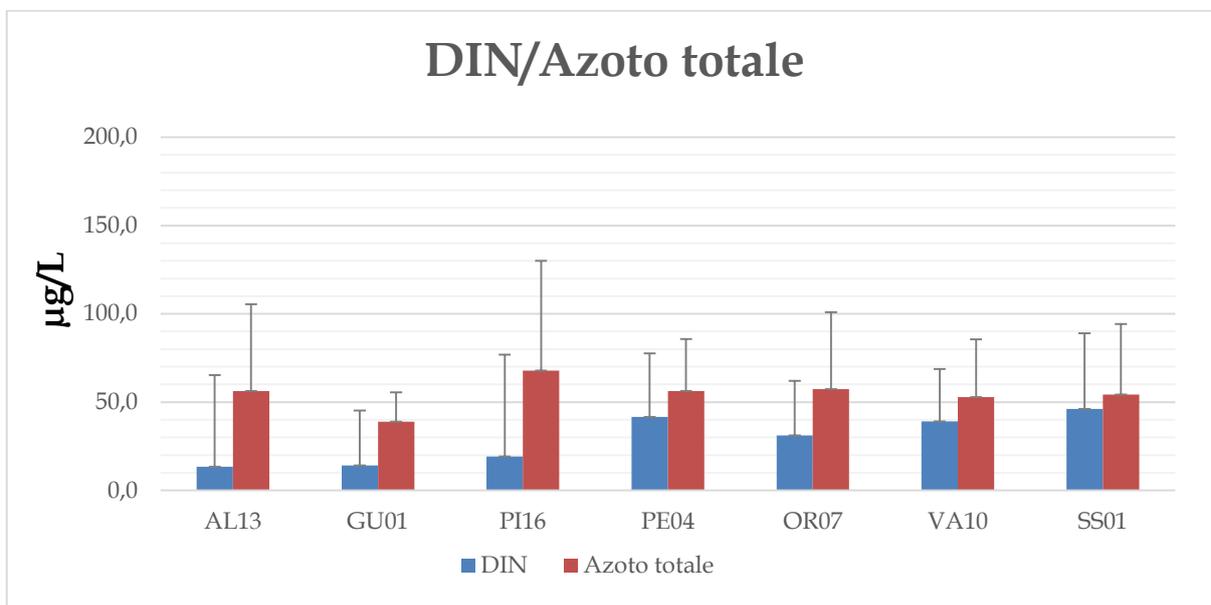


Fig. 33 - Medie DIN e azoto totale nelle stazioni a 500 m dalla costa.



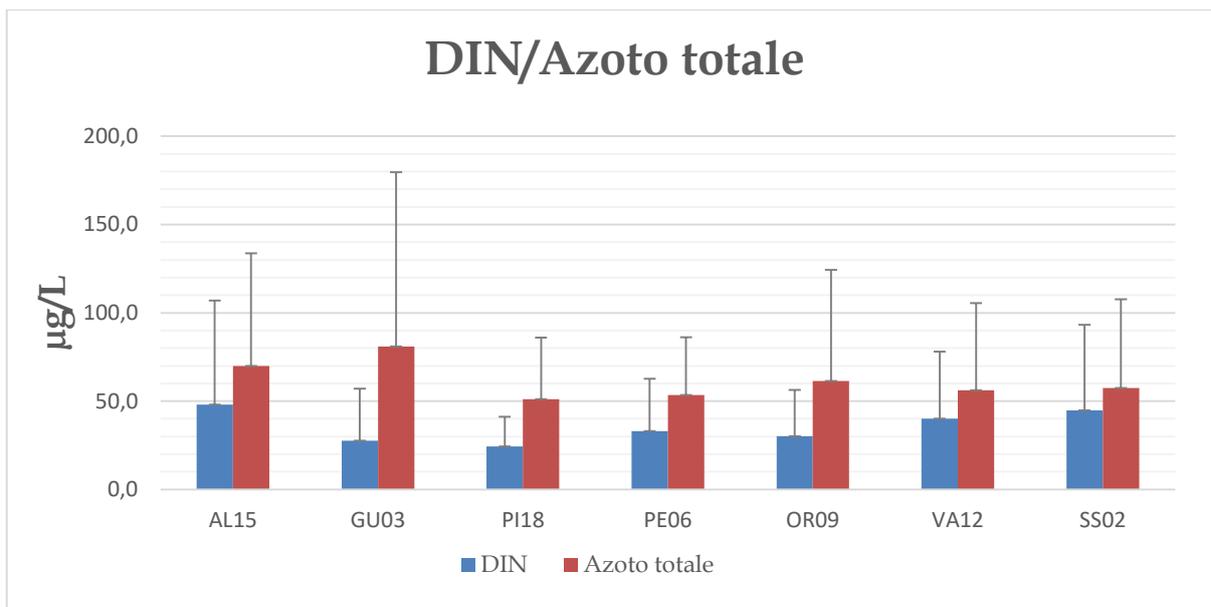


Fig. 34 – Medie DIN e azoto totale nelle stazioni a 3000 m dalla costa.

### FOSFATI

La concentrazione media di fosfati misurata in superficie è stata di 6,5 µg/L, con valori minimi inferiori al LOQ (<1 µg/L), riscontrati nelle stazioni AL13 e AL15 nel mese di settembre ed un valore massimo di 16,7 µg/L misurati nelle stazioni PE06 nel mese di settembre e PI16 a novembre (Figg. 35-36).

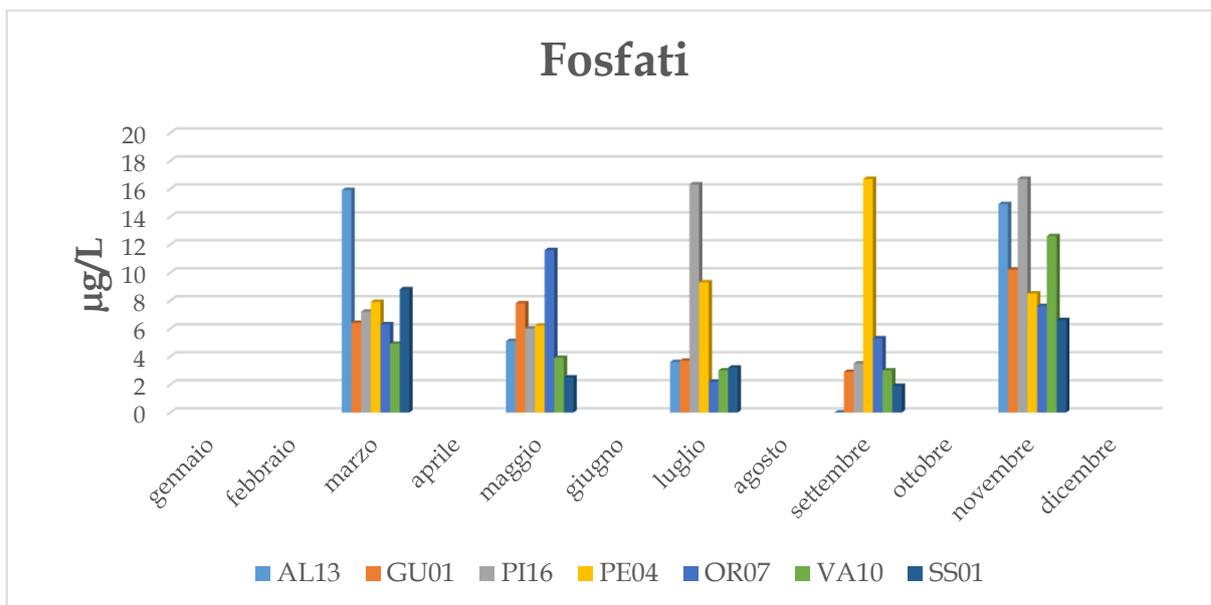


Fig. 35 - Andamento dei fosfati rilevati nelle stazioni a 500 m.



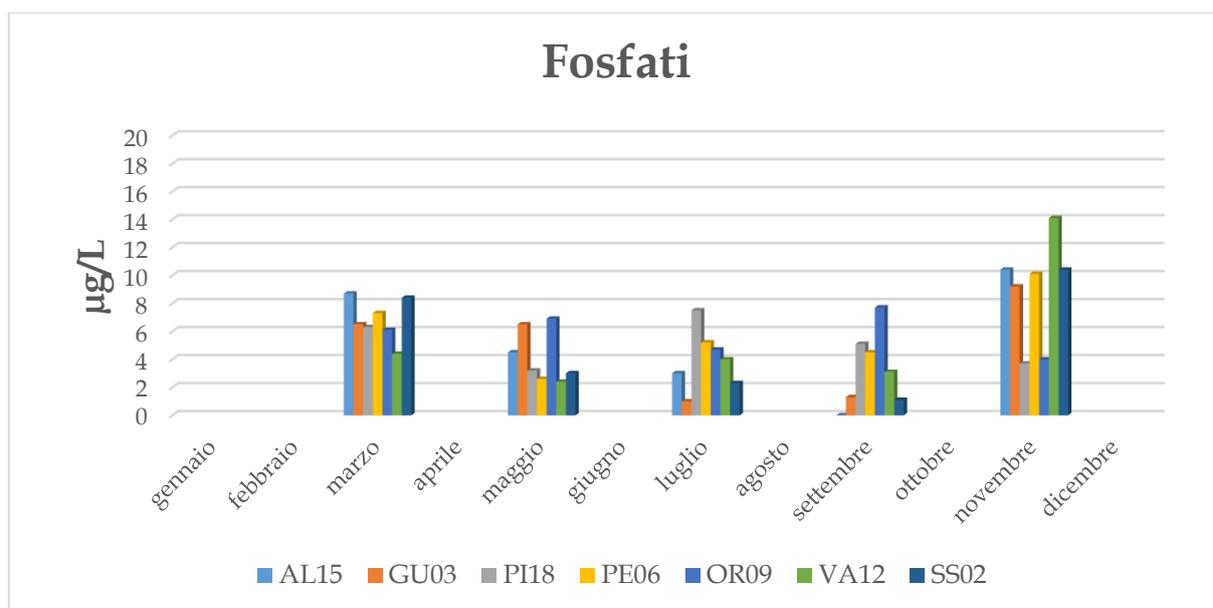


Fig. 36 - Andamento dei fosfati rilevati nelle stazioni a 3000 m.

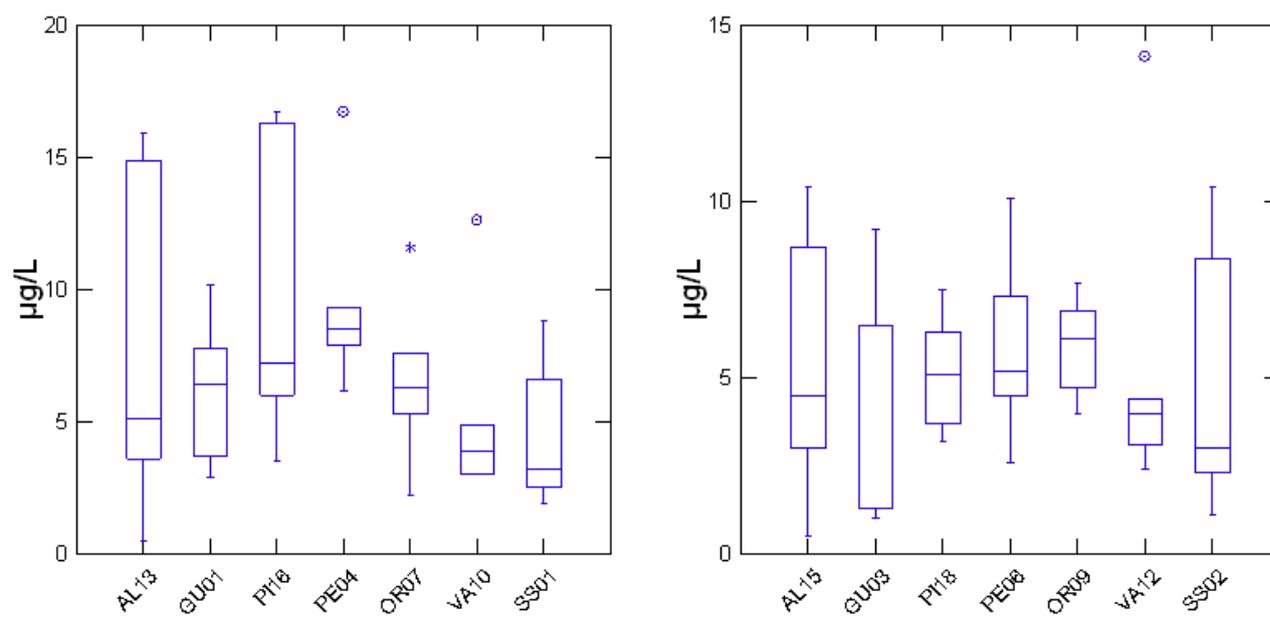


Fig. 37 - Diagrammi Box Plot dei fosfati rilevati per stazione.

### FOSFORO TOTALE

La concentrazione media annua di fosforo totale rilevata in superficie è risultata essere di 15,3 µg/L, con un valore minimo pari a 2,3 µg/L riscontrato nella stazione SS02 nel mese di luglio ed un massimo di 71,9 µg/L, nel mese di novembre, nella stazione VA12. Dal trend delle concentrazioni mostrato nelle figg. 38 e 39, si osserva che, in tutte le stazioni monitorate, i valori più elevati di fosforo totale sono stati rilevati nella seconda metà dell'anno.



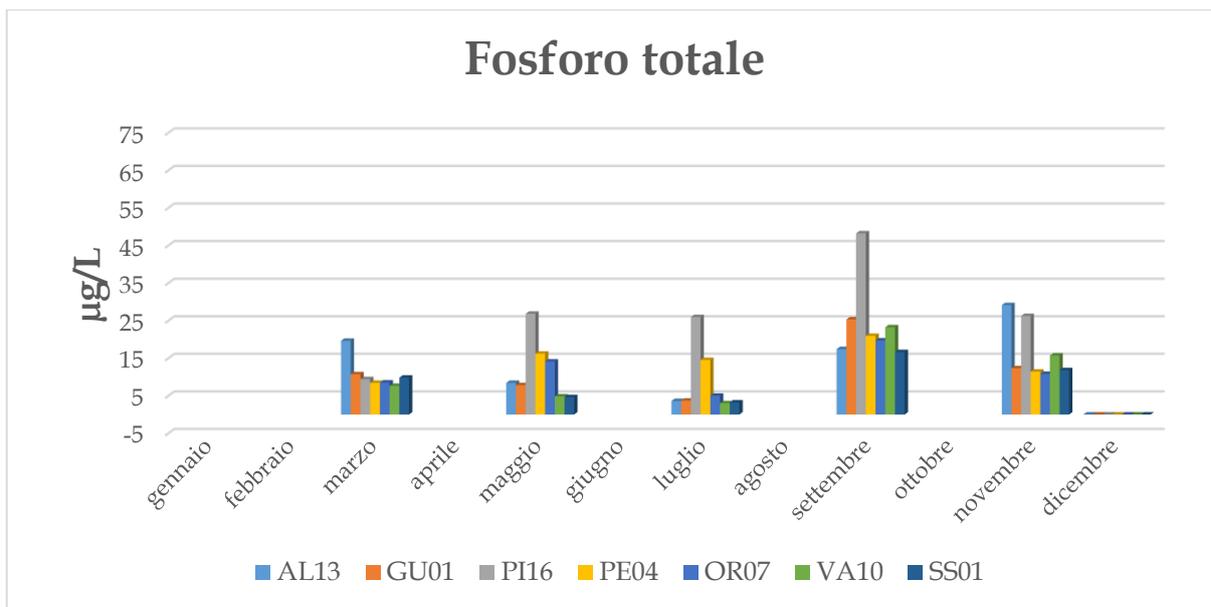


Fig. 38 - Andamento del fosforo totale rilevato nelle stazioni a 500 m.

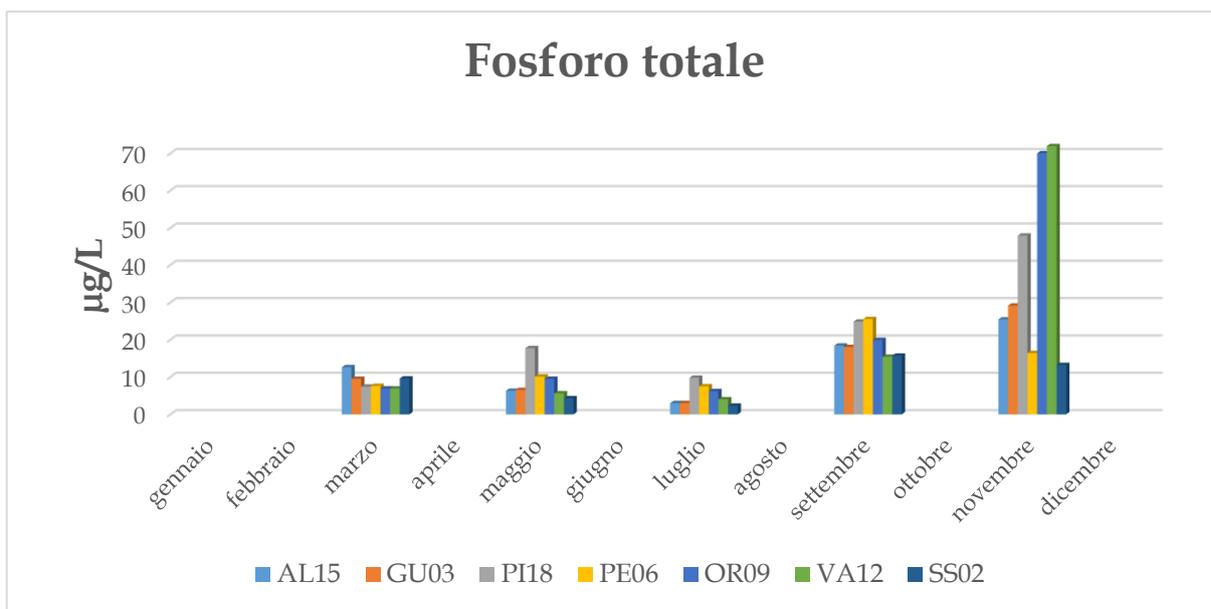


Fig. 39 - Andamento del fosforo totale rilevato nelle stazioni a 3000 m.

Nei grafici seguenti (figg. 40-41) vengono rappresentate le concentrazioni medie annue dell'ortofosfato e del fosforo totale per ogni stazione.



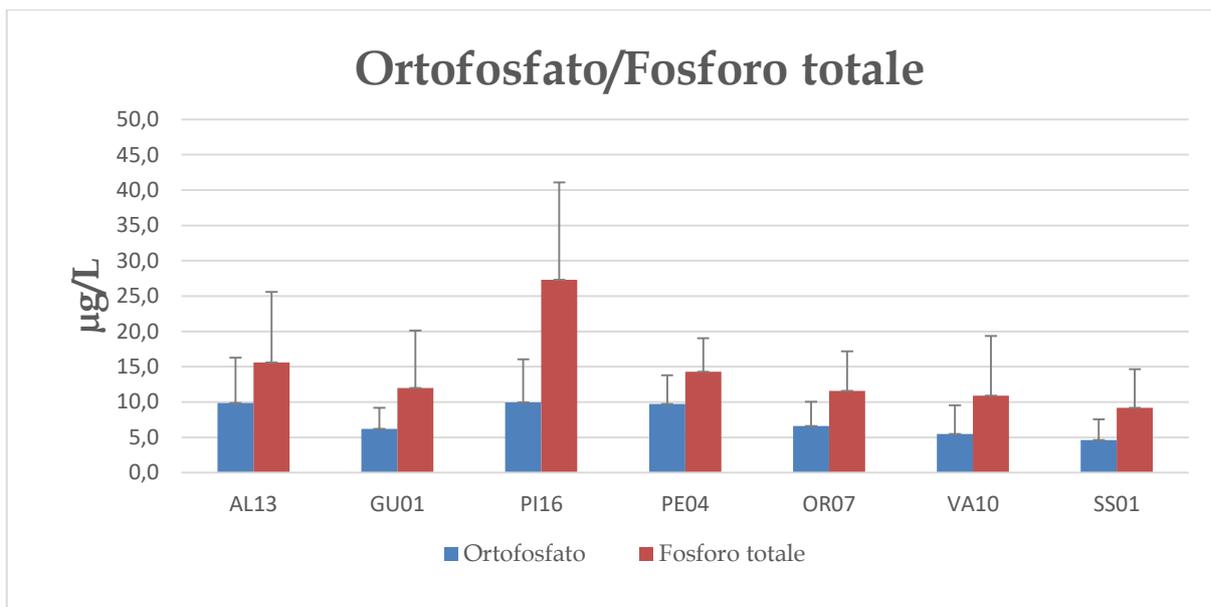


Fig. 40 – Medie ortofosfato e fosforo totale nelle stazioni a 500 m dalla costa.

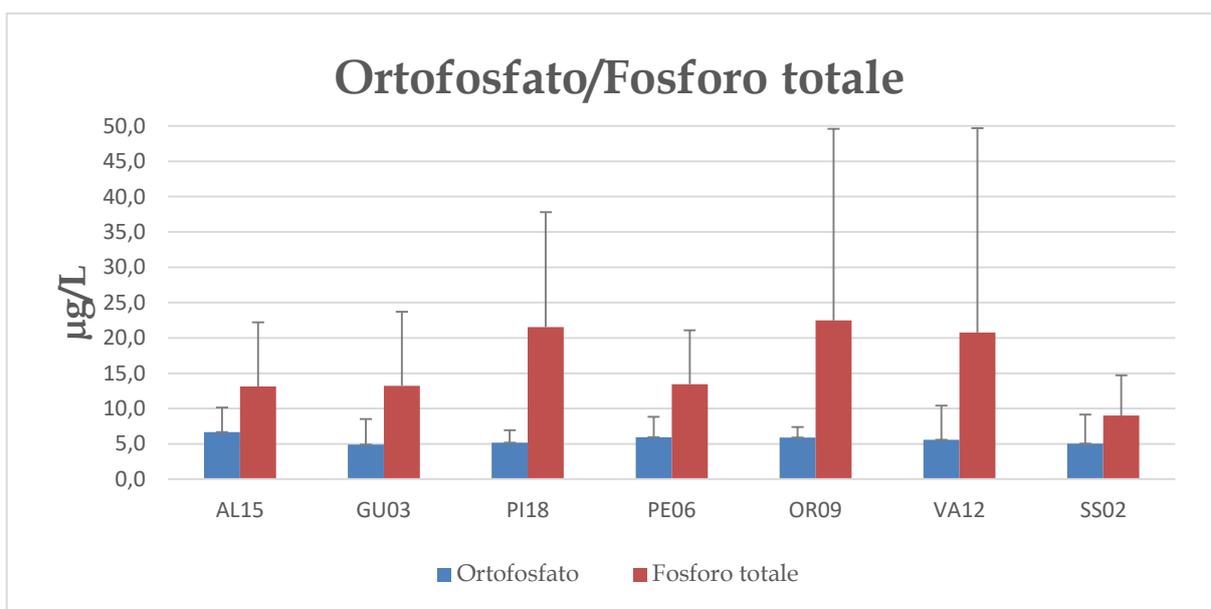


Fig. 41 – Medie ortofosfato e fosforo totale nelle stazioni a 3000 m dalla costa.

## SILICATI

La concentrazione media annua di silicati in superficie è risultata essere di 178,3 µg/L, con un valore massimo di 724,8 µg/L riscontrato nella stazione PE06 nel mese di novembre ed un minimo di 52,4 µg/L, sempre nella stazione PE06, nel mese di settembre (Figg. 42-43).



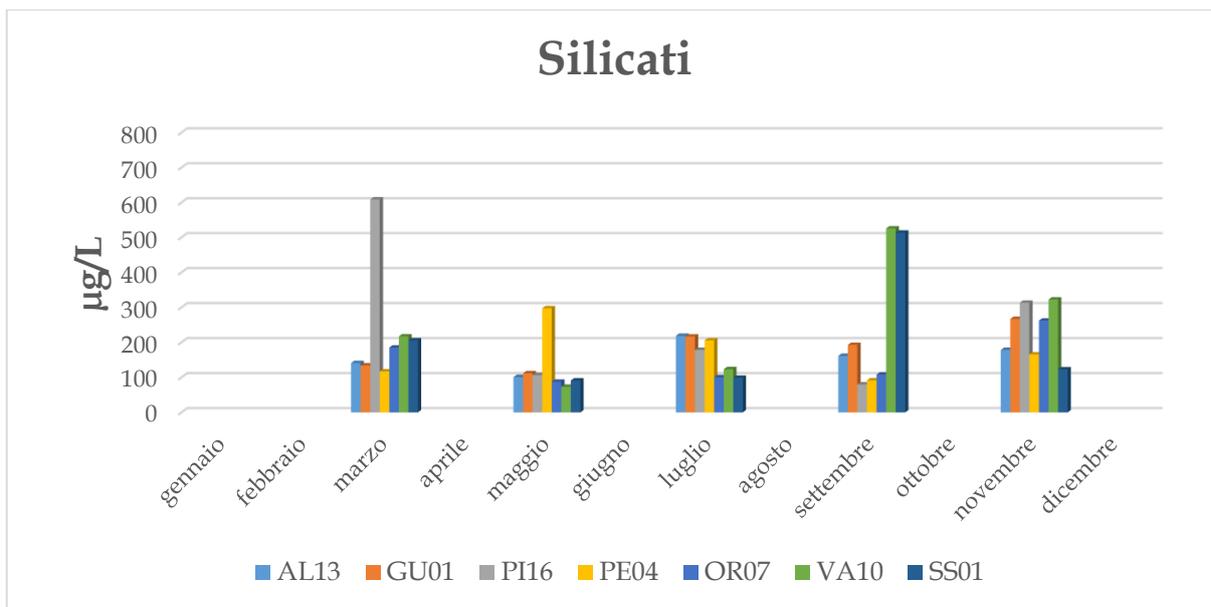


Fig. 42 - Andamento dei silicati rilevato nelle stazioni a 500 m.

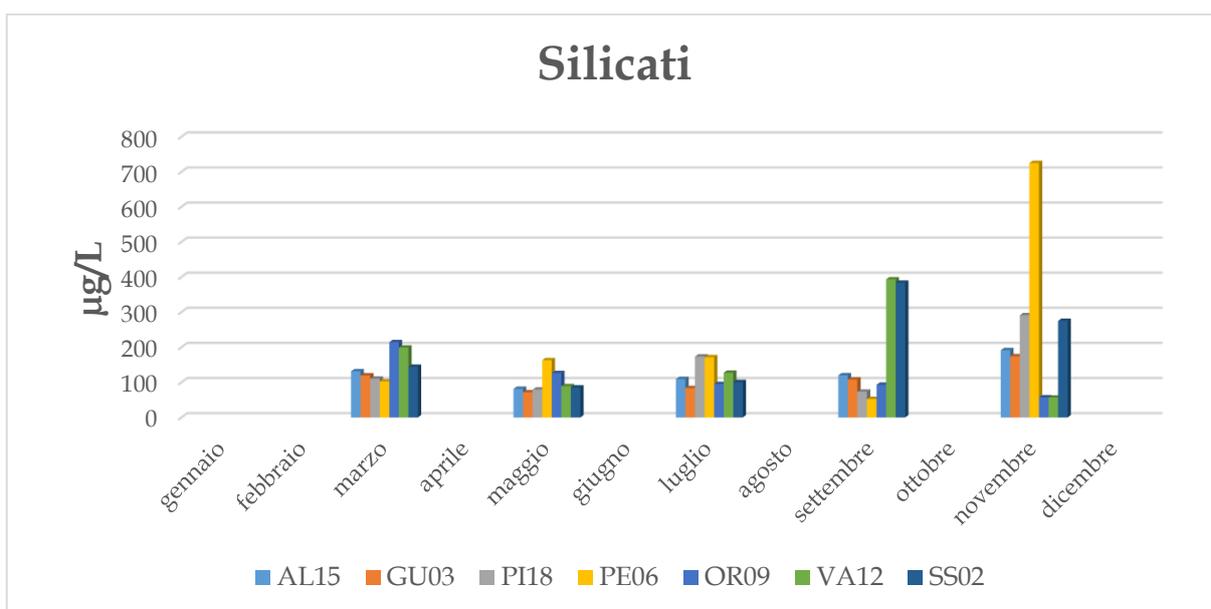


Fig. 43 - Andamento dei silicati rilevato nelle stazioni a 3000 m.

I dati evidenziano che picchi di concentrazione sono stati osservati nelle stazioni PI16, nel mese di marzo, e PE06 a novembre.



#### 4.1.2 INDICE TROFICO TRIX

I valori dell'indice trofico TRIX, calcolati utilizzando le determinazioni di ossigeno disciolto e di clorofilla "a" misurati in campo, evidenziano un valore medio annuo pari a 3,5 per la fascia posta a 500 m dalla costa ed un valore medio di 3,3 per quella posta a largo. Tali valori sono indice di uno stato trofico "elevato" per tutti i corpi idrici regionali. I dati ottenuti sono riepilogati in tabella 4, e nei grafici che seguono. (Figg. 44-46)

INDICE TRIX													
Stazioni	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21	Media annuale
AL13			2,8		2,5		3,0		3,8		4,8		3,4
AL15			2,8		3,0		2,8		3,4		4,8		3,4
GU01			3,3		2,7		3,1		4,4		4,3		3,6
GU03			3,1		2,8		2,7		3,7		4,7		3,4
PI16			4,3		3,3		3,8		4,0		4,8		4,1
PI18			2,6		2,9		3,3		3,5		4,4		3,4
PE04			2,6		2,7		5,0		4,1		4,5		3,8
PE06			2,3		2,0		3,5		3,7		4,3		3,2
OR07			3,6		2,7		2,6		3,3		3,8		3,2
OR09			3,7		2,6		2,6		3,2		4,7		3,4
VA10			3,7		2,3		2,8		4,1		4,0		3,4
VA12			3,6		2,7		2,7		3,7		4,7		3,5
SS01			3,6		2,0		2,8		4,0		4,5		3,4
SS02			3,5		2,0		2,8		3,9		4,4		3,3

Tab. 4 - Indice TRIX 2021

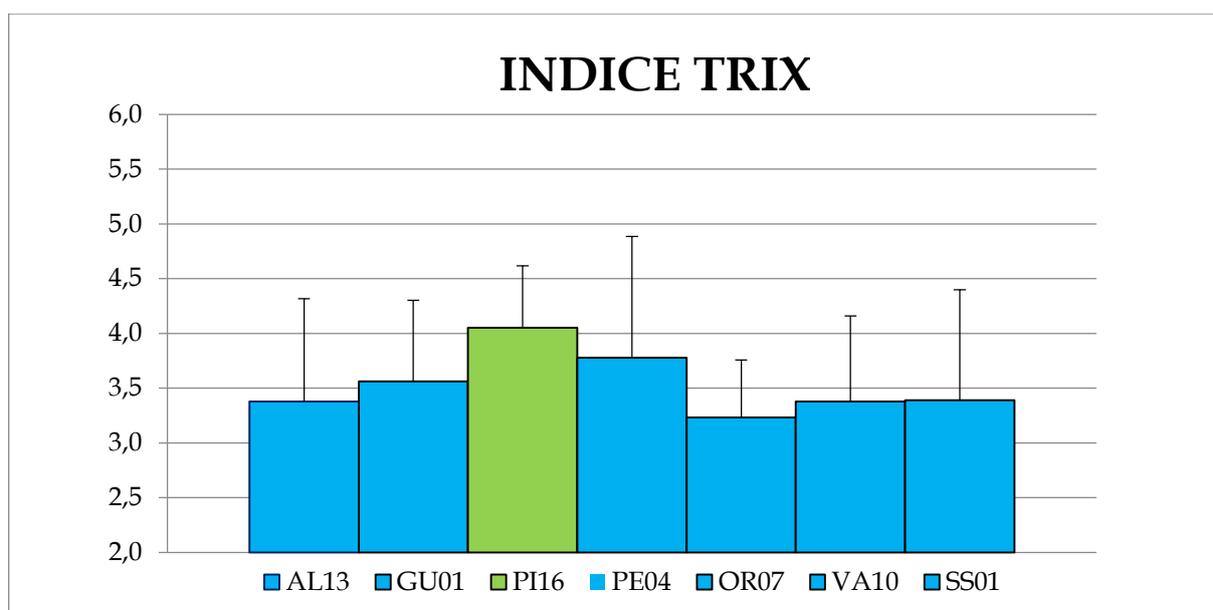


Fig. 44 - Valori medi annui indice TRIX per le stazioni a 500 m.



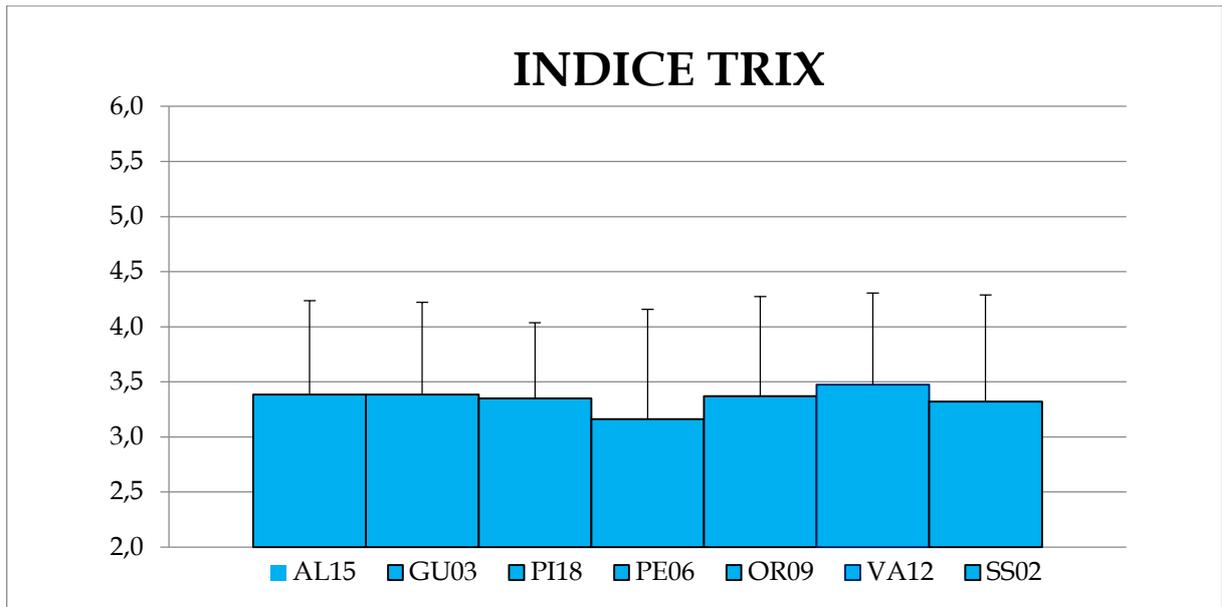


Fig. 45 - Valori medi annui indice TRIX per le stazioni a 3000 m.

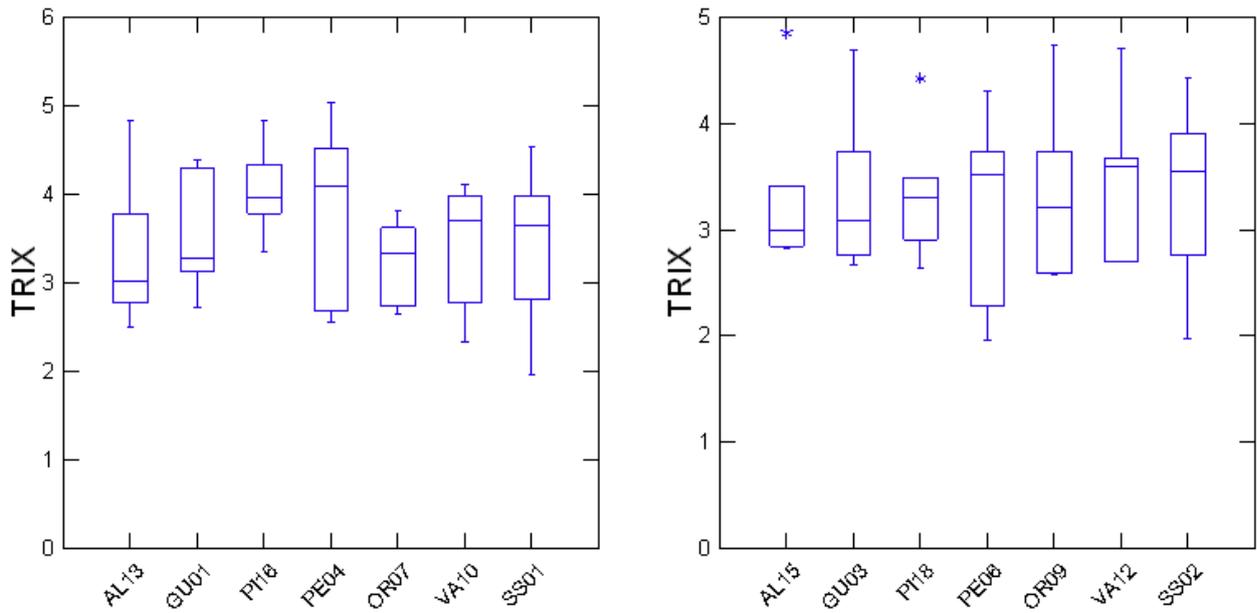


Fig. 46 - Diagrammi Box Plot Indice trofico TRIX per stazione.



### 4.1.3 INDICE TRBIX

Per l'elaborazione dell'indice TRBIX sono stati utilizzati i dati rilevati in campo di trasparenza e clorofilla "a".

I valori riscontrati per tale indicatore evidenziano una sostanziale predominanza della componente minerale disciolta rispetto a quella relativa alla biomassa microalgale, eccetto per i mesi di marzo e settembre, i quali sono stati interessati da una discreta fioritura di *Chaetoceros spp.*, *Gyrodinium spp.*, *Heterocapsa spp.*, *Pseudo-nitzschia spp.* e *Thalassionema spp.*. I valori medi di tale indicatore non differiscono in maniera sostanziale da un transetto all'altro e sono compresi tra un valore minimo di 4,6 (transetto di Pescara) e 5,6 (transetto di S.Salvo).

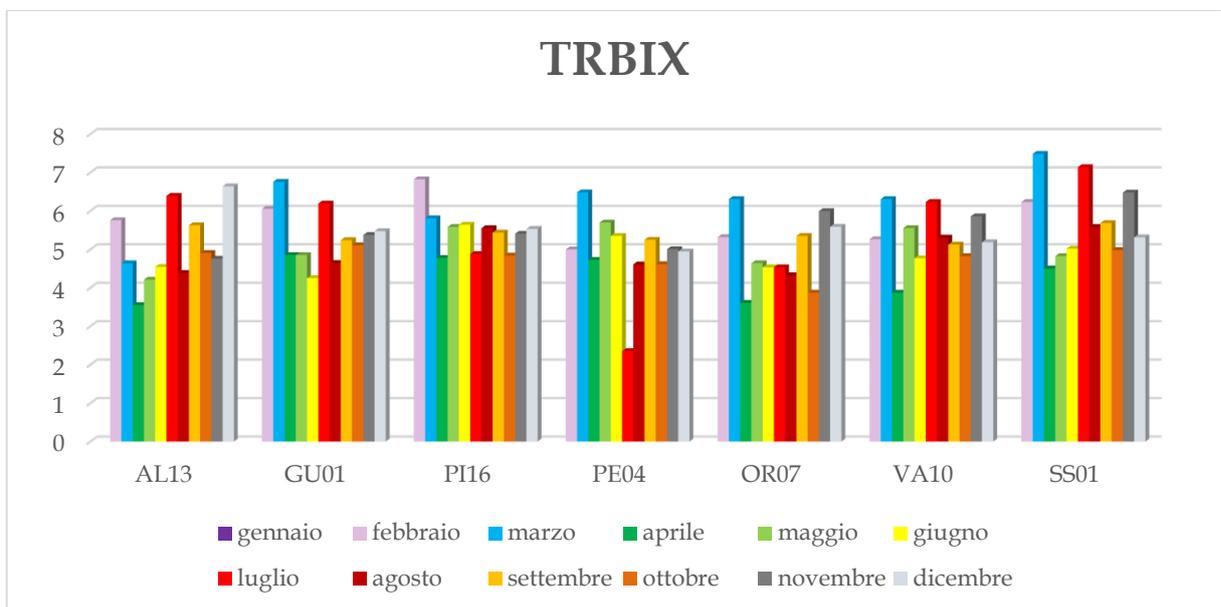


Fig. 47 - Valori dell'indice TRBIX per le stazioni a 500 m.



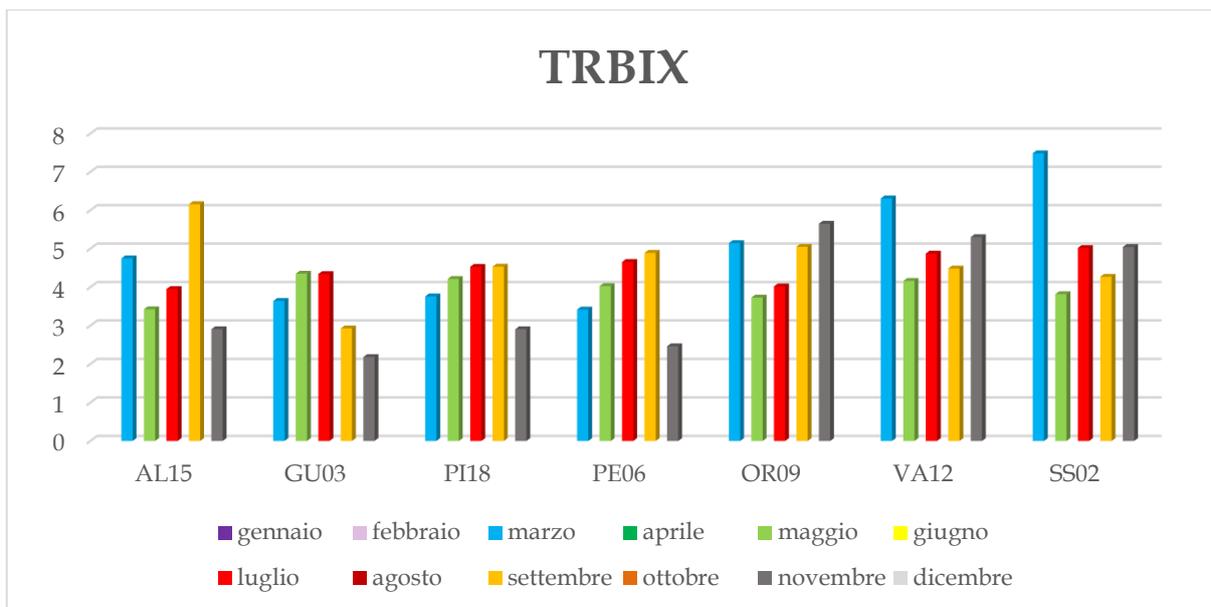


Fig. 48 - Valori dell'indice TRBIX per le stazioni a 3000 m.

Correlando i valori dell'indice TRIX in funzione dell'indice TRBIX e suddividendo in quattro quadranti definiti i diagrammi ottenuti, si può valutare lo stato qualitativo del sistema costiero distinguendo i contributi della componente fitoplanctonica da quella minerale presente.

Le combinazioni dei valori all'interno di ciascun quadrante vengono interpretate come descritto in tabella 5.

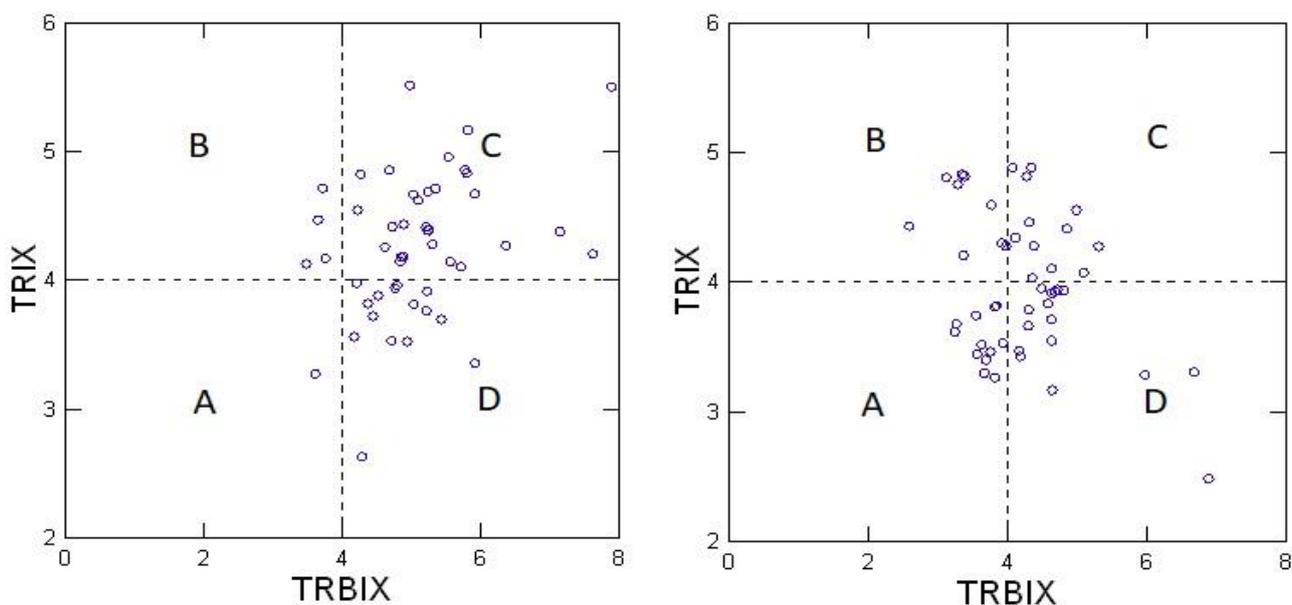


Fig. 49 - Grafici a dispersione TRIX/TRBIX per le stazioni a 500 (sx) e 3000 m (dx) dalla costa.



Definizione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX con il TRBIX	
<p><b>Quadrante B</b> Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore vegetale verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica.</p> <p><b>Trasparenza più o meno ridotta.</b></p>	<p><b>Quadrante C</b> Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso associato ad una variazione cromatica verdastra, brunastra o rossastra secondo la specie fitoplanctonica.</p> <p><b>Trasparenza più o meno ridotta.</b></p>
<p><b>Quadrante A</b> Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro blu marino.</p> <p><b>Trasparenza alta.</b></p>	<p><b>Quadrante D</b> Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro.</p> <p><b>Trasparenza molto ridotta.</b></p>

Tab. 5 - Definizione dei quadranti TRIX/TRBIX

In linea generale ad elevati valori di TRIX corrispondono valori di TRBIX prossimi ad 1, a dimostrazione che tali indici risultano essere direttamente correlati a rilevanti valori di clorofilla "a". Nelle stazioni costiere la distribuzione dei punti nel diagramma ricade in prevalenza nei quadranti C e D che definiscono condizioni di trasparenza più o meno ridotta, riconducibile a torbidità sia di tipo minerale che microalgale.

Nelle stazioni a largo la distribuzione dei punti nel diagramma ricade nei quadranti C, D ed A; questi ultimi confermano la predominanza di torbidità di tipo minerale su quella fitoplanctonica.



#### 4.1.4 INQUINANTI CHIMICI

I risultati relativi agli inquinanti chimici determinati sui campioni di acqua di mare prelevati vengono riportati nella tabella seguente (tab. 6) e negli allegati.

Nello specifico, i valori di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti organici volatili (VOC) e pesticidi, non sono mai risultati superiori ai rispettivi limiti di quantificazione (LOQ) in tutte le stazioni indagate.

Per quanto riguarda i microinquinanti inorganici (metalli), i risultati hanno evidenziato valori spesso inferiori ai limiti di quantificazione (LOQ). Per nessun metallo sono stati rilevati superamenti degli standard di qualità ambientale previsti dal D. Lgs. 172/15, sia considerando il valore medio annuo (SQA-MA) che rispetto alle concentrazioni massime ammissibili (SQA-CMA).

Tra i metalli indagati, il mercurio è risultato inferiore ai limiti di quantificazione in tutte le stazioni di monitoraggio durante tutto l'arco dell'anno.

Tab 1/A - D. Lgs. 172/2015													Media annua µg/L	Limite SQA-MA µg/L	Limite SQA-CMA µg/L
Sostanza	AL13														
	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21			
Cadmio e composti	<0,05	<0,05	<0,05	0,20	<0,05	<0,05	0,69	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	1,70	1,60	<1	1,40	1,60	<1	<1	<1	<1	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,20	<0,5	<0,5	<0,5	0,75	0,65	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	14
GU01															
Cadmio e composti	<0,05	<0,05	<0,05	0,35	0,10	<0,05	0,22	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,081	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	3,10	4,20	<1	2,00	2,10	<1	<1	<1	1,35	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,69	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	14
PI16															
Cadmio e composti	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	0,08	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	1,60	<1	<1	<1	1,90	<1	<1	<1	<1	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,90	0,62	<0,5	0,75	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,10	1,3	14
PE04															
Cadmio e composti	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,15	<0,05	0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	1,20	<1	<1	<1	2,90	<1	1,80	<1	0,90	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,15	0,67	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	1,3	14
Tab 1/A - D. Lgs. 172/2015															
Sostanza	OR07												Media annua µg/L	Limite SQA-MA µg/L	Limite SQA-CMA µg/L
	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21			
Cadmio e composti	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	0,19	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	2,60	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,40	<1	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,06	0,66	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,59	<0,5	1,3	14
VA10															
Cadmio e composti	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	<1	<1	<1	<1	3,70	2,50	0,50	<1	<1	1,20	1,30	<1	1,11	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,62	<0,5	1,3	14
SS01															
Cadmio e composti	<0,05	0,10	<0,05	0,09	0,10	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,2	-
Mercurio e composti	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,07
Nichel e composti	1,00	1,00	<1	<1	2,40	1,90	<1	1,10	<1	<1	2,50	<1	1,13	8,6	34
Piombo e composti	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,85	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	14

Tab. 6 - Valori analitici dei metalli relativi alla Tab. 1A del D. Lgs. 172/15.



#### 4.1.5 FITOPLANCTON

Le stazioni di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 14. Esse sono dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa ad una distanza di 500 e 3000 m ricadenti nei comuni di Alba Adriatica, Giulianova, Pineto, Pescara, Ortona, Vasto e San Salvo.

La loro ubicazione consente di effettuare valutazioni sia sulle pressioni antropiche presenti sulla fascia costiera, che sull'impatto e l'estensione delle fioriture algali.

La frequenza dei campionamenti, ai fini di effettuare una valutazione più completa degli eventuali fenomeni eutrofici, è bimestrale come richiesto dalla normativa vigente (D.M. 260/10).

Nei seguenti grafici viene riportato l'andamento delle abbondanze delle classi relative alle Diatomee, Dinoflagellate e Altro Fitoplancton. Dal confronto tra le varie classi si denota che il contributo delle diatomee e delle dinoficee sia pressoché equivalente.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton è rivolta alle seguenti valutazioni:

- Abbondanza (cell/L) e composizione di Diatomee;
- Abbondanza (cell/L) e composizione di Dinoficee;
- Abbondanza (cell/L) e composizione di Altro Fitoplancton.

L'analisi qualitativa rileva i principali gruppi tassonomici all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di fioriture algali.

La biomassa a carico del fitoplancton è dominata durante tutto l'anno dalla classe delle Diatomee, tipicamente invernale-primaverile, mentre gli andamenti delle Dinoficee e delle stesse Diatomee, nella restante parte dell'anno, risultano essere discontinui e con valori medi non elevati.

Inoltre in "Altro Fitoplancton" sono state prese in considerazione le classi: Euglenoficee, Cryptoficee, Prasinoficee e Rafidoficee, che possono rappresentare un'ampia fetta della popolazione microalgale e generare, in alcune occasioni, blooms con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

Come si evince dai grafici relativi agli andamenti annuali delle Diatomee (Figg. 55-57), i risultati evidenziano una maggiore concentrazione nei mesi di marzo e settembre su tutta la fascia costiera regionale.

Tra i taxa individuati, i più rappresentati sono stati *Chaetoceros spp.*, *Leptocylindrus spp.*, *Nitzschia spp.*, *Pseudo-nitzschia spp.* e *Thalassionema spp.*



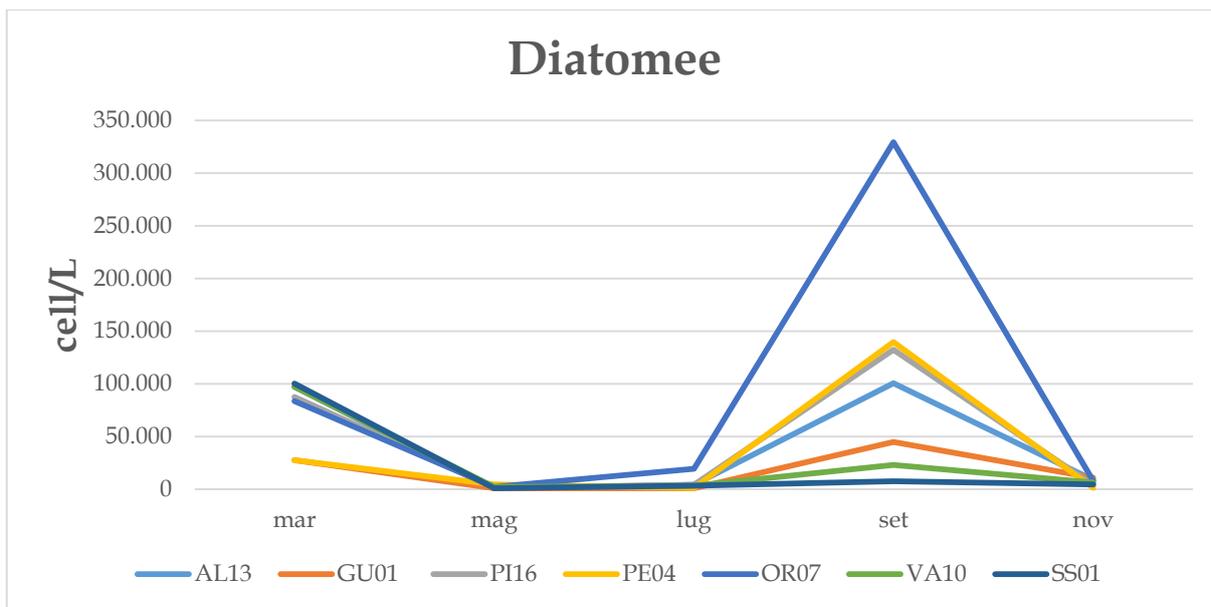


Fig. 55 - Andamento mensile delle Diatomee nelle stazioni a 500 m.

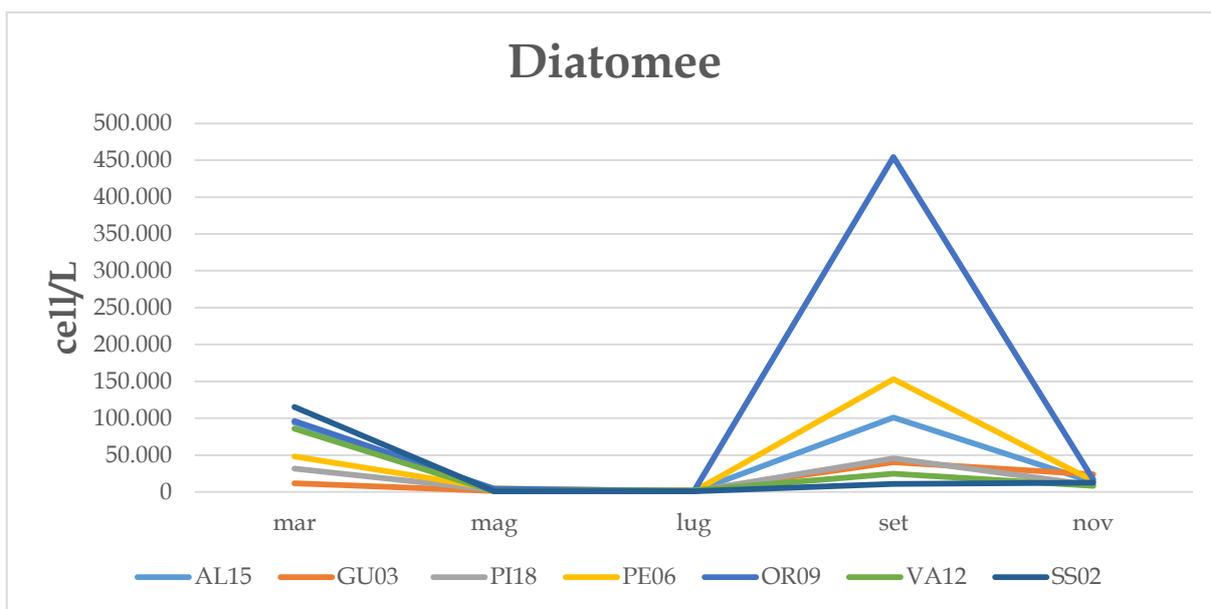


Fig. 56 - Andamento mensile delle Diatomee nelle stazioni a 3000 m.



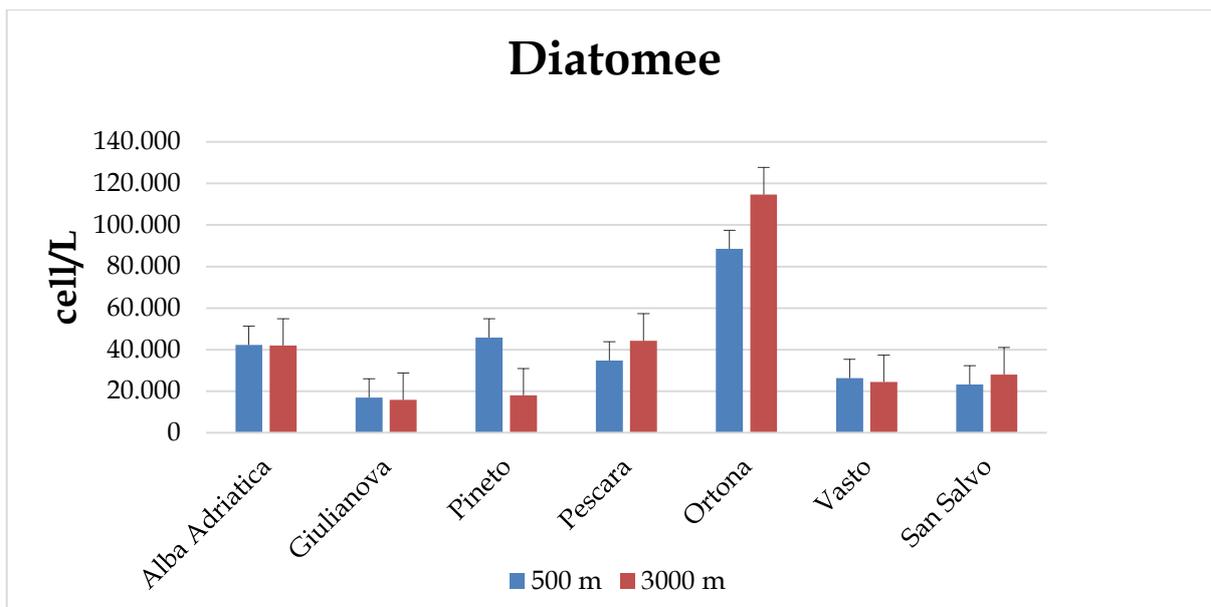


Fig. 57 - Medie annuali diatomee nelle stazioni a 500 m e 3000 m.

In figura 57 vengono riportate le medie annuali osservate per transetto.

Tra le classi delle Dinoficee si riscontrano abbondanze significative nei mesi di marzo e luglio. I generi maggiormente rappresentati sono risultati essere *Diplopsalis spp.*, *Gyrodinium spp.*, *Heterocapsa spp.*, *Oxytoxum spp.*, *Prorocentrum spp.* e *Scrippsiella spp.*. (Figg. 58-60)

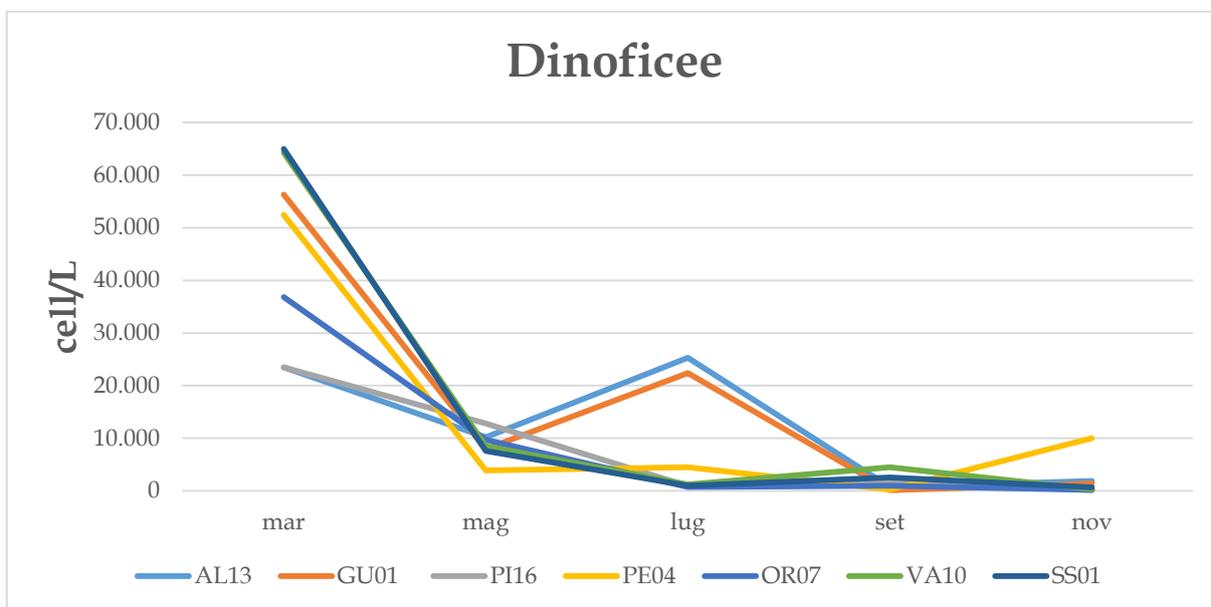


Fig. 58 - Andamento mensile delle Dinoficee nelle stazioni a 500 m.



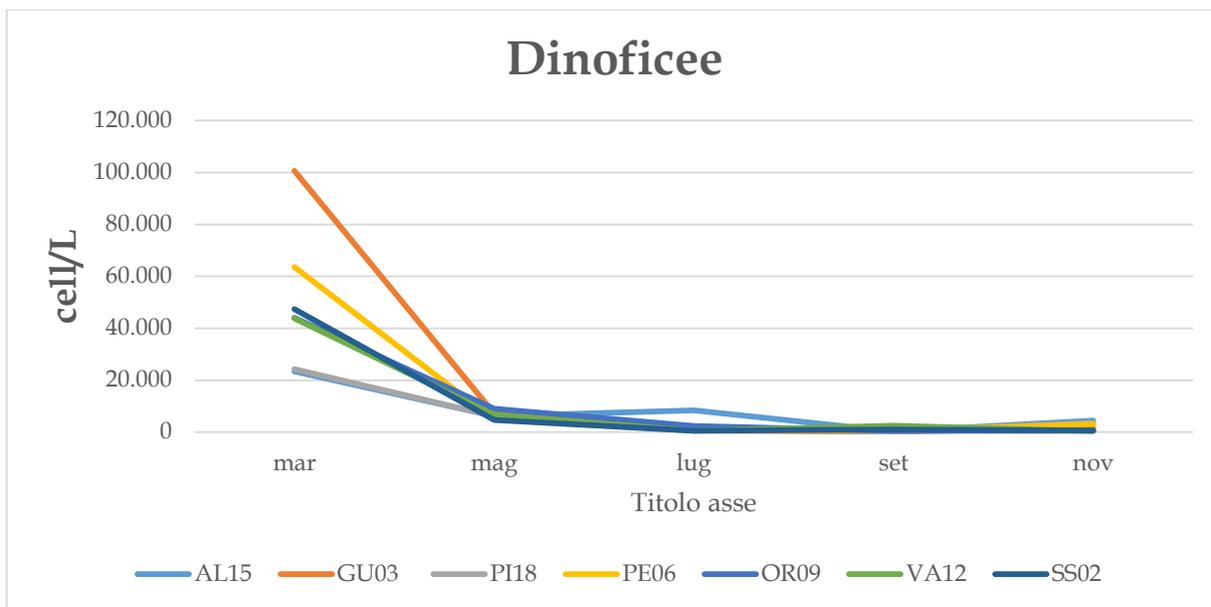


Fig. 59 - Andamento mensile delle Dinoficee nelle stazioni a 3000 m.

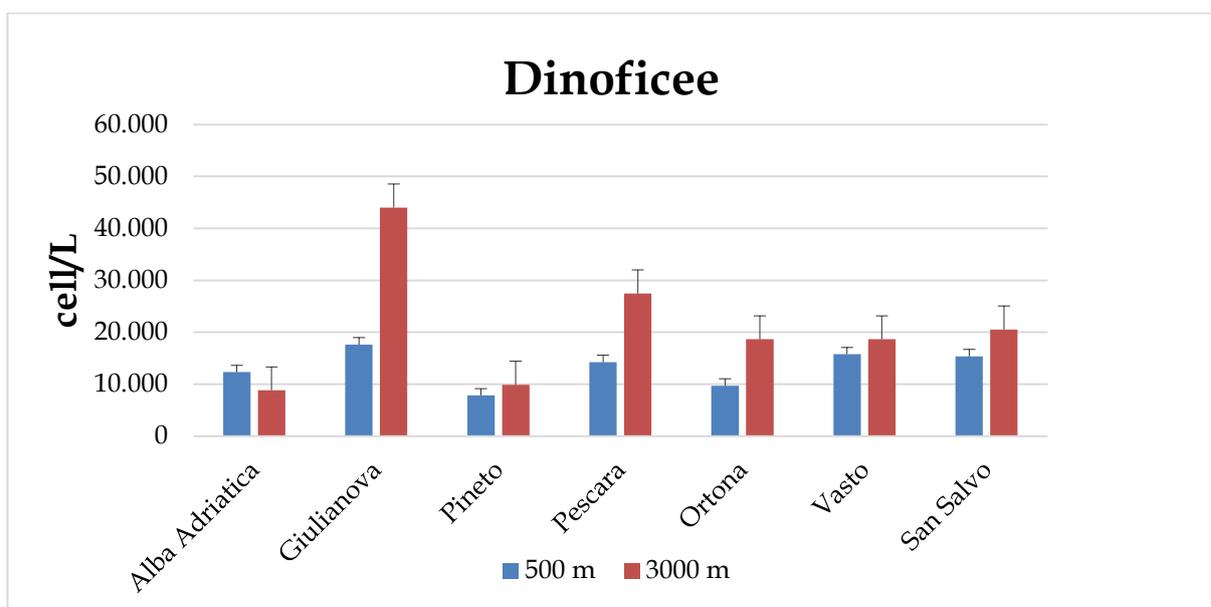


Fig. 60 - Medie annuali dinoficee nelle stazioni a 500 m e 3000 m.

In figura 60 vengono riportate le medie annuali osservate per transetto.

L'altro fitoplancton è stato caratterizzato dalla presenza dei generi *Coccolithophyceae indet.*, *Cryptophyceae indet.*, *Crysophyceae indet.* e *Euglenophyceae indet.* nel mese di marzo.



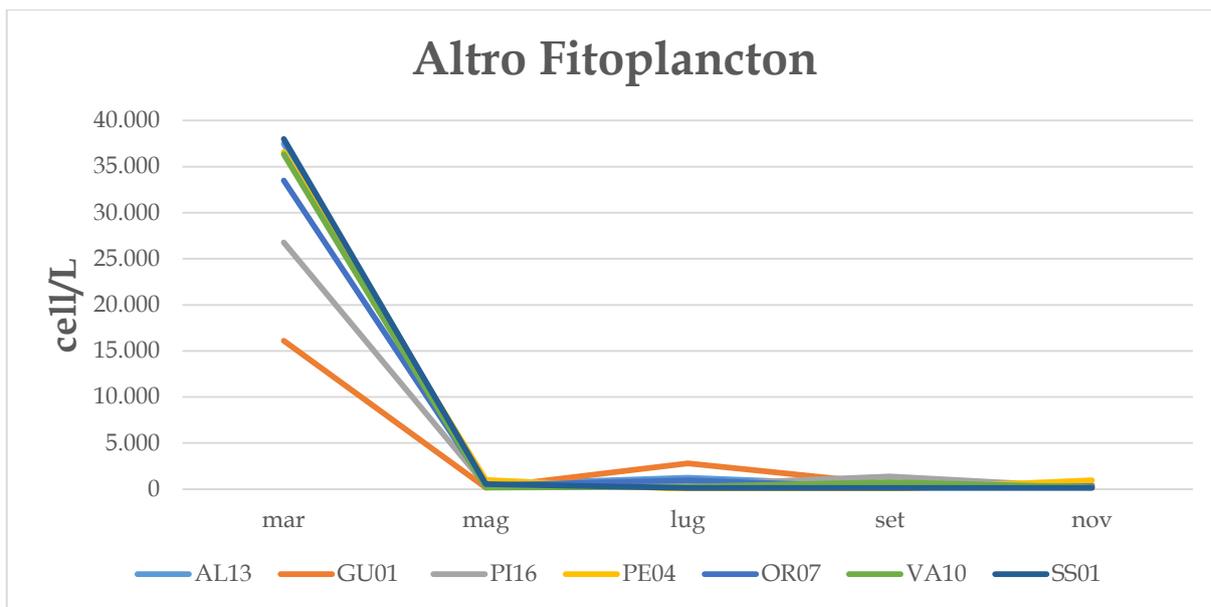


Fig. 61 - Andamento mensile di altro fitoplancton nelle stazioni a 500 m.

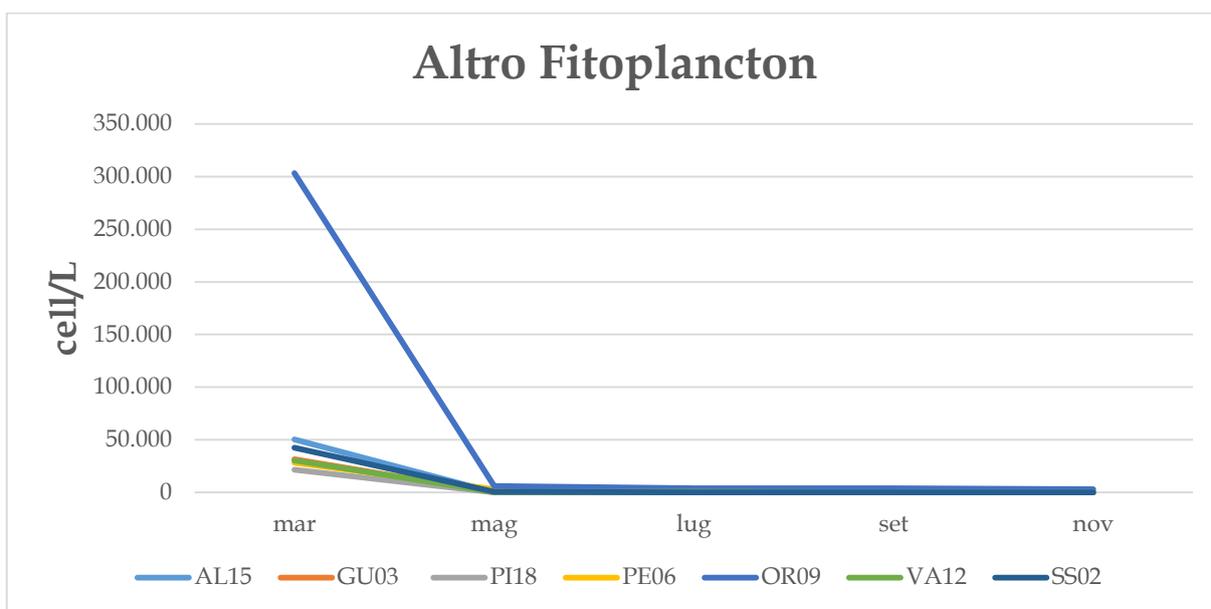


Fig. 62 - Andamento mensile di altro fitoplancton nelle stazioni a 3000 m.



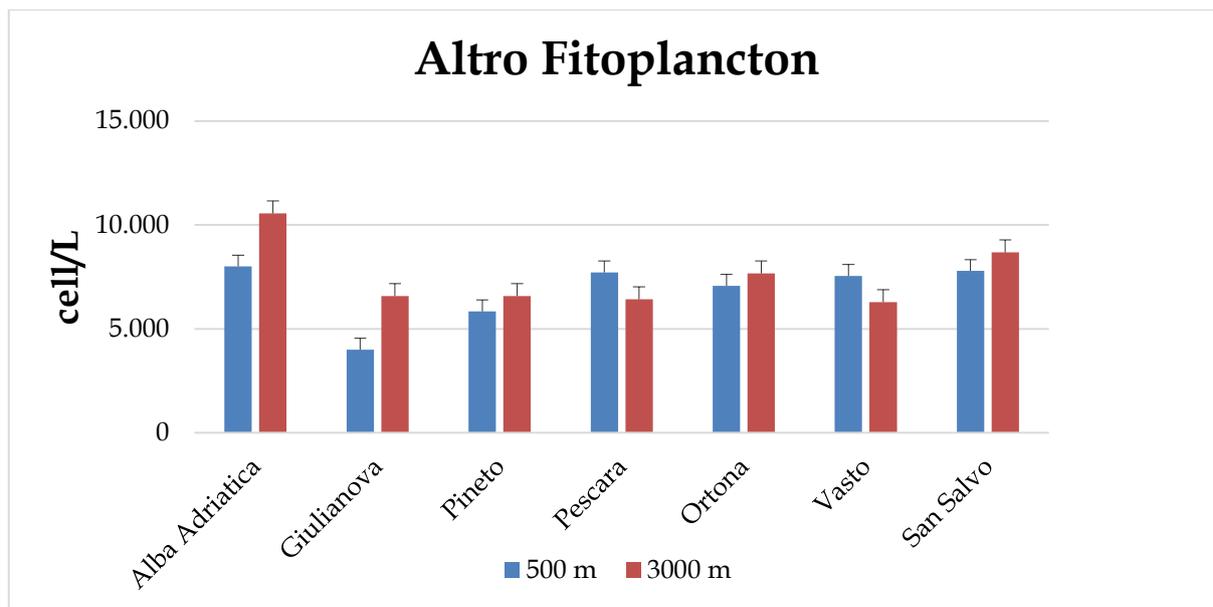


Fig. 63 – Medie annuali altro fitoplancton nelle stazioni a 500 m e 3000 m.

In figura 63 vengono riportate le medie annuali osservate per transetto.

Durante l'anno di osservazione microscopica dei campioni prelevati lungo l'intera fascia costiera, sono stati rinvenuti 146 taxa, di cui 103 determinati a livello di genere o specie e 8 a livello di classe o entità non determinate. (Tab. 7)

I taxa sono risultati così ripartiti:

- Diatomee 65 (44,5 %)
- Dinoficee 68 (46,5 %)
- Altro fitoplancton 13 (9,0 %)

Tab. 7 - Elenco floristico delle specie fitoplanctoniche identificate nell'anno 2021

PHYLUM	Specie	PHYLUM	Specie	PHYLUM	Specie
DIATOMEE	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	DINOFITEE	<i>Akashiwo sanguinea</i>	ALTRO FITOPLANCTON	<i>Chaetonea</i> sp.
	<i>Asterolampra</i> sp.		<i>Alexandrium minutum</i>		<i>Coccolithophyceae</i> indet.
	<i>Asteromphalus</i>		<i>Alexandrium</i> sp.		<i>Cryptophyceae</i> indet.
	<i>Bacillaria paxillifera</i>		<i>Ceratium candelabrum (tripos candelabrum)</i>		<i>Crysothricaceae</i> indet.
	<i>Bacillariophyceae</i> indet.		<i>Ceratium furca (tripos furca)</i>		<i>Dictyocha fibula</i>
	<i>Bacteriatrum</i> sp.		<i>Ceratium fusus (tripos fusus)</i>		<i>Emiliana huxley</i>
	<i>Carataulina pelagica</i>		<i>Ceratium lineatum</i>		<i>Euglena cf. acusformis</i>
	<i>Chaetoceros affinis</i>		<i>Ceratium massiliense (tripos massiliense)</i>		<i>Euglenophyceae</i> indet.
	<i>Chaetoceros brevis</i>		<i>Ceratium pentagonum</i>		<i>Eutreptiella</i>
	<i>Chaetoceros concavicornis</i>		<i>Cisti</i> indet.		<i>Hillea fusiformis</i>
	<i>Chaetoceros costatus</i>		<i>Dinoflagellati</i> indet.		<i>Micromonas bravo</i>
	<i>Chaetoceros curvoisetus</i>		<i>Dinophysis acuta</i>		<i>Micromonas</i> sp.
	<i>Chaetoceros dadayi</i>		<i>Dinophysis caudata</i>		<i>Syracophera pulchra</i>
	<i>Chaetoceros danicus</i>		<i>Dinophysis fortii</i>		
	<i>Chaetoceros decipiens</i>		<i>Dinophysis ooum</i>		
	<i>Chaetoceros peruvianus</i>		<i>Dinophysia rotundata</i>		
	<i>Chaetoceros simplex</i>		<i>Dinophysia sacculus</i>		
	<i>Chaetoceros socialis</i>		<i>Diplopsalis</i> group		
	<i>Chaetoceros</i> sp.		<i>Diplopsalis lenticula</i>		
	<i>Cocconeis</i> sp.		<i>Diplopsalis</i> sp. (group)		
	<i>Coscinodiscus centralis</i>		<i>Gonyaulax polygramma</i>		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		<i>Gonyaulax scippsae</i>		
	<i>Cyclotella</i> sp.		<i>Gonyaulax</i> sp.		
	<i>Cylindrotheca closterium</i>		<i>Gonyaulax spinifera</i>		
	<i>Cylindrotheca fusiformis</i>		<i>Gymnodinium estuariale</i>		
	<i>Dactyliosolen blavyanuis</i>		<i>Gymnodinium</i> sp.		
	<i>Dactyliosolen</i> sp.		<i>Gyrodinium fusiforme</i>		
	<i>Diploneis</i> sp.		<i>Gyrodinium</i> sp.		
	<i>Ditylum brightwellii</i>		<i>Heterocapsa</i> sp.		
	<i>Entonemeis</i> sp.		<i>Karenia mikimotoi</i>		
	<i>Guinardia flaccida</i>		<i>Karenia</i> sp.		
	<i>Guinardia striata</i>		<i>Kofoedinium velleoides</i>		
	<i>Gyrosigma</i> sp.		<i>Lebouridium glaucum</i>		
	<i>Hemiaulus hauckii</i>		<i>Lingulodinium polyedrum</i>		
	<i>Lauderia annulata</i>		<i>Mesoporos adriaticus</i>		
	<i>Leptocylindrus danicus</i>		<i>Mesoporos perforatus</i>		
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>		<i>Noctiluca scintillans</i>		
	<i>Leptocylindrus minimus</i>		<i>Oxyphysis</i> sp.		
	<i>Licmophora gracilis</i>		<i>Oxytoxum scolopax</i>		
	<i>Lioloma pacificum</i>		<i>Oxytoxum</i> sp.		
	<i>Lioloma</i> sp.		<i>Oxytoxum variabile</i>		
	<i>Lithodesmium</i> sp.		<i>Polykrikos</i> sp.		
	<i>Navicula</i> sp.		<i>Prorocentrum bipes</i>		
	<i>Nitzschia longissima</i>		<i>Prorocentrum compressum</i>		
	<i>Nitzschia sigma</i>		<i>Prorocentrum cordatum</i>		
	<i>Nitzschia</i> sp.		<i>Prorocentrum gracile</i>		
	<i>Paralia sulcata</i>		<i>Prorocentrum micans</i>		
	<i>Pleurosigma</i> sp.		<i>Prorocentrum minimum</i>		
	<i>Proboscia alata</i>		<i>Protoceratium reticulatum</i>		
	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>		<i>Protoceratium rostratum</i>		
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima complex</i>	<i>Protoperidinium bipes</i>				
<i>Pseudo-nitzschia seriata complex</i>	<i>Protoperidinium brevipes</i>				
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	<i>Protoperidinium crassipes</i>				
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	<i>Protoperidinium depressum</i>				
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Protoperidinium diabolium</i>				
<i>Rhizosolenia pungens</i>	<i>Protoperidinium divergens</i>				
<i>Rhizosolenia robusta</i>	<i>Protoperidinium minutum</i>				
<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Protoperidinium oceanicum</i>				
<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Protoperidinium robustum</i>				
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Protoperidinium</i> sp.				
<i>Tabellaria</i> sp.	<i>Protoperidinium stenii</i>				
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	<i>Protoperidinium subinermis</i>				
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Scrippsiella</i> sp.				
<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Scrippsiella trochoidea (acuminata)</i>				
<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Tecati</i> sp.				
	<i>Tecati</i> sp. O <i>Protoperidinium</i>				
	<i>Torodinium robustum</i>				
	<i>Torodinium</i> sp.				



## 4.2 MACROINVERTEBRATI BENTONICI

Gli organismi bentonici sono generalmente caratterizzati da una scarsa motilità. Quest'ultima aumenta la probabilità di una loro esposizione a fattori di stress che li rende degli ottimi indicatori locali di perturbazione.

La composizione e la struttura di tali comunità può essere quindi utilizzata come indicatore per la valutazione della qualità delle condizioni ambientali, poiché evidenzia le modificazioni che in essa si verificano in caso di eventuali impatti.

Tale analisi risulta essere sostanziale per la valutazione delle caratteristiche dell'ambiente marino al fine di descriverne le condizioni di alterazione dalla naturalità.

In condizioni ambientali stabili, una biocenosi bentonica di fondo mobile, risulta essere sottoposta a lievi cambiamenti temporali, sia qualitativi che quantitativi. Essa sarà composta da un elevato numero di specie rappresentate da pochi individui e da una notevole biodiversità. Fenomeni di perturbazione delle condizioni ambientali causano solitamente una riduzione del numero totale di specie e allo stesso tempo un incremento di alcune specie maggiormente tolleranti a condizioni ambientali sfavorevoli.

Le stazioni di monitoraggio posizionate in prossimità della costa, riferite a fondali prevalentemente sabbiosi, risentono maggiormente dei fattori climatici e di quelli legati all'apporto delle acque dolci continentali, risultando soggette ad evidenti fluttuazioni in termini di struttura e composizione delle comunità.

Le stazioni posizionate a largo, riferite a fondali prevalentemente fangosi, non risultano essere direttamente influenzate dagli apporti fluviali, presentando quindi delle caratteristiche più omogenee in termini di struttura e composizione delle comunità durante l'arco dell'anno.

Nel 2021 sono state effettuate due campagne di campionamento per lo studio delle comunità macrozoobentoniche, una in primavera e l'altra in autunno.

Per ogni stazione sono state effettuate tre repliche, come da metodologie analitiche di riferimento, per un totale di 42 campioni di macrobenthos, che sono stati sottoposti ad analisi microscopica ed elaborazione dati.

Gli esemplari di macrofauna sono stati quantificati ed identificati, laddove possibile, sino a livello di specie.

Viene di seguito riportato (tab. 8 e 9) l'elenco delle specie identificate:



Macrobenthos stazioni a 500 m				
PHYLUM	Specie	PHYLUM	Specie	
ANNELIDA	<i>Aricidea sp.</i>	ARTHROPODA	<i>Leucothoe incisa</i>	
	<i>Capitella capitata</i>		<i>Lio carcinius vernalis</i>	
	<i>Chaetozone sp.</i>		<i>Microprotopus maculatus</i>	
	<i>Chaetozone zetlandica</i>		<i>Natato lana neglecta</i>	
	<i>Cirratulus cirratus</i>		<i>Pachygrapsus mamoratus</i>	
	<i>Cirratulus sp.</i>		<i>Paraceneis sculpta</i>	
	<i>Dialychoe collaris</i>		<i>Pariambus typicus</i>	
	<i>Diopatra neapolitana</i>		<i>Periculodes longimanus</i>	
	<i>Eteone longa</i>		<i>Urothoe posedonis</i>	
	<i>Euclymene oerstedii</i>		CNIDARIA	<i>Cylista undata</i>
	<i>Glycera sp.</i>			<i>Amphura chiajei</i>
	<i>Glycera tridactyla</i>		ECHINODERMATA	<i>Astropecten jonsdani</i>
	<i>Goniada emerita</i>			<i>Echinocardium cordatum</i>
	<i>Goniada maculata</i>			<i>Abra alba</i>
	<i>Magelona mirabilis</i>		MOLLUSCA	<i>Acanthocardia tuberculata</i>
	<i>Maldane sp.</i>	<i>Acteon tomatis</i>		
	<i>Melina palmata</i>	<i>Anadara kagoshimensis</i>		
	<i>Micronephthys longicomis</i>	<i>Anadara transversa</i>		
	<i>Micronephthys sp.</i>	<i>Antalis inaequicostata</i>		
	<i>Minuspio cirrifer</i>	<i>Bela zonata</i>		
	<i>Mantidella sp.</i>	<i>Chamelea gallina</i>		
	<i>Nephtys hombergii</i>	<i>Cylichna cylindracea</i>		
	<i>Nereis sp.</i>	<i>Donax semistriatus</i>		
	<i>Notomastus aberans</i>	<i>Dosinia lupinus</i>		
	<i>Notomastus latericeus</i>	<i>Fabulina fabula</i>		
	<i>Onuphis eremita</i>	<i>Fustiaria rubescens</i>		
	<i>Orbinia sp.</i>	<i>Glycymeris nummaria</i>		
	<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Hemilepton nitidum</i>		
	<i>Phenacolum plumosa</i>	<i>Lembulus pella</i>		
	<i>Phyllocole lineata</i>	<i>Lentidium mediterraneum</i>		
	<i>Pista cristata</i>	<i>Lucinella divaricata</i>		
	<i>Priono spio cirrifer</i>	<i>Macoma angulus tenuis</i>		
	<i>Priono spio sp.</i>	<i>Mactra paulucci</i>		
	<i>Sabella sp.</i>	<i>Mactra stultorum</i>		
	<i>Scolelepis cantabra</i>	<i>Minachlamys varia</i>		
	<i>Scoletoma impatiens</i>	<i>Modiolus adriaticus</i>		
	<i>Scoletoma laurentiana</i>	<i>Neverita josephina</i>		
	<i>Sigalion mathildae</i>	<i>Peronidia albicans</i>		
	<i>Sigalion squamosus</i>	<i>Pharus legumen</i>		
	<i>Spiophanes bombyx</i>	<i>Pollitapes aureus</i>		
	<i>Spiophanes sp.</i>	<i>Retusa crossi</i>		
	<i>Stemaspis scutata</i>	<i>Spisula subtruncata</i>		
	<i>Stenelais boa</i>	<i>Tellin yaferuginoisa</i>		
	ARTHROPODA	<i>Ampelisca brevicornis</i>		<i>Thracia phaeolina</i>
		<i>Apsedopsis latreilli</i>		<i>Tritia mutabilis</i>
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>		<i>Tritia nitida</i>		
<i>Dio genes pugilator</i>		<i>Tritia pygmaea</i>		
<i>Gastrosaccus sanctus</i>		<i>Turbonilla acuta</i>		
<i>Hippomedon massiliensis</i>		<i>Varicorbula gibba</i>		
<i>Iphione amata</i>		<i>Volvulella acuminata</i>		

Macrobenthos stazioni a 3000 m				
PHYLUM	Specie	PHYLUM	Specie	
ANNELIDA	<i>Aricidea sp.</i>	ARTHROPODA	<i>Processa novaezelandiae</i>	
	<i>Capitella capitata</i>		<i>Upogebia typica</i>	
	<i>Chaetozone sp.</i>		ECHINODERMATA	<i>Amphium chiajei</i>
	<i>Cirratulus sp.</i>			<i>Amphium filiformis</i>
	<i>Dialychoe collaris</i>			<i>Astropecten spiculatus</i>
	<i>Euclymene oerstedii</i>	<i>Echinocardium cordatum</i>		
	<i>Euclymene sp.</i>	<i>Oestergrenia digitata</i>		
	<i>Glycera tridactyla</i>	<i>Ophiura ophiura</i>		
	<i>Goniada emerita</i>	<i>Paraleptopentacta elongata</i>		
	<i>Hamothoe sp.</i>	CNIDARIA		<i>Callactis parasitica</i>
	<i>Hyalinocella sp.</i>			<i>Cylista undata</i>
	<i>Lumbrineris latreilli</i>	MOLLUSCA		<i>Abra alba</i>
	<i>Magelona mirabilis</i>		<i>Abra nitida</i>	
	<i>Maldane sp.</i>		<i>Acteon tomatis</i>	
	<i>Melina palmata</i>		<i>Anadara kagoshimensis</i>	
	<i>Micronephthys sp.</i>		<i>Anadara transversa</i>	
	<i>Nephtys hombergii</i>		<i>Antalis inaequicostata</i>	
	<i>Notomastus aberans</i>		<i>Atlantella pulchella</i>	
	<i>Onuphis eremita</i>		<i>Bela zonata</i>	
	<i>Orbinia sp.</i>		<i>Calyptraea chinensis</i>	
	<i>Owenia fusiformis</i>		<i>Chamelea gallina</i>	
	<i>Paucibranchia bellii</i>		<i>Cylichna cylindracea</i>	
	<i>Pharus plumosa</i>		<i>Donax semistriatus</i>	
	<i>Phyllocole lineata</i>		<i>Dosinia lupinus</i>	
	<i>Pista cristata</i>		<i>Eulima bilineata</i>	
	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>		<i>Fabulina fabula</i>	
	<i>Priono spio cirrifer</i>		<i>Flexopecten glaber</i>	
	<i>Scoletoma laurentiana</i>		<i>Fustiaria rubescens</i>	
	<i>Sigalion squamosus</i>		<i>Hemilepton nitidum</i>	
	<i>Spiophanes bombyx</i>		<i>Hyalinocella</i>	
	<i>Stemaspis scutata</i>		<i>Kurtiella bidentata</i>	
	<i>Stenelais boa</i>		<i>Lucinella divaricata</i>	
	ARTHROPODA		<i>Alpheus glaber</i>	<i>Megastomia conoidea</i>
			<i>Ampelisca brevicornis</i>	<i>Modiolus subpicata</i>
			<i>Ampelisca diadema</i>	<i>Moerella distorta</i>
			<i>Apsedopsis latreilli</i>	<i>Neverita josephina</i>
		<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	<i>Nucula nitidosa</i>	
		<i>Callianassa subterranea</i>	<i>Parvicardium minimum</i>	
		<i>Corystes cassidulana</i>	<i>Peronidia albicans</i>	
		<i>Dio genes pugilator</i>	<i>Pharus legumen</i>	
		<i>Goneplax rhomboides</i>	<i>Philine quadripartita</i>	
		<i>Harpinia crenulata</i>	<i>Pollitapes aureus</i>	
		<i>Hippomedon massiliensis</i>	<i>Pyrgiscus rufus</i>	
		<i>Iphione amata</i>	<i>Spisula subtruncata</i>	
		<i>Leucothoe incisa</i>	<i>Tellin yaferuginoisa</i>	
<i>Lio carcinius depurator</i>		<i>Thracia papyracea</i>		
<i>Leptocheirus mariae</i>		<i>Tritia mutabilis</i>		
<i>Microprotopus maculatus</i>	<i>Tritia nitida</i>			
<i>Microdeutopus anomalous</i>	<i>Tritia pygmaea</i>			
<i>Pariambus typicus</i>	<i>Turbonilla acuta</i>			
<i>Periculodes longimanus</i>	<i>Varicorbula gibba</i>			

Tab. 8 - 9 - Elenco delle specie identificate nell'anno 2021

Per la determinazione degli indici di qualità biologica è stata elaborata la matrice delle abbondanze "taxa x stazione" sulla quale sono stati calcolati i seguenti parametri strutturali delle comunità:

- numero di specie
- numero di individui
- indice di diversità specifica (Shannon & Wiener, 1949): risulta compreso tra 0 e  $+\infty$  e tiene conto sia del numero di specie presenti che del modo in cui gli individui sono distribuiti fra le diverse specie.



d) indice di ricchezza specifica (Margalef, 1958): prende in considerazione il rapporto tra il numero di specie totali e il numero totale degli individui in una comunità. Quante più specie sono presenti nel campione, tanto più alto sarà tale indice.

e) indice di equiripartizione di Pielou (J) (Pielou E.C., 1966): valuta il grado di uniformità nella distribuzione degli individui tra le diverse specie; è massimo quando tutte le specie sono presenti con la stessa abbondanza, ha invece valori bassi quando è presente una sola specie abbondante. Risulta compreso tra 0 (una sola specie presente) e 1 (tutte le specie presenti in eguale abbondanza).

Gli indici rappresentano parametri indicatori del grado di complessità delle biocenosi studiate, che prescindono dalle caratteristiche e dalle esigenze delle singole specie che le compongono. Si presentano di seguito (Tab. 10) i dati relativi ai valori degli indici strutturali riferiti alla sola campagna di campionamento effettuata nel mese di settembre.

Indici Strutturali della comunità								
Stazioni di campionamento	Numero totale di specie (S)		Indice di ricchezza specifica (D)		Indice di diversità specifica (H)		Indice di equiripartizione (J)	
	Aprile	Ottobre	Aprile	Ottobre	Aprile	Ottobre	Aprile	Ottobre
AL13	32	36	4,34	4,88	3,40	2,29	0,68	0,44
GU01	31	26	2,95	2,58	0,72	0,28	0,14	0,06
PI16	34	29	4,23	4,15	3,24	3,40	0,64	0,69
PE04	29	34	3,68	4,86	2,66	3,77	0,55	0,73
OR07	35	39	5,01	5,66	4,31	3,35	0,84	0,62
VA10	38	30	5,15	4,86	4,00	3,63	0,76	0,74
SS01	24	30	3,73	4,38	4,04	2,62	0,88	0,52
AL15	39	32	5,77	5,01	4,57	4,14	0,86	0,83
GU03	40	31	5,29	4,73	4,47	3,55	0,84	0,72
PI18	40	42	5,25	5,93	4,21	4,29	0,79	0,80
PE06	27	31	4,42	4,36	4,26	2,96	0,90	0,60
OR09	18	21	2,94	3,38	3,53	3,87	0,85	0,88
VA12	20	20	3,25	3,27	3,71	3,21	0,86	0,74
SS02	30	33	4,72	5,10	4,44	4,35	0,90	0,86

Tab. 10 - Riepilogo Indici strutturali macrobenthos stazioni a 500 e 3000 m dalla costa.

Come evidenziato in tabella le stazioni OR07, AL15 e PI18 risultano avere i valori più elevati in termini di ricchezza specifica, diversità specifica e uniformità nella distribuzione degli individui tra le diverse specie, mentre i valori più bassi risultano essere quelli riscontrati nelle stazioni GU01, OR09 e VA12.



## Indice M-AMBI

Il D.M. 260/10 introduce un nuovo indice di qualità biologica per la caratterizzazione dei corpi idrici superficiali, l'M-AMBI. Tale indice si focalizza su alcune metriche delle comunità del macrobenthos, come il livello di diversità e di abbondanza degli invertebrati, nonché la proporzione tra organismi più o meno sensibili ai livelli di disturbo-stress; utilizza lo strumento dell'analisi statistica multivariata ed è in grado di riassumere la complessità delle comunità di fondo mobile, permettendo una lettura ecologica dell'ecosistema in esame.

L' **M-AMBI** (Muxika et al., 2007) include il calcolo dell' **AMBI** (Borja et al., 2000), dell' **indice di Shannon & Wiener (H')** ed il **numero di specie (S)**.

Per il calcolo dell'AMBI:

$$\text{AMBI} = [(0 \times \% \text{ GI}) + (1.5 \times \% \text{ GII}) + (3 \times \% \text{ GIII}) + (4.5 \times \% \text{ GIV}) + (6 \times \% \text{ GV})]/100$$

GI: specie sensibili;

GII: specie sensibili/tolleranti;

GIII: specie tolleranti;

GIV: specie opportuniste (secondo ordine);

GV: specie opportuniste (primo ordine).

Per il calcolo dell'Indice di diversità:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i)(\log_2 p_i)$$

$p_i$  = frequenza numerica della specie  $i$ -esima rispetto al totale degli individui =  $N_i/N$

$S$  = numero totale di specie presenti in ogni stazione

La modalità di calcolo dell'M-AMBI prevede l'elaborazione delle suddette tre componenti con tecniche di analisi statistica multivariata.

Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Per il calcolo dell'indice è necessario l'utilizzo del software "AZTI Marine Biotic Index-New Version AMBI 5.0" da applicarsi con l'ultimo aggiornamento della lista delle specie.

Nella Tab. 4.3.1/b del DM 260/10 sono riportati:

- i valori di riferimento per ciascuna metrica che compone l'M-AMBI;
- il limite di classe dell'M-AMBI, espresso in termini di RQE, tra lo stato elevato e lo stato buono, e tra lo stato buono e lo stato sufficiente, valido per i tre macrotipi (alta, media e bassa stabilità).



A seguito della seconda fase dell'esercizio di intercalibrazione comunitaria (MED GIG) i valori di riferimento hanno subito alcune piccole correzioni riferite all'unica tipologia proposta per il Mediterraneo "coste sabbiose sedimentarie - fondale basso".

Nella Dec. 2018/229/UE che abroga la Dec. 2013/480/UE i limiti di classe utilizzati, nonché i valori di riferimento sono i seguenti:

Limiti di classe e valori di riferimento per l' M-AMBI (MED GIG)

Macrotipo	Valori di riferimento			RQE	
	AMBI	H'	S	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente
Mediterraneo	0,5	4,8	50	0,81	0,61

Di seguito vengono riportati i grafici di distribuzione dell'indice AMBI (Figg. 64-65) ed i risultati dell'indice M-AMBI (tab. 11), con il corrispettivo stato di qualità calcolato per stazione, riferito alla campagna di monitoraggio effettuata in autunno.

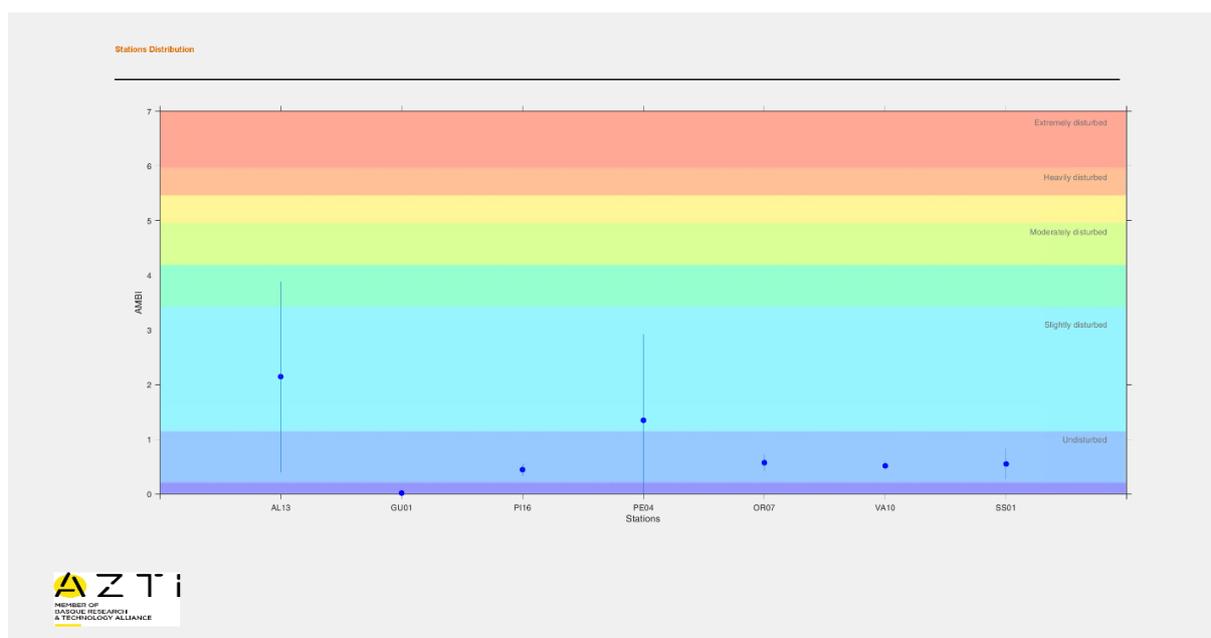


Fig. 64 - Indice AMBI per le stazioni poste a 500 m dalla costa



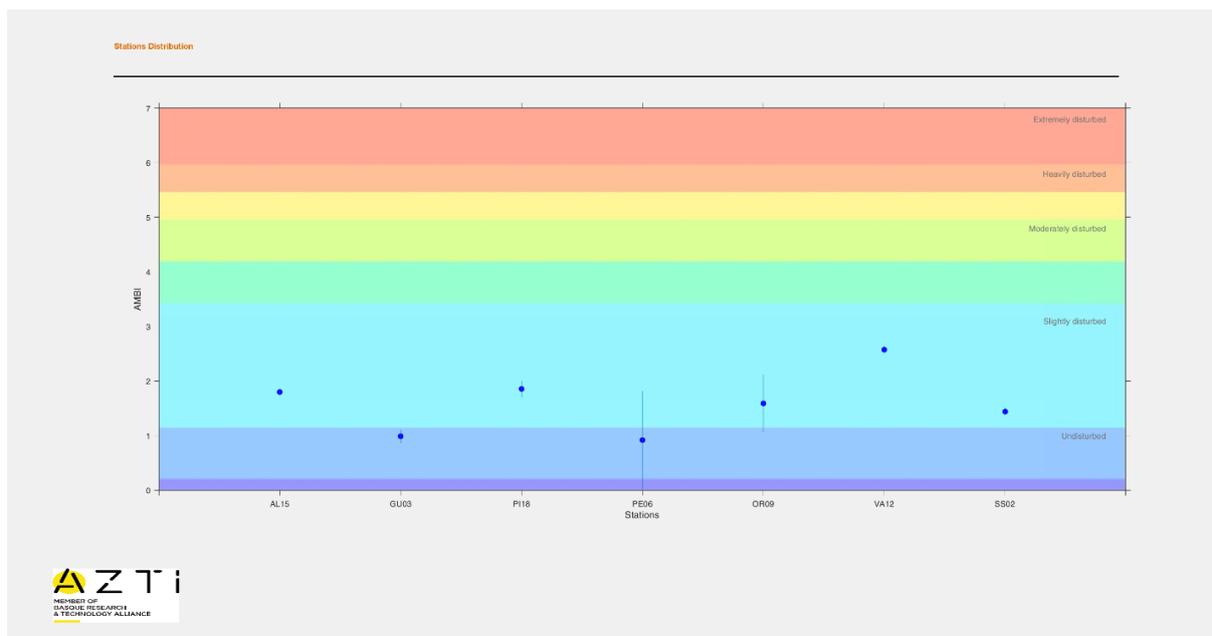


Fig. 65 - Indice AMBI per le stazioni poste a 3000 m dalla costa

Indici Biotici Macroinvertebrati				
Stazioni di campionamento	M-AMBI		M-AMBI	
	Aprile	Ottobre	Media	Stato
AL13	0,83	0,68	0,76	BUONO
GU01	0,70	0,61	0,66	BUONO
PI16	0,87	0,84	0,86	ELEVATO
PE04	0,79	0,82	0,81	ELEVATO
OR07	0,94	0,93	0,94	ELEVATO
VA10	0,95	0,87	0,91	ELEVATO
SS01	0,80	0,80	0,80	BUONO
AL15	0,94	0,82	0,88	ELEVATO
GU03	0,99	0,82	0,91	ELEVATO
PI18	0,91	0,91	0,91	ELEVATO
PE06	0,84	0,81	0,83	ELEVATO
OR09	0,69	0,74	0,72	BUONO
VA12	0,67	0,61	0,64	BUONO
SS02	0,88	0,86	0,87	ELEVATO

Tab. 11 - Riepilogo indice M-AMBI per le stazioni a 500 e 3000 m dalla costa

## 4.3 SEDIMENTO

### 4.3.1 INQUINANTI CHIMICI

I valori di concentrazione delle sostanze prioritarie ricercate nei sedimenti non hanno mai superato gli Standard di Qualità Ambientale (SQA-MA) riportati in Tab. 2/A del D. Lgs 172/15. Solo per il Cadmio, nelle stazioni OR09 e SS02, sono stati osservati valori uguali agli SQA-MA.

Tutti i microinquinanti organici hanno mostrato valori inferiori o prossimi ai limiti di quantificazione in tutte le stazioni di monitoraggio.

Anche per le sostanze diverse da quelle dell'elenco di priorità, presenti nella Tabella 3/B, non sono stati riscontrati superamenti degli SQA-MA; in particolare le concentrazioni dei Policlorobifenili (PCB) sono sempre risultate inferiori ai LOQ.

Nelle Tabelle che seguono sono riportati i dati, espressi come concentrazioni medie annue, relativi ai metalli e ai microinquinanti organici previsti nella tabella 2/A del D. Lgs. 172/15 e agli altri metalli presenti nella Tabella 3/B.

Stazioni	Cadmio	Mercurio	Piombo
AL13	<0,2	<0,05	2,0
GU01	<0,2	<0,05	3,7
PI16	<0,2	<0,05	2,6
PE04	<0,2	<0,05	3,4
OR07	<0,2	<0,05	2,7
VA10	<0,2	<0,05	4,3
SS01	<0,2	<0,05	2,8
AL15	<0,2	<0,05	3,0
GU03	<0,2	<0,05	2,7
PI18	0,2	<0,05	9,1
PE06	<0,2	<0,05	1,5
OR09	0,3	0,06	6,5
VA12	0,2	0,04	2,6
SS02	0,3	<0,05	5,7
<b>SQA-MA (mg/Kg s.s.)</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>30</b>

Tab. 11 - Concentrazioni medie annue dei metalli elencati nella tabella 2/A del D. Lgs. 172/15



Stazioni	Tributilstagno	Antracene	Naftalene	Aldrin	Alfa HCH	Beta HCH	Gamma HCH	DDT	DDD	DDE	Dieldrin
AL13	< 0,8	< 1	3,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
GU01	< 0,8	< 1	2,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,18	< 0,1
PI16	< 0,8	< 1	4,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1
PE04	< 0,8	< 1	3,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
OR07	< 0,8	< 1	1,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
VA10	< 0,8	< 1	2,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SS01	< 0,8	< 1	2,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
AL15	< 0,8	< 1	4,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,28	< 0,1
GU03	< 0,8	< 1	1,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
PI18	< 0,8	< 1	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
PE06	< 0,8	< 1	3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
OR09	< 0,8	< 1	3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
VA12	< 0,8	< 1	3,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,38	< 0,1	0,13	< 0,1
SS02	< 0,8	< 1	4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,18	< 0,1
SQA-MA (µg/Kg s.s.)	5	24	35	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,8	1,8	0,2

Tab. 12 - Concentrazioni medie annue dei microinquinanti organici in tabella 2/A del D. Lgs. 172/15.

Stazioni	Arsenico	Cromo totale	Cromo VI
AL13	5,3	9,3	< 0,2
GU01	5,2	0,4	< 0,2
PI16	5,6	9,4	< 0,2
PE04	7,4	10,2	< 0,2
OR07	6,8	8,0	< 0,2
VA10	7,5	7,1	< 0,2
SS01	8,0	7,5	< 0,2
AL15	7,5	11,8	< 0,2
GU03	7,6	11,7	< 0,2
PI18	8,0	14,7	< 0,2
PE06	6,8	9,7	< 0,2
OR09	8,2	33,8	< 0,2
VA12	8,2	23,0	< 0,2
SS02	6,6	22,1	< 0,2
SQA-MA (mg/Kg s,s,)	12	50	2

Tab. 13 - Concentrazioni medie annue dei metalli elencati nella tabella 2/A del D. Lgs. 172/15

I risultati di tutte le determinazioni analitiche effettuate sulla matrice sedimento, espresse come concentrazioni medie annue, e le sommatorie dei vari congeneri, dove previsto, sono presenti in allegato.



Al riguardo, si specifica che:

- nel caso delle sommatoria di PCDD/PCDF e PCB DL, sono sommati i vari contributi moltiplicandoli per il rispettivo fattore di tossicità;
- la sommatoria degli IPA, dei PCB e di PCDD/PCDF e PCB DL è calcolata seguendo l'approccio Medium bound, mentre le sommatorie dei DDX (DDT, DDE, DDD) secondo l'approccio lower bound";
- gli idrocarburi policiclici aromatici vengono espressi senza decimali ed hanno un LOQ pari 1 µg/kg s.s. per singolo congenere, i PCB ed i pesticidi organoclorurati (OCP) sono espressi con una cifra decimale ed hanno un LOQ di 0,1 µg/kg s.s. per singolo congenere, mentre le diossine ed i furani hanno LOQ diversi da congenere a congenere, comunque la loro sommatoria in tossicità equivalente è espressa con 5 cifre decimali.

#### 4.3.2 ANALISI GRANULOMETRICHE

I risultati delle analisi granulometriche dei sedimenti prelevati nelle stazioni a 500 m di distanza dalla costa evidenziano la dominanza della frazione sabbiosa (tra 95% e 99,0%) rispetto a quella pelitica. (Fig. 68)

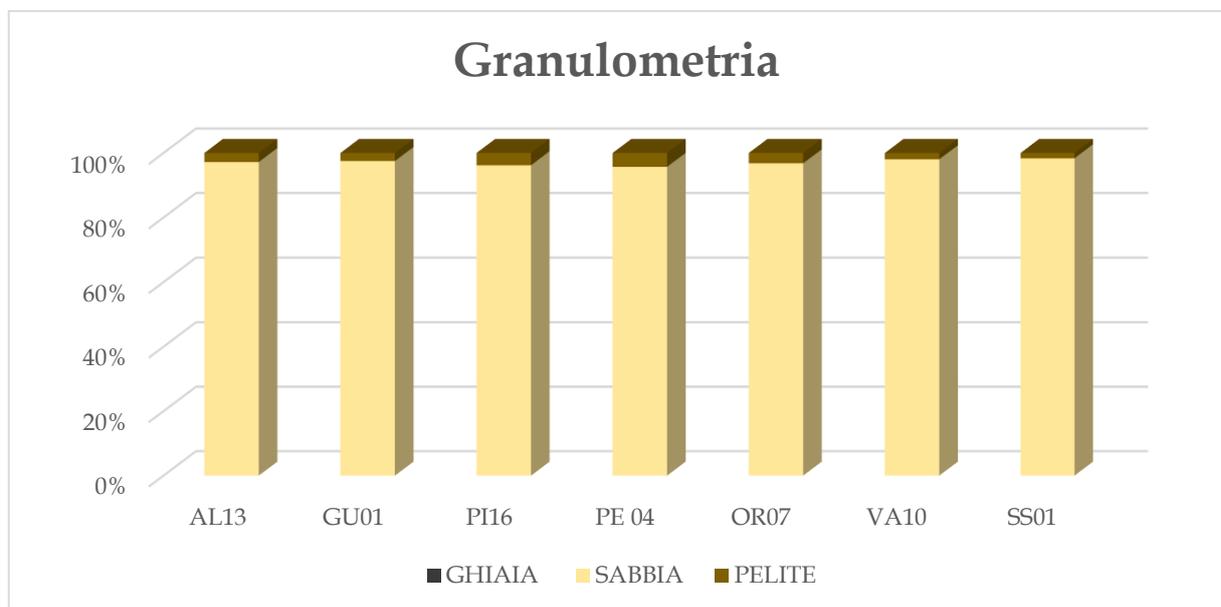


Fig. 68 - Caratterizzazione granulometrica del sedimento nelle stazioni a 500 m dalla costa.

Le stazioni a 3000 m di distanza dalla costa mostrano un apprezzabile incremento della frazione pelitica nel sedimento superficiale, compresa tra un minimo di 7,0% nella stazione PE06 ed un massimo del 72,8% nella stazione OR09. (Fig. 69)



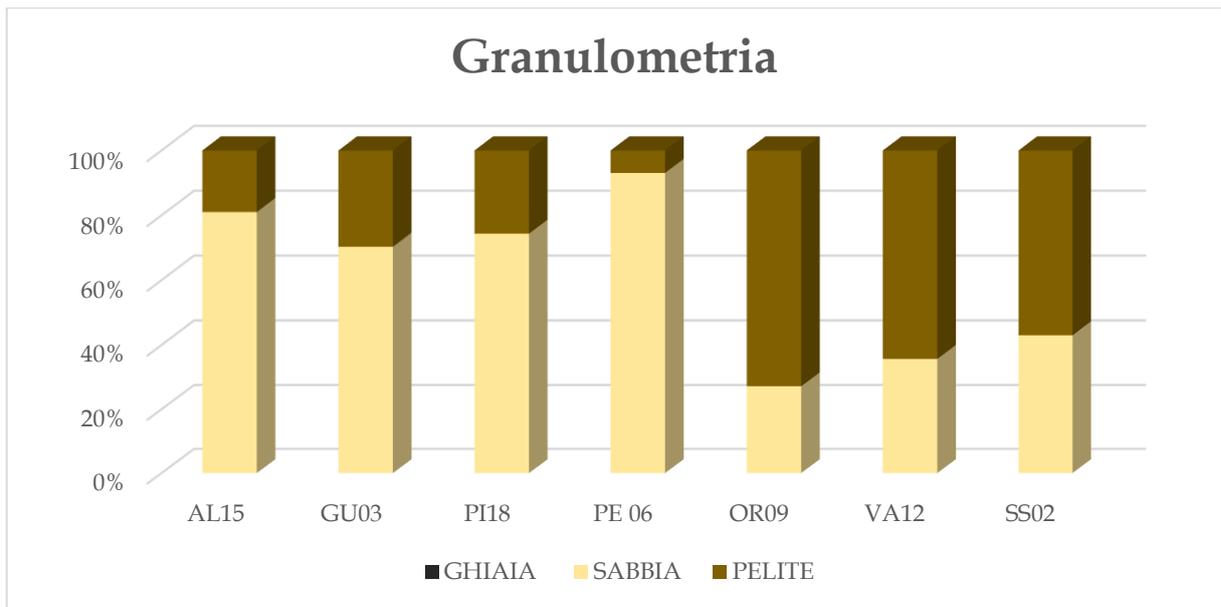


Fig. 69 - Caratterizzazione granulometrica del sedimento nelle stazioni a 3000 m dalla costa

### 4.3.3 INDAGINE TOSSICOLOGICA SUI SEDIMENTI

Per il programma di monitoraggio relativo all'anno 2021 i saggi di tossicità sono stati effettuati su campioni di sedimento superficiale prelevati nei transetti a 500 m dalla costa (AL13, GU01, PI16, PE04, OR07, VA10 e SS01) e a 3000 m dalla costa (AL15, GU03, PI18, PE06, OR09, VA12 e SS02) con una campagna di prelievi effettuata nel primo e nel secondo semestre dell'anno.

Nello specifico, il grado di tossicità eventualmente associabile allo strato superficiale di sedimento marino dei tratti più vicini alla costa e dei sedimenti prelevati nelle stazioni a 3000 m dalla costa, è stato individuato tramite l'utilizzo di una batteria di saggi tossicologici composta dal batterio marino *Aliivibrio fischeri* applicato al sedimento tal quale e dall'alga marina della specie *Pheodactylum tricornutum* e dall'ostrica *Crassostrea gigas* applicati alla matrice acquosa elutriato.

#### **Saggio acuto con *Aliivibrio fischeri***

L'applicazione del test di tossicità alla matrice solida (Solid Phase Test, SPT) è importante in quanto permette di associare l'eventuale tossicità, alla frazione pelitica che offre una maggiore superficie di adesione o di adsorbimento dei contaminanti.

Il saggio con il batterio marino *Aliivibrio fischeri* è stato applicato seguendo la metodica Rikz, Sop Specie-02 (2000) che prevede l'esposizione dei batteri per 30 minuti al sedimento tal quale e come endpoint la diminuzione della bioluminescenza. I risultati ottenuti, mediante un indice definito S.T.I. (Sediment Toxicity Index) inteso come rapporto tra la tossicità misurata e quella naturale stimata in relazione appunto alla frazione pelitica contenuta in ogni campione analizzato. Dato che la tossicità dei sedimenti è riconducibile prevalentemente alla frazione pelitica in quanto essa offre una maggiore superficie di adesione o di adsorbimento dei contaminanti, tale indice permette di correlare la tossicità eventualmente presente nella frazione < 63 µm. In generale il valore di S.T.I. va da  $\leq 3$  a  $>12$  con un giudizio di qualità che va da tossicità assente a molto alta, come riportato nella tabella 14.

S.T.I.	Giudizio di qualità
$STI \leq 3$	Assente
$3 < STI \leq 6$	Media
$6 < STI \leq 12$	Alta
$> 12$	Molta Alta

Tab. 14 - Scala di tossicità acuta applicabile al test con *Aliivibrio fischeri*. Vengono riportati i valori di S.T.I. ed il giudizio di qualità.



### Saggio acuto con *Pheodactylum tricornutum*

Questo saggio così come quello con il mollusco bivalve, prevede l'esposizione ad una matrice acquosa quale l'elutriato, che risulta anch'essa molto importante dal momento che questa fase liquida è la porzione solubile, estratta dal sedimento, più rappresentativa in quanto, pur costituendo un artefatto, è la simulazione più vicina alle movimentazioni dei fondali e ai dragaggi.

La metodica per l'esecuzione del saggio algale con la specie *Pheodactylum tricornutum* è la norma UNI EN ISO 10253 (2017), che prevede l'esposizione delle alghe al campione acquoso elutriato.

Il saggio con l'alga marina prevede come endpoint la valutazione del tasso di crescita delle alghe esposte al campione di elutriato per  $72 \pm 2$  h in confronto al controllo. Le colture algali, vengono preparate prima dell'esecuzione delle fasi analitiche e vengono esposte in fase di crescita esponenziale, al campione tal quale (100%) e alla diluizione del 50%, preparati in 3 repliche miscelando appropriate quantità del mezzo di crescita con la soluzione acquosa da analizzare. Le piastre con gli organismi, vengono incubate per un periodo di  $72 \pm 2$  h al termine del quale vengono fissati per permettere la lettura. Quest'ultima viene effettuata mediante contatore di cellule Beckman Coulter.

### Saggio sub-cronico con *Crassostrea gigas*

La metodica per l'esecuzione del saggio con *Crassostrea gigas* è la norma ISO 17244:2015, che prevede l'esposizione di embrioni di mollusco all'elutriato. Gli organismi di *C. gigas* sono stati acquistati presso una sea farm che alleva organismi già condizionati e come tali maturi per l'esecuzione dei saggi ecotossicologici.

Il saggio prevede come endpoint la valutazione della percentuale di larve normoformate dopo esposizione al campione di elutriato per 24 h in confronto al controllo. Gli embrioni ottenuti dopo una fase di emissione dei gameti ed una di fecondazione, vengono esposti al campione tal quale (100%) e alla diluizione del 50%, in 3 repliche.

Le piastre con gli organismi, vengono incubate per  $24 \pm 2$  h e al termine vengono fissati per permettere la lettura. Il numero totale di organismi che deve essere contato per ogni camera test è pari a 100 per ogni replica e vanno distinti tra larve normoformate e larve anomale. Le anomalie da osservare possono essere costituite da: stadi prelarvali, cioè tutti quegli stadi che vanno dalle prime divisioni cellulari fino allo stadio di trocofora; larve morte, cioè tutte quegli organismi di cui si riscontra solo la conchiglia, ma non vi è traccia di parti molli; malformazioni vere e proprie, che comprendono la presenza di larva convessa, oppure di margine della conchiglia danneggiato, oppure di conchiglia incompleta oppure di mantello estruso (figura 70).

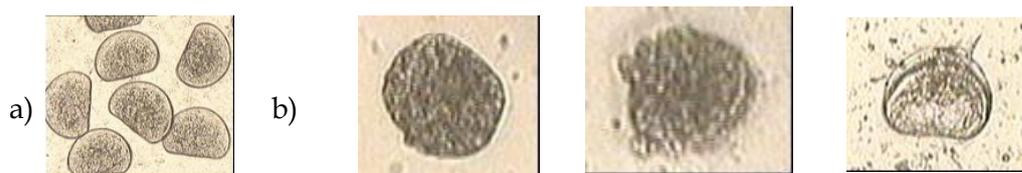


Fig. 70 - esempi di larva normoformata (a) e delle malformazioni larvali: larva con convessità del cardine (b), margine della conchiglia danneggiato (c), conchiglia incompleta (d).

### **Preparazione della matrice acquosa: elutriato**

Tale matrice viene ottenuta mediante un processo di “lavaggio” del sedimento che consente di valutare i potenziali effetti tossici sulle componenti biologiche sensibili della colonna d'acqua in seguito ad eventi di mobilizzazione, risospensione e rideposizione del sedimento. La matrice acquosa viene preparata mediante energica agitazione del sedimento con acqua di diluizione (acqua marina artificiale al 31 per mille per le alghe e al 34 per mille per i molluschi), seguita da una fase di decantazione del sedimento e recupero e, se necessario, di successiva centrifugazione del surnatante (ASTM, 1991).

La metodica utilizzata nella preparazione di tale matrice di saggio prevede l'uso del rapporto sedimento:acqua 1:4 utilizzando il peso secco per il calcolo del suddetto rapporto. Per la preparazione dell'elutriato si procede come segue:

1. pesare 100 gr di sedimento all'interno di un becher da 1 L ed aggiungere il volume di acqua calcolato;
2. mettere il sedimento ad agitare con le pale dell'agitatore per 1 h a 230 rpm;
3. posizionare il contenitore in posizione centrale stando attenti che le pale non tocchino le pareti del becher; in alternativa utilizzare un agitatore magnetico e agitare il sedimento con un'ancoretta magnetica di una grandezza e selezionare una velocità tale da movimentare il sedimento all'interno del becher da 1 L;
4. al termine dell'agitazione lasciare sedimentare per 1 h a 4° C coprendo con parafilm;
5. recuperare il surnatante;
6. stoccare il surnatante in provette da 50 mL distribuendo le aliquote separatamente in base alle analisi da eseguire;
7. stoccare il campione acquoso in frigorifero nel caso in cui venga analizzato entro le 24 h dalla preparazione, altrimenti se non è possibile effettuare subito l'analisi, stoccare in freezer a -20° C per un massimo di tre mesi.
8. In caso sia richiesto dal metodo biologico, centrifugare o filtrare il campione. In caso di centrifugazione, procedere a 3200 rpm for 15' a 4° C. In caso di elutriato per il saggio di tossicità con alghe procedere alla filtrazione con siringhe da 50 mL e filtri da 0,45µm.

### **Risultati**

I risultati ottenuti con la batteria completa dei tre saggi applicati ai sedimenti prelevati nei transetti a 500 e 3000 m dalla costa, vengono riportati nella tabella sottostante.

Nella prima colonna sono riportati i risultati ottenuti con il batterio *Aliivibrio fischeri* applicato al sedimento tal quale. I risultati sono espressi in S.T.I. (Sediment Toxicity Index) come rapporto tra la tossicità misurata e quella naturale stimata in relazione alla frazione pelitica contenuta in ogni campione analizzato.

I risultati mostrano una tossicità assente per tutti i campioni analizzati con il batterio luminescente come si evince dal giudizio di qualità applicabile al test con *Aliivibrio fischeri*.



Stazioni	Saggio con <i>Aliivibrio fischeri</i>		Saggio con <i>Pheodactylum tricornutum</i>		Saggio con <i>Crassostrea gigas</i>	
	S.T.I. Primo semestre	S.T.I. Secondo semestre	% inibizione Primo semestre	% inibizione Secondo semestre	% effetto Primo semestre	% effetto Secondo semestre
AL13	0.18	0.53	-17.9 ± 6.3	-2 ± 15	7.1 ± 5.7	21.3 ± 3.9
AL15	0.37	0.87	-5.9 ± 1.7	15.8 ± 4.3	3.3 ± 4.1	12.3 ± 5.2
GU01	0.05	0.73	-12.71 ± 0.6	22.9 ± 4.8	19.9 ± 6.4	28.3 ± 4
GU03	0.10	0.15	15.5 ± 5.1	9.1 ± 7	10.8 ± 3.4	12 ± 4
PI16	0.34	0.09	11 ± 2.8	-2.3 ± 6.2	17.4 ± 2.7	16.3 ± 4.5
PI18	0.38	0.21	6.5 ± 3.6	-8.1 ± 2	7.9 ± 2.1	8.14 ± 0.11
PE04	0.00	0.15	22.3 ± 1	18 ± 5.2	33.2 ± 7.9	25.2 ± 6.4
PE06	1.45	0.99	4.9 ± 5.1	-8.9 ± 2.1	18.7 ± 7	15.1 ± 4.6
OR07	0.09	0.85	-18.47 ± 0.15	1.7 ± 3.4	32 ± 6.5	29.8 ± 7
OR09	0.59	0.24	-13.7 ± 5.3	-6.7 ± 2.4	22.8 ± 4.3	13.6 ± 4.3
VA10	0.00	0.19	-21.1 ± 2.8	7.2 ± 5.3	6.6 ± 3.7	6.2 ± 2.8
VA12	0.42	0.11	-14.2 ± 2.1	11 ± 16	3.7 ± 2.5	5.814 ± 0.078
SS01	0.63	0.15	17.5 ± 2.5	-2 ± 15	6.7 ± 5.4	8.1 ± 2.2
SS02	0.11	0.19	5.5 ± 2.8	14.66 ± 0.87	6.4 ± 2	3.9 ± 4.2

Tab. 15 - Risultati ottenuti con la batteria di saggi di tossicità applicata ai sedimenti campionati.

Nella seconda colonna sono riportati i risultati ottenuti con il saggio di tossicità algale con valori di percentuale di effetto < 20% per la maggior parte dei campioni ad eccezione del sedimento prelevato a Giulianova a 3000 m nel secondo semestre; tutti gli altri campioni mostrano un effetto di eutrofizzazione.

Nella terza colonna sono riportati i risultati ottenuti con il saggio di tossicità con i molluschi bivalvi con valori di percentuale di effetto < 20% per la maggior parte dei campioni ad eccezione del sedimento prelevato a Giulianova a 500 m (28.3 % ± 4 secondo semestre) e di quelli prelevati a Pescara a 500 m (33.2 % ± 7.9 primo semestre; 25.2 % ± 6.4 secondo semestre) e a Ortona a 500 m (32 % ± 6.5 primo semestre; 29.8 % ± 7 secondo semestre) e a 3000 m (22.8 % ± 4.3 primo semestre).

### Classificazione dei sedimenti

L'entrata in vigore del DM 173/2016 relativo alle "Modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini", ha sancito una vera e propria "inversione culturale" riaffermando la centralità dell'approccio ecotossicologico, riconoscendone l'ufficialità e la priorità nell'esecuzione delle analisi dei sedimenti nell'ottica di una valutazione ponderata ed integrata.

Con questo decreto, come riportato nell'Allegato 1 dello stesso, si passa da un approccio "pass to fail" o "tabellare" basato sul risultato peggiore ottenuto nella batteria di saggi come era proposto nel manuale, a quello in cui la batteria di saggi (è rigoroso l'utilizzo di tre test per una batteria completa) viene valutata nel suo insieme, pesando la rilevanza



biologica degli endpoint, la significatività statistica e l'entità degli effetti oltre la tipologia di esposizione (durata e matrice).

I dati ottenuti da questa campagna di campionamento per il 2021 vengono elaborati tramite il software Sediqualsoft 109® V.2.0. Il software permette di ottenere una classificazione ecotossicologica ed un giudizio di "Classe di gravità del pericolo ecotossicologico" che va da assente, basso, medio, alto e molto alto.

Per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici applicata, si fa riferimento all'indice  $HQ_{Batteria}$  (Hazard Quotient della batteria) che va da un valore compreso tra 0 e 10 dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria, cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia. A seconda del valore di  $HQ_{Batteria}$  il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità da assente a molto alta (Tab. A.3 dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016).

HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI GRAVITA'
< 1	Assente
≥1 - 1.5	Basso
≥ 1.5 - 3.0	Medio
≥ 3.0 - 6.0	Alto
≥6.0 - 10.0	Molto Alta

Tab. 16 - Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) della batteria di saggi.

Per i campioni di sedimenti analizzati, la tabella sottostante riporta le classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ.

Stazioni	Classe di gravità del pericolo ecotossicologico	
	Primo semestre	Secondo semestre
AL13	Assente	Assente
AL15	Assente	Assente
GU01	Assente	Assente
GU03	Assente	Assente
PI16	Assente	Assente
PI18	Assente	Assente
PE04	Assente	Basso
PE06	Basso	Assente
OR07	Assente	Assente
OR09	Assente	Assente
VA10	Assente	Assente
VA12	Assente	Assente
SS01	Assente	Assente
SS02	Assente	Assente

Tab 17 - Classi di gravità del pericolo ecotossicologico per i sedimenti campionati nel 2020.



I risultati ottenuti mostrano una tossicità assente per tutti i campioni di sedimenti analizzati nei due transetti e nelle due campagne di prelievi del 2021.

Fa eccezione il campione di sedimento di Pescara che registra una tossicità bassa rilevata nel campione a 3000 m nel primo semestre e in quello a 500 m nel secondo semestre.

Un segnale di assenza di tossicità è stato confermato per le stazioni di Giulianova e di Alba riconfermando i risultati ottenuti nelle campagne di campionamento del 2019 e 2020.

Infine, le stazioni di Pineto e Ortona, che negli anni precedenti hanno mostrato un segnale di positività con una classe di gravità del pericolo ecotossicologico bassa, hanno invece registrato assenza di tossicità.

Di seguito vengono riportati il grafici della caratterizzazione ecotossicologica con i valori di HQ della batteria.



Fig. 71 - Valori di HQ della batteria di saggi ecotossicologici applicati ai sedimenti campionati nel primo semestre 2021.



Fig. 72 - Valori di HQ della batteria di saggi ecotossicologici applicati ai sedimenti campionati nel secondo semestre 2021.



## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'annualità di monitoraggio 2021 è la prima del nuovo ciclo operativo 2021-2023. I dati raccolti nel corso dell'anno sono pertanto i primi disponibili per la classificazione che sarà effettuata alla fine del triennio, mediante l'elaborazione degli indici di qualità basati sulle campagne di monitoraggio annuali e sui relativi parametri biologici, idrologici, fisico-chimici e chimici.

Il piano operativo delle attività di monitoraggio marino costiero è stato eseguito, sull'intera rete regionale, facendo riferimento alle modalità e alle tempistiche previste dal DM 260/2010 e riportate nella convenzione con il Servizio Opere Marittime della Regione Abruzzo per l'anno 2021.

In sintesi, dalle analisi dei dati del monitoraggio illustrati nella presente relazione, si è rilevato quanto segue:

1. Il calcolo dell'**Indice trofico TRIX** ha evidenziato un livello di trofia elevato per tutta la costa abruzzese, con valori medi annui di ogni transetto inferiori a 4.  
Tali risultati appaiono in linea con quanto osservato nel 2020, in cui, per le stazioni del tratto di costa settentrionale, erano stati riscontrati valori dell'indice TRIX più bassi rispetto al passato.
2. Gli **inquinanti chimici organici** determinati in colonna d'acqua (IPA, PCB, Pesticidi), sono risultati sempre inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni indagate.
3. I **microinquinanti inorganici** (metalli) determinati in colonna d'acqua, presentano valori spesso inferiori ai limiti di quantificazione. Rispetto agli standard di qualità ambientale, previsti dal D. Lgs. 172/15, per nessun metallo ricercato sono stati rilevati valori di concentrazione superiori agli standard di qualità ambientali, sia facendo riferimento ai valori medi annui (SQA-MA) che come concentrazioni massime ammissibili (SQA-CMA).
4. La **comunità fitoplanctonica** è stata caratterizzata nei mesi invernali/ autunnali dalla presenza di *Chaetoceros spp.*, *Leptocylindrus spp.*, *Nitzschia spp.*, *Pseudo-nitzschia spp.* e *Thalassionema spp.*, mentre nei mesi estivi da *Diplopsalis spp.*, *Gyrodinium spp.*, *Prorocentrum spp.* e *Scrippsiella spp.*. Non sono state riscontrate specie algali potenzialmente tossiche né bloom significativi.
5. **Riguardo ai sedimenti**, i valori di concentrazione degli inquinanti chimici ricercati non hanno mai superato i limiti SQA-MA previsti nelle Tabelle 2/A e 3/B del D. Lgs. 172/15.
6. Lo studio delle **comunità macrozoobentoniche** di fondo mobile, valutate mediante l'indice AMBI, evidenzia la buona qualità dell'ecosistema marino-costiero regionale.



Le stazioni sottocosta risultano essere caratterizzate da una generale condizione di assenza di disturbo, mentre quelle poste a largo da un lieve grado di disturbo. Fanno eccezione i transetti di Alba Adriatica e Pescara, che risultano essere lievemente disturbati anche sottocosta. L'indice M-AMBI, il quale tiene conto anche dei valori di composizione ed abbondanza delle diverse specie in relazione alle condizioni ambientali in cui esse vivono, risulta essere elevato per quasi tutta la fascia costiera abruzzese.

7. Per quanto riguarda le **analisi ecotossicologiche**, i risultati ottenuti mostrano una tossicità assente per tutti i campioni di sedimenti analizzati nei due transetti e nelle due campagne di prelievi del 2021. Fa eccezione il campione di sedimento di Pescara che registra una tossicità bassa rilevata nel campione a 3000 m nel primo semestre e in quello a 500 m nel secondo semestre. Un segnale di assenza di tossicità è stato confermato per le stazioni di Giulianova e di Alba riconfermando i risultati ottenuti nelle campagne di campionamento del 2019 e 2020. Infine, le stazioni di Pineto e Ortona, che negli anni precedenti hanno mostrato un segnale di positività con una classe di gravità del pericolo ecotossicologico bassa, hanno invece registrato assenza di tossicità.

.



## BIBLIOGRAFIA

1. APAT (2002). Gli indicatori trofici per le acque marino costiere, Rapporti 26/2002.
2. APAT IRSA-CNR (2003). Metodi analitici per le acque. Manuali e Linee guida, 29/2003.
3. Arizzi Novelli A., Losso C., Libralato G., Tagliapietra D., Pantani C., Volpi Ghirardini A. (2006). Is the 1:4 elutriation ratio affordable? Ecotoxicological comparison of four different sediment: water proportions. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 65:306-313.
4. ASTM, (1991). Standard Guide for Collection, Storage, Characterization, and Manipulation of Sediments for Toxicological Testing and for Selection of Samplers Used to Collect Benthic Invertebrates. E1391-03.
5. Avancini M., Cicero A. M., Di Girolamo I., Innamorati M., Magaletti E., Sertorio Zunini T. (2006). *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani, Vol. I – Fitoplacton*. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – DPN; ICRAM – Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare. 503.
6. Avancini M., Cicero A. M., Di Girolamo I., Innamorati M., Magaletti E., Sertorio Zunini T. (2006). *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani, Vol. II – Zooplacton Neritico – Tavole*. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – DPN; ICRAM – Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare. 198.
7. Barnes R.D. (1985). *Zoologia: gli Invertebrati*. Piccin ed., 1237.
8. Clarke K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18, 117-143.
9. Cossignani T., Cossignani V., Di Nisio A. & Passamonti M. (1992) *Atlante delle conchiglie del Medio Adriatico. L'Informatore Piceno Ed.*, Ancona: 118 pp.
10. D.M. 173 del 15 luglio 2016. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. GU Serie Generale n.208 del 0609-2016 - Suppl. Ordinario n. 40.
11. Falciai L., Minervini R. (1992). *Guida dei Crostacei Decapodi d'Europa*.
12. Fauvel P. (1923). *Faune de France*. P. Lechevalier – Paris.
13. Forni G., Occhipinti Ambrogi A. (2004). Applicazione del Coefficiente biotico ad una comunità macrobentonica nel Nord Adriatico. *Biol. Mar. Medit.*, 11 (2): 202-209.
14. ICRAM-ANPA-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Servizio Difesa Mare (2001). Programma di Monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003). Metodologie analitiche di riferimento.
15. ISO 17244:2015. Water quality – Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*).
16. Pérès J.M. & Picard J. (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31 (47), 137.
17. Picard J. (1965). Recherques qualitatives sur les biocenoses marines des substrats meubles dragables de la region maerseillaise. *Thèse Doct. Sci. Nat. Aix-Marseille*, 160.
18. Ricard M. (1987). *Atlas du Phytoplacton Marin*. Vol. I. Ed. du CNRS, Paris. 297



19. Riedl R. (1991). Fauna e flora del Mediterraneo. *Muzzio Ed.*, 777 .
20. Rouse G., Pleijel F. (2001). Polychaetes. *Oxford University Press, Hong Kong*, 354
21. Ruffo S. (ed.), 1982-1989-1993-1998 - The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1-2-3-4. Mémoires de l'Institute océanographique, Monaco, 13: 959 pp.
22. Standard Operating Procedures (2000). Microtox™ Solid Phase (*Vibrio fischeri*) Sediment Toxicity Test SPECIE-02 RIKZ.
23. Tortonese E. (1965). Echinodermata (Fauna d'Italia, 6). Calderini Ed., Bologna.
24. UNI EN ISO 10253:2017 Water quality - Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema sp.* and *Phaeodactylum tricornutum*.
25. Volpi Ghirardini A., Losso C., Arizzi Novelli A., Baù A., His E., Tagliapietra D. and P.F. Ghetti (2005). *Mytilus galloprovincialis* as bioindicator in embryotoxicity test to evaluate the sediment quality of the Lagoon of Venice (Italy). *Chemistry and Ecology* 21(6): 455 - 463.

### ALLEGATI

- Dati chimici colonna d'acqua;
- Dati chimici sedimenti.

















PARAMETRO	STAZIONI													
	AL13	AL15	GU01	GU03	PI16	PI18	PE04	PE06	OR07	OR09	VA10	VA12	SS01	SS02
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)</b>														
Acenafteone (µg/kg s.s.)	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acenafteone (µg/kg s.s.)	<1	2	<1	<1	3,5	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antracene (µg/kg s.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo(a)antracene (µg/kg s.s.)	3,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4,5	<1	<1
Benzo(a)pirene (µg/kg s.s.)	5	1,5	<1	<1	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1
Benzo(b+h)fluorantene (isomeri b,j) (µg/kg s.s.)	11	1,5	2	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	1,5	1	6	2	3
Benzo(g,h,i)perilene (µg/kg s.s.)	1,5	<1	1,5	<1	1,5	<1	<1	<1	<1	1	<1	1,5	<1	1,5
Benzo(k)fluorantene (µg/kg s.s.)	2	1,5	1,5	1,5	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	1,5	2
Crisene (µg/kg s.s.)	2,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,5	1	1
Dibenzo(a,h)antracene (µg/kg s.s.)	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fenantrene (µg/kg s.s.)	3	5	2,5	<1	6	2,5	3	2	<1	3,5	3	6	2,5	4,5
Fluorantene (µg/kg s.s.)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1	<1	1,5	1,5	3	<1	2
Fluorene (µg/kg s.s.)	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Pirene (µg/kg s.s.)	1,5	<1	1,5	1,5	1	<1	1,5	1	1	<1	<1	2,5	<1	2
Naftalene (µg/kg s.s.)	4	4,5	2,5	1,5	4,5	2	3,5	3	2	3	2	3,5	2	4
Indeno(1,2,3-c,d)pirene (µg/kg s.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,5	<1	<1
IPA totali (µg/kg s.s.)	37,5	25	18	14	26	12,5	18,5	14,5	11	17,5	16,5	40	14,5	25,5
<b>FITOFARMACI</b>														
2,4 - DDD (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4 - DDE (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4 - DDT (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
4,4 - DDD (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
4,4 - DDE (µg/kg s.s.)	<0,1	2,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,2	0,2	0,2
4,4 - DDT (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1
Alaclor (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aldrin (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
alfa - HCH (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
beta - HCH (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ciordano (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dieldrin (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endrin (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Eptacloro (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Eptacloro-epossido (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Esaclorobenzene (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
gamma - HCH (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sommatoria DDD (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sommatoria DDE (µg/kg s.s.)	<0,1	2,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,2	0,2	0,2
Sommatoria DDT (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1
<b>DIOSSENE (PCDD) e FURANI (PCDF)</b>														
Sommatoria T.E. PCDD,PCDF (diossine e furani) e PCB DL (µg I-TEQ/kg s.s.)	0,00177	0,00155	0,00164	0,0019	0,00158	0,00151	0,00182	0,00145	0,00157	0,00156	0,00161	0,00215	0,00167	0,00223
<b>COMPOSTI ORGANO STANNICI</b>														
Tributilstagno (µg/kg Sn s.s.)	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
<b>POLICLOROBIFENILI</b>														
PCB 101 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 105 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 114 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 118 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 126 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 128 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 138 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 153 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 156 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 169 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 180 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 28 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 52 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 77 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB 81 (µg/kg s.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sommatoria PCB (µg/kg s.s.)	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7
<b>GRANULOMETRIA</b>														
GHIAIA (>2 mm) (%)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SABBIA (0,063 mm < x < 2 mm) (%)	97,2	81,0	97,5	70,3	96,2	74,4	95,7	93,1	96,8	27,2	98,1	35,7	98,3	43,0
PELITE (<0,063 mm) (%)	2,8	19,0	2,5	29,7	3,8	25,6	4,3	6,9	3,2	72,8	1,9	64,3	1,7	57,0
<b>TOC</b>														
Carbonio organico totale (% peso)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Residuo Secco a 105 °C (% m/m)	77,7	76,6	78,0	74,6	79,4	61,3	77,5	77,4	77,6	76,6	77,6	66,3	77,5	69,2
<b>METALLI</b>														
Arsenico (mg/kg s.s.)	5,25	7,45	5,2	7,55	5,6	7,95	7,35	6,8	6,75	8,15	7,5	8,2	8	6,55
Cadmio (mg/kg s.s.)	0,10	0,10	0,17	0,10	0,17	0,20	0,18	0,17	0,16	0,31	0,16	0,25	0,19	0,34
Cromo totale (mg/kg s.s.)	9,3	11,8	10,4	11,7	9,4	14,7	10,2	9,7	8,0	33,8	7,1	23,0	7,5	22,1
Cromo VI (mg/kg s.s.)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Mercurio (mg/kg s.s.)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nichel (mg/kg s.s.)	6,8	9,8	7,5	8,5	7,9	11,3	8,5	8,1	6,0	25,7	5,2	18,1	6,0	18,4
Piombo (mg/kg s.s.)	2,0	3,7	2,6	3,4	2,7	4,3	2,8	3,0	2,7	9,1	1,5	6,5	2,6	5,7
Rame (mg/kg s.s.)	1,4	4,0	1,4	2,7	1,9	4,3	2,4	2,5	1,4	14,7	1,4	9,2	1,4	12,1

