

“MONITORAGGIO DELL’AMBIENTE MARINO COSTIERO DELLA REGIONE VENETO – DIRETTIVA 2000/60/CE”

ANALISI DEI DATI OSSERVATI NELL’ANNO 2021

Rapporto tecnico



Progetto e realizzazione

Unità Organizzativa Qualità del Mare e delle Lagune

Fabio Strazzabosco (Responsabile della struttura *ad interim*)

Anna Rita Zogno (Autore)

Con il contributo di

Andrea Bartenor, Daniel Fassina, Angela Zampieri

Attività di campionamento e di analisi di laboratorio

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente - Unità Organizzativa Qualità del Mare e delle Lagune

Dipartimento Regionale Laboratori - Sedi di Venezia, Treviso e Verona

Si ringraziano le Capitanerie di Porto territorialmente competenti per aver messo a disposizione di ARPAV il proprio personale e idonei mezzi nautici.

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

Agosto 2022

| | | |
|------------------------------|---|---|
| REV. 1 DEL 08/06/2023 | Errata corrige a pag. 53 | sostituito con |
| | nelle acque sono stati osservati valori eccedenti l'SQA-CMA solo per PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat), mentre non vi è stato alcun superamento di SQA-MA | nelle acque sono stati osservati valori eccedenti l'SQA-MA solo per PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat), mentre non vi è stato alcun superamento di SQA-CMA |

Foto di copertina: archivio ARPAV

Le acque marino costiere sono definite, all'art. 54 del D.Lgs. n. 152/2006, come *“le acque superficiali marine situate all'interno rispetto a una retta immaginaria distante, in ogni suo punto, un miglio nautico sul lato esterno dal punto più vicino della linea di base che serve da riferimento definire il limite delle acque territoriali, e che si estendono eventualmente fino al limite esterno delle acque di transizione”*.

Il presente rapporto descrive sinteticamente gli andamenti delle diverse componenti indagate nel 2021 con il programma di monitoraggio delle acque marino costiere del Veneto (realizzato ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e della Direttiva 2000/60/CE). L'analisi complessiva riconferma ancora una volta l'evidenza dell'estrema variabilità e complessità del sistema costiero indagato, aspetti riconducibili all'influenza di diversi fattori, tra cui le condizioni idrobiologiche e fisiche dell'intero bacino, l'alternarsi delle stagioni, le condizioni meteorologiche, la presenza di cospicui apporti fluviali e la collocazione geografica delle stazioni in relazione alle pressioni del territorio retrostante.

Le informazioni raccolte, integrate con quelle degli anni a seguire, permetteranno di valutare, nell'arco di sei anni, lo stato di qualità ambientale delle acque (classificazioni ecologica e chimica) e le risposte alle misure di miglioramento apportate per mitigare gli effetti delle pressioni. La classificazione finale del sessennio, in questo caso il periodo 2020-2025, sarà oggetto di un documento di analisi e, a seguito di approvazione da parte della Regione, sarà riportata negli aggiornamenti dei Piani di Gestione e del Piano di Tutela delle Acque del Veneto.

I controlli e le analisi svolte dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione dell'Ambiente del Veneto (ARPAV) rappresentano dunque la base conoscitiva necessaria per la salvaguardia del sistema ambientale marino.

L'informazione al pubblico avviene attraverso una sezione dedicata del sito web (<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acqua/acque-marino-costiere>) e con la pubblicazione di rapporti annuali sul sito dell'Agenzia (<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acqua/file-e-allegati/documenti/acque-marino-costiere>). Nella sezione Open data (<http://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data>) sono pubblicati i dati grezzi, scaricabili e utilizzabili nel rispetto della licenza con la quale vengono diffusi; i dati in forma di indicatori individuati per rappresentare (in forma sintetica e di facile lettura) la situazione ambientale, sono disponibili alla sezione Indicatori ambientali (<http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/indicatori-ambientali>).

Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 1 |
| 1.1 | LE ATTIVITÀ ISTITUZIONALI E DI PROGETTO..... | 1 |
| 2 | TIPIZZAZIONE E INDIVIDUAZIONE DEI CORPI IDRICI E CLASSE DI RISCHIO | 1 |
| 3 | LA RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE DEL VENETO AI SENSII DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE | 3 |
| 3.1 | LA RETE DI STAZIONI..... | 3 |
| 3.2 | GESTIONE DEL MONITORAGGIO (CAMPIONAMENTO E ANALISI)..... | 6 |
| 3.2.1 | Campionamento..... | 6 |
| 3.2.2 | Analisi..... | 7 |
| 3.3 | GESTIONE DEI DATI..... | 7 |
| 4 | PARAMETRI INDAGATI | 8 |
| 4.1 | DESCRIZIONE..... | 8 |
| 4.2 | METODI..... | 10 |
| 5 | SITUAZIONE METEOCLIMATICA E IDROLOGICA NELL'ANNO 2021 | 10 |
| 5.1 | SITUAZIONE METEOCLIMATICA..... | 10 |
| 5.2 | ANDAMENTO IDROLOGICO..... | 12 |
| 6 | ANALISI DEI RISULTATI | 15 |
| 6.1 | MATRICE ACQUA..... | 15 |
| 6.1.1 | Trasparenza..... | 18 |
| 6.1.2 | Temperatura..... | 19 |
| 6.1.3 | Salinità..... | 20 |
| 6.1.4 | Concentrazione idrogenionica..... | 23 |
| 6.1.5 | Ossigeno disciolto..... | 24 |
| 6.1.6 | Azoto ammoniacale..... | 26 |
| 6.1.7 | Azoto nitrico..... | 27 |
| 6.1.8 | Azoto nitroso..... | 29 |
| 6.1.9 | Azoto totale..... | 30 |
| 6.1.10 | Fosforo da ortofosfati..... | 32 |
| 6.1.11 | Fosforo totale..... | 33 |
| 6.1.12 | Silicio da ortosilicati..... | 35 |
| 6.1.13 | Clorofilla a..... | 36 |
| 6.1.14 | Indice trofico TRIX..... | 38 |
| 6.1.15 | Fitoplancton..... | 42 |
| 6.1.16 | Ricerca di alghe potenzialmente tossiche..... | 47 |
| 6.1.17 | Ricerca di microalghe bentoniche potenzialmente tossiche..... | 48 |
| 6.1.18 | Ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie e altri inquinanti specifici in acqua (Tabb. 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/2015)..... | 48 |
| 6.1.19 | Fitofarmaci..... | 49 |
| 6.2 | MATRICE BIOTA..... | 51 |
| 6.2.1 | Acque destinate alla vita dei molluschi..... | 51 |
| 6.2.2 | Ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie in biota (Tab. 1/A del D.Lgs. 172/2015)..... | 51 |
| 6.3 | MATRICE SEDIMENTO (TABB. 2/A, 3/A E 3/B DEL D.LGS. 172/2015)..... | 53 |
| 7 | STATO CHIMICO E STATO ECOLOGICO: VALUTAZIONE PARZIALE 2021 | 53 |
| 7.1 | AGGIORNAMENTO STATO CHIMICO..... | 53 |
| 7.2 | AGGIORNAMENTO STATO ECOLOGICO..... | 54 |
| 7.2.1 | Elementi di Qualità Biologica..... | 54 |
| 7.2.2 | Elementi chimico-fisici a supporto..... | 55 |
| 7.2.3 | Esito del processo di classificazione ecologica – fase I..... | 55 |
| 7.2.4 | Elementi chimici a sostegno..... | 56 |
| 7.2.5 | Esito del processo di classificazione ecologica – fase II..... | 56 |
| 8 | DISCUSSIONE | 57 |
| 9 | RILEVAMENTI NEL CORSO DEL 2021 | 61 |

| | | |
|-----|--|----|
| 9.1 | AGGREGATI MUCILLAGINOSI | 61 |
| 9.2 | MEDUSE E CTENOFORI..... | 62 |
| 9.3 | FIORITURE ALGALI | 62 |
| 9.4 | MAMMIFERI E TARTARUGHE MARINI | 62 |
| 9.5 | FENOMENI IPOSSICI E ALTRI EVENTI..... | 62 |
| 10 | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE..... | 62 |
| 11 | BIBLIOGRAFIA CITATA E ALTRI DOCUMENTI DI APPROFONDIMENTO | 64 |

1 PREMESSA

1.1 Le attività istituzionali e di progetto

I monitoraggi dell'ambiente marino nascono con la Legge n. 979 del 31 dicembre 1982 "Disposizioni per la difesa del mare" con cui per la prima volta viene definito, d'intesa con le Regioni, un Piano generale di difesa del mare e delle coste marine. La Regione del Veneto ha attivato fin da subito specifici controlli sul mare, affidandoli dal 1999 all'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), istituita con Legge Regionale n. 32/1996. L'attuale Unità Organizzativa Qualità del Mare e delle Lagune, ora afferente al Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente, effettua, mediante piani di monitoraggio istituzionali, la sorveglianza sulla balneabilità e sulla qualità ecologica e chimica dell'ambiente marino e lagunare, sulle specifiche forme di pressione che insistono sulla costa nonché sulle attività di ripascimento della fascia costiera.

Ai programmi di monitoraggio sui corpi idrici della fascia costiera, attuati ai sensi del D.Lgs. 152/1999 prima, della Direttiva 2000/60/CE (WFD) e D.Lgs. 152/2006 poi, dal 2015 è attivo il monitoraggio sulle acque marine più al largo, ai sensi della Direttiva 2008/56/CE. Tale Direttiva, denominata Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino o più semplicemente Marine Strategy, ha istituito un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino; essa considera l'ambiente marino un patrimonio prezioso da proteggere, salvaguardare e, ove possibile, ripristinare al fine ultimo di mantenere la biodiversità e preservare la vitalità di mari e di oceani. Per conseguire tali obiettivi la Direttiva richiede agli Stati membri di raggiungere il buono stato ambientale (GES, "Good Environmental Status") per le proprie acque marine.

Le attività di controllo sul campo per le acque marino costiere (WFD e MS) vengono effettuate con la collaborazione della Guardia Costiera - Direzione Marittima di Venezia con la quale ARPAV ha stipulato specifica convenzione; la cooperazione consente da un lato l'ottimizzazione delle risorse impiegate, dall'altro un fruttuoso interscambio di conoscenze tecnico scientifiche.

2 TIPIZZAZIONE E INDIVIDUAZIONE DEI CORPI IDRICI E CLASSE DI RISCHIO

La tipizzazione della fascia costiera (in Veneto intesa fino a 2 miglia nautiche dalla linea di costa), attraverso il coefficiente di stabilità della colonna d'acqua (D.M. 131/2008), individua per questa zona condizioni di alta stabilità. Pertanto **le acque della fascia costiera del Veneto** (dalla linea di costa fino a due miglia nautiche), appartenente alla **Ecoregione Mediterranea**, rientrano, in base ai differenti descrittori, nelle classi:

- Descrittori geomorfologici: **classe (E) Pianura alluvionale**
- Descrittori idrologici: **classe (1) alta stabilità.**

Più precisamente esse appartengono al **tipo E1**, in base alla codifica di tabella 3.2 dell'allegato 1 al Decreto Ministeriale n. 131/2008.

Le acque oltre il limite della fascia strettamente costiera, indicate come **acque marine**, sono ricomprese nelle acque da monitorare ai sensi della WFD (acque costiere: le acque superficiali situate all'interno rispetto a una retta immaginaria distante, in ogni suo punto, un miglio nautico sul lato esterno dal punto più vicino della linea di base....), essendo localizzate all'interno della linea di base che delimita il golfo di Venezia.

Nei due corpi idrici identificati al largo il coefficiente di stabilità è risultato inferiore rispetto alle zone costiere. Le **acque marine** individuate oltre la fascia costiera nella zona del golfo di Venezia fino a un miglio dalla linea di base rientrano, in base ai differenti descrittori, nelle classi:

- Descrittori geomorfologici: **classe (E) Pianura alluvionale**
- Descrittori idrologici: **classe (2) media stabilità.**

Più precisamente esse **appartengono al tipo E2**, in base alla codifica di tabella 3.2 dell'allegato 1 al Decreto Ministeriale n. 131/2008.

Il passaggio successivo (individuazione dei corpi idrici) tiene conto della conoscenza delle differenti fonti di pressione presenti nel territorio regionale, l'analisi dei dati dei monitoraggi precedenti e l'assoggettamento delle acque a determinati vincoli. In riferimento alla qualità delle acque, le analisi dei dati storici e delle classificazioni disponibili permettono di aggregare le aree appartenenti alla Rete Regionale sulla base delle caratteristiche dello stato. La prima definizione dei corpi idrici è stata parzialmente rivista con l'emanazione della Legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali"; in essa il bacino del Fissero Tartaro Canalbianco, prima ricompreso nel Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, nella ripartizione di cui all'Art. 51 "Norme in materia di Autorità di bacino" viene a ricadere nel Distretto Idrografico del Fiume Po. Tale disposizione ha comportato la modifica di due corpi idrici, rispetto al sessennio precedente, in termini di superficie e di localizzazione delle stazioni: il c.i. CE1_3 ora si estende tra la bocca sud del Porto di Chioggia e lo sbocco nord della Laguna di Caleri, mentre l'area da questo limite verso sud viene accorpata al corpo idrico padano CE1_4 e il transetto 072, situato in tale area, ricade quindi nel c.i. CE1_4. Si riporta in figura 1 la mappa dei corpi idrici, unitamente ai transetti/stazioni di competenza di ciascun corpo idrico.

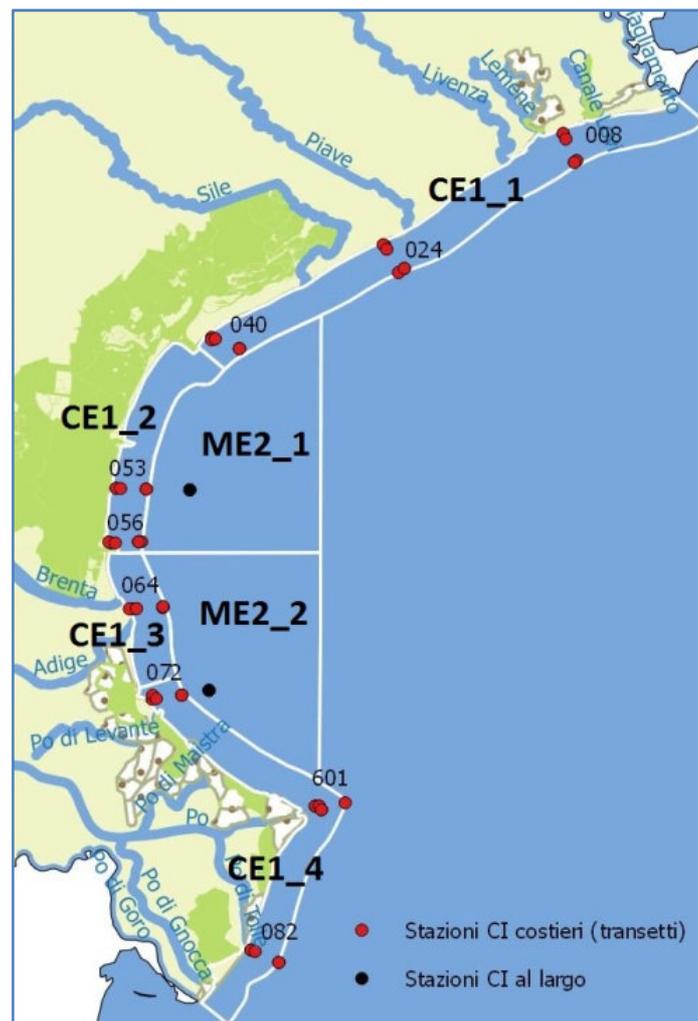


Figura 1: Corpi idrici delle acque marino costiere e localizzazione delle stazioni di monitoraggio della matrice acqua.

Come previsto all'Allegato 3, punto 1.1, sezione C della Parte III del D.Lgs. 152/2006, si deve valutare la capacità di conseguire e/o mantenere gli obiettivi di qualità ambientale per ciascuno dei corpi idrici individuati. In base alle evidenze analitiche e alle conoscenze del sistema marino veneto, oltre che in base all'ultima classificazione 2014-2019 (approvata con DGRV n. 4 del 04/01/2022) si mantiene per tutti i corpi idrici la categoria "A RISCHIO" stante l'ampia variabilità e complessità del sistema costiero indagato. Tali aspetti sono riconducibili all'influenza di diversi fattori, tra cui le condizioni idrobiologiche e fisiche dell'intero bacino, l'alternarsi delle stagioni, le condizioni meteorologiche e la collocazione geografica delle stazioni in relazione alle pressioni del territorio retrostante.

In conseguenza di ciò e in base anche all'analisi delle pressioni aggiornata, è stato mantenuto il MONITORAGGIO DI TIPO OPERATIVO per il sessennio 2020-2025. La scelta degli Elementi di Qualità Biologica per la classificazione ecologica nel caso del Veneto è praticamente indifferibile dai due soli EQB disponibili per queste acque: fitoplancton e macroinvertebrati bentonici.

3 LA RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE DEL VENETO AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE

Nell'anno 2021 l'U.O. Qualità del Mare e delle Lagune di ARPAV ha proseguito le attività di monitoraggio dell'ambiente marino costiero sulla Rete Regionale della Regione Veneto con i seguenti obiettivi:

1. prosecuzione delle attività previste dal D.Lgs. 152/2006, dal D.M. 260/2010 e dal D.Lgs. 172/2015 ai fini della classificazione di stato chimico e di stato ecologico delle acque marine del Veneto
2. attuazione del Programma di sorveglianza algale sulle acque di balneazione (D.Lgs. 30 maggio 2008, n.116; D.M. Salute n. 97 del 30/03/2010)
3. attuazione del Programma di monitoraggio delle acque destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/2006 all. 2, sez. C) in adempimento della D.G.R. Veneto n° 2591 del 10/10/2001 di riparto competenze tra ARPAV e Dipartimenti Prevenzione Aziende ULSS
4. ottimizzazione e razionalizzazione delle attività istituzionali e di ricerca svolte sul tema
5. integrazione delle informazioni ai sensi della Direttiva Europea 56/2008, recepita con Decreto legislativo 13 ottobre 2010, n. 190 (Attuazione della Direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino).

La realizzazione del programma di monitoraggio regionale prevede indagini sulle matrici acqua, biota, benthos e sedimenti, da effettuarsi secondo specifici protocolli operativi. Le campagne di campionamento e rilevazione sono state eseguite con le frequenze previste dalla normativa (Tab. 1), e comunque nel rispetto delle indicazioni ministeriali per garantire la salute e la sicurezza del personale dalla pandemia da virus Sars-CoV-2.

3.1 La rete di stazioni

Sulla base dell'analisi delle serie storiche di dati, delle pressioni esistenti e in linea con gli indirizzi della normativa attuale, è stata individuata la **Rete Regionale di Monitoraggio delle acque marine e costiere** composta da 9 transetti (direttrici perpendicolari alla linea di costa) distribuiti nei quattro corpi idrici costieri (Fig. 1A e Tabb. 2 e 3). Ciascun transetto costiero prevede:

- 3 stazioni per il controllo su matrice acqua e rilevamenti meteo-marini a 500, 926 a 3704 metri dalla linea di costa; solo nella prima stazione (500m) si effettuano campionamenti per l'analisi quali-quantitativa di fitoplancton (EQB Fitoplancton), comprese le specie potenzialmente tossiche, e per il rilevamento delle sostanze

dell'elenco di priorità e degli inquinanti specifici per la determinazione di stato chimico e di stato ecologico (Tabb. 1/A e 1/B del D.Lgs.172/2015);

- 1 stazione per la matrice sedimento per le indagini finalizzate all'analisi di tendenza (D.Lgs.172/2015);
- 2 stazioni per lo studio di biocenosi di fondo (EQB Macroinvertebrati bentonici) di cui una in prossimità della costa e una al largo posta in corrispondenza della stazione di sedimento.

| CALENDARIO DEI CAMPIONAMENTI E ANALISI IN CAMPO | | | |
|---|-----------------------|-------------------------------------|---|
| Campagne ACQUA anno 2021 | | | |
| Campagna | Date | Transetti campionati | Matrice |
| Campagna 01/2021 | 15, 16, 17, 18 marzo | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 02/2021 | 7, 8, 9 aprile | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 03/2021 | 24, 25, 28 giugno | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 04/2021 | 15, 20, 22, 23 luglio | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 05/2021 | 3, 9, 11 agosto | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 06/2021 | 13, 14, 15 settembre | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagna 07/2021 | 11, 12, 30 novembre | 008-024-040-053-056-064-072-601-082 | Acqua |
| Campagne MICROALGHE BENTONICHE anno 2021 | | | |
| Campagna | Date | Transetti campionati | Matrice |
| Campagna 01/2021 | 12, 15 luglio | 024-040-064-072 | Microalghe bentoniche, Acqua |
| Campagna 02/2021 | 19, 26 agosto | 024-040-064-072 | Microalghe bentoniche, Acqua |
| Campagna 03/2021 | 14, 15 settembre | 024-040-064-072 | Microalghe bentoniche, Acqua |
| Campagna 04/2021 | 26 ottobre | 024-040-064-072 | Microalghe bentoniche, Acqua |
| Campagne BIOTA-CONFORMITA' VITA MOLLUSCHI anno 2021 | | | |
| Campagna | Date | Transetti campionati | Matrice |
| Campagna 01/2021 | 9, 10 giugno | 024-040-064-072 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| Campagna 02/2021 | 12, 15 luglio | 024-040-064-072 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| Campagna 03/2021 | 19, 26 agosto | 024-040-064-072 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| Campagna 04/2021 | 14, 15 settembre | 024-040-064-072 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| Campagne BIOTA-STATO CHIMICO anno 2021 | | | |
| Campagna | Date | Stazioni campionate | Matrice |
| 2021 | 9, 10, 16 giugno | 10641, 10721, 10241, 10401, 70721 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | 7 luglio | 14001 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | 11 agosto | 80531 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | 01 settembre | 10561 | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | 26 aprile | ME1_6 | Pesci (<i>Gobius niger</i>) |
| | 16 giugno | CE4_6 | Pesci (<i>Gobius niger</i>) |
| | 26 agosto | CE3_6 | Pesci (<i>Gobius niger</i>) |
| | 28 settembre | CE1_6 | Pesci (<i>Gobius n.</i> , <i>Solea solea</i> , <i>Sardina pilchardus</i>) |
| 22, 24 novembre | CE2_6, ME2_6 | Pesci (<i>Gobius niger</i>) | |
| Campagne MACROINVERTEBRATI BENTONICI e SEDIMENTO anno 2021 | | | |
| Campagna | Date | Stazioni campionate | Matrice |
| 2021 | 15, 16, 17 marzo | stazioni costiere | Benthos e sedimento a supporto |
| | 7, 8, 9 aprile | stazioni al largo | Benthos e sedimento a supporto |

Tabella 1: Calendario delle campagne di rilevamento effettuate nel 2021 sulla Rete Regionale del Veneto

Si aggiungono le due zone di controllo sui corpi idrici marini al largo, ciascuna composta da una stazione per il controllo su matrice acqua, i rilevamenti meteo-marini, l'analisi qualitativa di fitoplancton e per il rilevamento delle sostanze dell'elenco di priorità e gli inquinanti specifici del D.Lgs.172/2015 (Tabb. 1/A e 1/B), una stazione per la matrice sedimento (analisi dei trend D.Lgs.172/2015) e una per lo studio di biocenosi di fondo.

In relazione alle indagini chimiche della Tab. 1/A del nuovo D.Lgs. 172/2015 concernenti le analisi delle sostanze obbligatorie su matrice biota (per alcune sostanze è possibile

l'analisi su molluschi, per altre invece le indagini sono su specie ittiche), si è scelto di effettuare le indagini sia su molluschi bivalvi (*Mytilus galloprovincialis*) che su fauna ittica adatta allo scopo, con almeno una stazione per corpo idrico (nel caso dei pesci la stazione è individuata dal centroide del rispettivo corpo idrico).

Nella fascia costiera in prossimità dei litorali (in aree con moli o strutture favorevoli alla crescita) e indipendenti dai corpi idrici, sono individuate infine quattro stazioni per il campionamento di mitili da banchi naturali (per la conformità delle acque alla vita dei molluschi D.Lgs. 152/2006 all. 2, sez. C) e quattro stazioni per il controllo sulla presenza di *Ostreopsis* o altre microalghe bentoniche potenzialmente nocive per la salute dei bagnanti, dislocate nelle aree di maggiore afflusso e/o più adatte alla possibile insorgenza di fenomeni di fioritura.

La Rete regionale risulta pertanto formata da un totale di 78 stazioni (Tab. 2) dislocate lungo i transetti indicati in tabella 3.

| corpi idrici | localizzazione | estensione (area in km ²) | transetti | codice transetto | Stazioni Direttiva 2000/60/CE | | | | | Stazioni Acque a specifica destinazione | |
|-----------------|--|---|-----------|------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|-----------|---------|---|------------------------|
| | | | | | acqua | biota pesci | biota molluschi | sedimento | benthos | microalghe bentoniche | mitili banchi naturali |
| costieri | | | | | | | | | | | |
| CE1_1 | Tra foce Tagliamento e porto di Lido | 2 miglia nautiche dalla costa (229,07) | 3 | 008 | 3 | | | 1 | 2 | | |
| | | | | 024 | 3 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | | | | 040 | 3 | | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| CE1_2 | Tra porto di Lido e porto di Chioggia | 2 miglia nautiche dalla costa (97,97) | 2 | 053 | 3 | 1 | | 1 | 2 | | |
| | | | | 056 | 3 | | 1 | 1 | 2 | | |
| CE1_3 | Tra porto di Chioggia e foce | 2 miglia nautiche dalla costa | 1 | 064 | 3 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| CE1_4 | Tra foce del Fissero Tartaro Canalbianco e confine regionale | 2 miglia nautiche dalla costa (178,98) | 3 | 072 | 3 | | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | | | | 601 | 3 | | | 1 | 2 | | |
| | | | | 082 | 3 | | 1 | 1 | 2 | | |
| marini | | | | | | | | | | | |
| ME2_1 | Al largo della zona compresa tra foce Sile e porto di Chioggia | Acque marine oltre le due miglia dalla costa e fino a un miglio oltre la linea di base (365,80) | | 053 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| ME2_2 | Al largo della zona compresa tra porto di Chioggia e foce del Po di Pila | Acque marine oltre le due miglia dalla costa e fino a un miglio oltre la linea di base (322,71) | | 072 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |

Tabella 2: Codifica, localizzazione ed estensione dei corpi idrici delle acque marino costiere e marine e transetti di competenza con relativo numero di stazioni per matrice

| Transetto | Provincia | Comune | Descrizione località |
|-----------|-----------|--------------------|---|
| 008 | VE | Caorle | dalla costa direzione Brussa |
| 024 | VE | Jesolo | dalla costa direzione Jesolo lido |
| 040 | VE | Cavallino Treporti | dalla costa direzione Cavallino |
| 053 | VE | Venezia | dalla costa direzione Pellestrina San Pietro in Volta |
| 056 | VE | Venezia | dalla costa direzione Ca' Roman |
| 064 | VE | Chioggia | dalla costa direzione Isola Verde |
| 072 | RO | Rosolina | dalla costa direzione Porto Caleri |
| 601 | RO | Porto Tolle | dalla costa direzione foce Po di Pila |
| 082 | RO | Porto Tolle | dalla costa direzione foce Po di Tolle |

Tabella 3: Elenco e localizzazione dei transetti dei corpi idrici costieri

I criteri di attribuzione del codice logico della stazione sono riportati in tabella 4.

| CIFRA | CODIFICA | SPECIFICHE |
|----------|--|--|
| 1° | Distanza dalla costa (valido solo per le stazioni di campionamento su matrice acqua) | 1: 500 m dalla costa 2: 926 m dalla costa 3: 3704 m dalla costa 4: C.I. al largo |
| 2°-3°-4° | Codice transetto | 008: Caorle 024: Jesolo 040: Cavallino Treporti 053: Venezia – S.Pietro in V. 056: Venezia - Ca' Roman 064: Chioggia - Isola Verde 072: Rosolina - Caleri 601: Porto Tolle - Po di Pila 082: Porto Tolle - Po di Tolle |
| 5° | Matrice campione | 0: acqua 1: biota mitili (banchi naturali) 2: sedimento 3: benthos 5: microalghe 6: biota pesci |

Tabella 4: Criterio di attribuzione codice logico delle stazioni costiere

3.2 Gestione del monitoraggio (campionamento e analisi)

La realizzazione del programma di monitoraggio regionale, con indagini su più matrici (acqua, sedimento, biota, etc.), avviene secondo precisi protocolli operativi. Il programma prevede l'esecuzione di campagne di campionamento e misura secondo un calendario che tiene conto delle frequenze previste dalle normative vigenti in materia e viene eventualmente aggiornato in base alle normative di nuova emissione. Le attività previste in ambito istituzionale vengono attuate in integrazione con quelle di progetto, se presenti, al fine di razionalizzare le risorse e ottimizzare i risultati. Entro fine anno si predispongono il "Calendario integrato delle attività di campionamento" che tiene conto dei differenti piani di monitoraggio e/o studio e delle diverse finalità. La Pianificazione delle attività di campionamento e il relativo Calendario sono predisposti in collaborazione con i referenti delle attività di campionamento.

3.2.1 Campionamento

Le attività operative di campionamento riguardano le uscite in mare utili al prelievo di campioni delle diverse matrici e all'acquisizione di dati chimico-fisici lungo la colonna d'acqua per mezzo di sonda multiparametrica, di dati meteorologici con una centralina meteo e di direzione e velocità del vento con anemometro, di rilievi video in colonna per verificare la presenza di forme di mucillagine.

Ogni campagna ha la durata media di 2-3 gg., salvo condizioni meteo-marine avverse, eccettuate le campagne in cui si effettuano i campionamenti per la matrice benthos per le quali si rende necessario eseguire i rilievi su un transetto al giorno per i tempi lunghi dei prelievi previsti; tendenzialmente ogni campagna viene realizzata nei primi giorni del mese. Nel periodo estivo da luglio ad ottobre sono realizzate le campagne per la rilevazione della presenza di microalghe bentoniche; tali campagne prevedono il campionamento su substrati solidi e su acqua in prossimità della linea di costa e pertanto sono condotte da terra, così come le campagne per la raccolta di mitili da banchi naturali, attuate da giugno a settembre. La realizzazione dei campionamenti e rilevamenti in mare è eseguita da tecnici specialisti della U.O. Qualità del mare e delle lagune di ARPAV. Le attività generalmente prevedono il coinvolgimento di due operatori, durante le campagne che prevedono i prelievi di sedimento e benthos è necessaria la presenza di una terza persona a supporto.

I prelievi e i rilievi sul campo vengono eseguiti secondo le indicazioni fornite dal Ministero Ambiente (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*).

3.2.2 Analisi

Le attività analitiche di tipo chimico, microbiologico e biologico sono eseguite da ARPAV, eccettuato il parametro sassitossina nei mitili (per la conformità delle acque alla vita dei molluschi), la cui ricerca è affidata all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie. In dettaglio le analisi di tipo chimico e biologico su matrici acqua (nutrienti disciolti, N e P totali, sostanze prioritarie e prioritarie pericolose), sedimento (IPA, composti organoclorurati, composti organostannici, metalli, saggi biologici) e biota (sostanze prioritarie, IPA, PCB, Idrocarburi clorurati, metalli, Coliformi fecali) sono svolte dal personale dirigente e tecnico altamente specializzato del Dipartimento Regionale Laboratori (sedi di Venezia-Mestre e di Treviso), mentre le analisi sugli elementi biologici (fitoplancton, fitoplancton potenzialmente tossico, microalghe bentoniche, benthos) dal personale altamente specializzato della U.O. Qualità del Mare e delle Lagune presso la sede ARPAV di Rovigo. Le metodologie seguite sono indicate 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*) o altri riferimenti indicati dalla normativa vigente.

3.3 Gestione dei dati

I risultati analitici, dopo la validazione, sono inseriti nel Sistema Informativo Regionale Ambientale del Veneto (SIRAV) attraverso un programma informatico denominato "LIMS". Nell'applicativo LIMS vengono inserite tutte le informazioni relative ad ogni singolo campione, dalla anagrafica ai risultati analitici; i dati inseriti vengono trasferiti alla banca dati centrale SIRAV.

I dati relativi ai rilievi fatti direttamente sul campo (sonda multiparametrica, disco di Secchi, rilievi meteorologici) vengono scaricati in file excel gestiti in locale e immessi in un database apposito denominato Sistema Dati Mare Veneto (SDMV) che acquisisce anche i risultati analitici da SIRAV.

L'adempimento al D.Lgs. 152/2006 e ai decreti di modifica/attuazione allo stesso prevede inoltre una implementazione notevole delle attività inerenti la rappresentazione cartografica, in funzione della individuazione dei corpi idrici e dell'estensione delle aree di indagine, della rappresentazione delle reti di monitoraggio, della realizzazione di carte tematiche a rappresentazione dei dati rilevati sulle varie reti e infine della rappresentazione cartografica della classificazione ottenuta.

Ad oggi i dati relativi a ciascun anno di attività sono trasmessi al Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque Italiane (SINTAI) di ISPRA; il quadro legislativo di riferimento è rappresentato dall'ex D.Lgs 152/1999 e dal D.Lgs 152/2006, che recepiscono anche le principali direttive comunitarie sulla tutela delle acque (2000/60/CE), sui reflui urbani (91/271/CE), sull'inquinamento da nitrati di origine agricola (91/676/CE), sulle sostanze pericolose (76/464/CEE), sulle acque potabili, le acque destinate alla vita dei pesci e dei molluschi, i siti balneabili. Il D.M. 198/2002 (tuttora in vigore per alcune schede), il D.M. 17 luglio 2009 e il D.M. 260/2010 dispongono la standardizzazione delle informazioni e i ruoli di responsabilità istituzionale nella raccolta, trasmissione, archiviazione e diffusione delle informazioni.

4 PARAMETRI INDAGATI¹

4.1 Descrizione

Temperatura: è un parametro fisico che presenta marcate fluttuazioni stagionali a causa della latitudine, della bassa profondità media e del notevole afflusso di acque fluviali nel bacino. Essa condiziona, assieme alla luce, la formazione e la distribuzione del fitoplancton.

Trasparenza: esprime la capacità di penetrazione della luce e quindi l'estensione della zona nella quale può avvenire la fotosintesi o "zona eufotica". E' influenzata da fattori fisici (capacità di assorbimento della luce da parte dell'acqua e presenza di materiali in sospensione) e biologici (distribuzione della massa fito e zooplanctonica e contenuto di detrito organico).

Trofia e carico trofico: si intende il livello di disponibilità di nutrienti in forma assimilabile dagli organismi autotrofi nel processo di produzione primaria. Lo stato trofico può essere determinato con misure di produzione primaria, ma più semplicemente con il rilevamento di parametri come le concentrazioni di nutrienti (azoto e fosforo), di ossigeno disciolto e le biomasse dei produttori (fitoplancton e macrofite). Con carico trofico si intende l'apporto di nutrienti al sistema acquatico, in particolare composti dell'azoto e/o del fosforo.

Torbidità: indica la presenza di materiale organico e inorganico in sospensione che modifica le proprietà fisiche e chimiche dell'acqua, soprattutto a livello di penetrazione della luce con conseguenze sulla produzione primaria. La torbidità può essere provocata sia da cause naturali sia da scarichi derivanti da attività umane.

Ossigeno disciolto: è presente in forma disciolta in equilibrio con l'O₂ atmosferico e dipende da alcuni fattori fisici (temperatura, pressione atmosferica, ventilazione e rimescolamenti lungo la colonna d'acqua), da caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua (salinità, pH) e da processi biologici e chimici (attività fotosintetica, respirazione di piante e animali acquatici e mineralizzazione della sostanza organica).

Sali nutritivi: sono i composti dell'azoto e del fosforo in forma disciolta, rappresentati da nitrati, nitriti, sali d'ammonio e fosfati. Tra essi viene compreso anche il silicio in quanto entra nella composizione dei frustuli di Diatomee, di gusci e di spicole di Silicoflagellati e Radiolari. 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 con formazione di materia organica, mentre negli strati profondi hanno luogo i processi rigenerativi con decomposizione di materia organica di provenienza diversa. Grazie a questi processi i nutrienti vengono rimessi in circolo con il rimescolamento della colonna d'acqua. 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 ed è caratterizzato da 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 dalla portata dei fiumi, dall'andamento stagionale del fitoplancton e dai processi rigenerativi a livello del sedimento.

Salinità: esprime la concentrazione di sali presenti in acqua ed è il parametro che maggiormente condiziona la vita degli organismi. In Nord Adriatico le variazioni di salinità dipendono soprattutto dagli apporti di acque dolci in superficie e dall'ingresso di correnti di fondo di acque più salate dal bacino meridionale.

¹ Regione del Veneto, 1995. "Qualità delle acque marine costiere prospicienti la Regione del Veneto. (1991-1993)." Vol. III

pH: le acque marine presentano generalmente una notevole stabilità di pH (da 8.1 a 8.3) garantita da un efficiente sistema tampone, rappresentato dall'equilibrio dello ione bicarbonato tra le due forme bicarbonato di calcio (solubile) e carbonato di calcio (insolubile). Il pH è influenzato da alcuni fattori quali l'attività fotosintetica e i processi di decomposizione del materiale organico.

Clorofilla a: è qualitativamente e quantitativamente il pigmento più importante nel processo della fotosintesi clorofilliana, sia in ambiente terrestre sia in quello marino. In base alla relazione tra clorofilla a e produzione primaria, si è ritenuto opportuno utilizzare la valutazione del contenuto di clorofilla a come indice della biomassa fitoplanctonica. Come osservato per i nutrienti, anche la clorofilla è soggetta ad una variabilità spazio-temporale, essendo anch'essa coinvolta nei processi di produzione primaria e influenzata da più fattori (apporto di nutrienti, temperatura, intensità luminosa).

Indice trofico TRIX²: è un indice che permette di dare un criterio di caratterizzazione oggettivo delle acque, unendo elementi di giudizio qualitativi e quantitativi. L'indice trofico è stato calcolato sulla base di fattori nutrizionali (azoto inorganico disciolto -DIN e fosforo totale) e fattori legati alla produttività (clorofilla a ed ossigeno disciolto). Il TRIX esprime, attraverso una scala da 2 a 8, il grado di trofia ed il livello di produttività delle acque costiere in base a quattro classi di qualità (Tab. 5).

| Indice di trofia | Stato trofico |
|------------------|---------------|
| 2 - 4 | Elevato |
| 4 - 5 | Buono |
| 5 - 6 | Mediocre |
| 6 - 8 | Scadente |

Tabella 5: Ripartizione trofica delle acque marine costiere (ex D.Lgs. 152/99 e s.m.i.)

Fitoplancton: è costituito da organismi vegetali in genere microscopici ed è il maggior responsabile dei processi fotosintetici e della produzione della sostanza organica necessaria allo zooplancton. 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.

Sedimento: lungo la costa veneta il sedimento è costituito prevalentemente da frazione terrigena, con scarsa frazione organogena, ad eccezione delle zone situate in corrispondenza dei principali sbocchi fluviali ove si osserva abbondante frazione organogena con fine granulometria.

Biota: sono gli organismi animali e vegetali. Su pesci prelevati nell'area di ciascun corpo idrico vengono effettuate le analisi per determinare lo stato chimico, unitamente ai dati su acqua. Le misure di bioaccumulo e di tipo microbiologico effettuate sul bivalve *Mytilus galloprovincialis* sono utilizzate sia per la definizione dello stato chimico che per la valutazione della conformità delle acque alla vita dei molluschi; i campioni del bivalve vengono prelevati presso banchi naturali individuati nell'area di alcuni transetti in prossimità della costa.

Benthos: organismi marini animali (zoobenthos) e vegetali (fitobenthos) che vivono a stretto contatto con il fondale o ancorati a substrati duri. Le indagini condotte nell'ambito del monitoraggio riguardano lo studio delle comunità zoobentoniche di fondi sabbiosi e fangosi.

² Per una trattazione più dettagliata della definizione dei criteri che hanno portato alla formulazione di questo indice trofico si rimanda alla pubblicazione "Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index." Di R.A. Vollenweider, F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi (1998).

4.2 Metodi

In ciascuna stazione sono state effettuate osservazioni meteomarine (temperatura aria, pressione barometrica, umidità relativa, direzione e velocità del vento, direzione e velocità della corrente, altezza onde, colorazione) e rilevazioni fisiche e chimiche sull'acqua (trasparenza, temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH) in colonna; inoltre sono stati prelevati campioni di diverse matrici su cui successivamente sono state eseguite le analisi previste.

La misura della trasparenza è stata determinata mediante disco di Secchi.

Le variabili fisico-chimiche e la concentrazione di clorofilla *a* sono state registrate, in tempo reale, lungo la colonna d'acqua, mediante sonda multiparametrica Sea Bird SBE 19 PLUS V2 con fluorimetro integrato (CYCLOPS-7 TURNER DESIGN). La funzionalità della sonda viene periodicamente certificata dalla ditta fornitrice attraverso intercalibrazione con strumentazione di riferimento.

Le concentrazioni di nutrienti disciolti (azoto ammoniacale, nitroso, nitrico, silicio da ortosilicati, fosforo da ortofosfati) sono state determinate su campioni di acqua filtrata mentre azoto e fosforo totali su campioni non filtrati, seguendo le metodologie di riferimento indicate dal Ministero dell'Ambiente-Servizio Difesa Mare (ICRAM-ANPA, 2001), così come i conteggi per l'analisi quali-quantitativa di fitoplancton e del benthos.

I campioni per la determinazione analitica di clorofilla *a* sono stati trattati secondo la metodologia indicata dal D.M. 17 giugno 1988 (Strickland e Parsons, 1972).

Le determinazioni analitiche su sedimenti e biota sono state eseguite sempre secondo le metodiche indicate dal Ministero dell'Ambiente-Servizio Difesa Mare (ICRAM-ANPA, 2001).

L'elaborazione statistica e grafica dei dati raccolti è stata realizzata con l'ausilio dei programmi del pacchetto Office 2007, Statistica 6.0 di Statsoft e Surfer 8 della Golden Software.

5 SITUAZIONE METEOCLIMATICA E IDROLOGICA NELL'ANNO 2021

Di seguito, a supporto di una migliore interpretazione dei dati del monitoraggio, si riporta una sintesi dell'andamento meteoclimatico e di quello idrologico, in termini di precipitazioni e portate fluviali, estrapolati dai Commenti meteoclimatici e dalle relazioni mensili "Rapporto sulla risorsa idrica in Veneto" prodotti dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio di ARPAV con i contributi del Servizio Meteorologico di Teolo, del Servizio Neve e Valanghe di Arabba e del Servizio Idrologico di Belluno e disponibili sul sito dell'Agenzia (<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/climatologia/dati/commenti-meteoclimatici> e <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/idrologia/file-e-allegati/rapporti-e-documenti/idrologia-regionale/idrologia-regionale-rapporti-sulla-risorsa-idrica>).

5.1 Situazione meteoclimatica

Inverno 2020/21

L'inverno 2020/21 è caratterizzato da un'eccezionale piovosità/nevosità in montagna, con un episodio di spiccato e intenso maltempo ad inizio del mese di dicembre, altri episodi piuttosto intensi fino alla metà di gennaio seguiti da un lungo periodo molto meno piovoso, a tratti anche asciutto a febbraio. Da un punto di vista termico la stagione è caratterizzata da un periodo piuttosto prolungato di temperature ben al di sotto delle medie durante il mese di gennaio, situazione che ha favorito la durata al suolo della neve precedentemente caduta in abbondanza. Temperature non molto distanti dalle medie stagionali in montagna, anche per il periodo molto mite a fine febbraio; diversa la situazione in pianura dove le

temperature si sono mantenute perlopiù superiori alla media, con dei veri e propri record di caldo a fine febbraio.

Primavera 2021

La primavera risulta essere assai più fresca rispetto alla media stagionale, specie nel mese di aprile, il terzo più freddo degli ultimi 60 anni, e anche in maggio il contesto rimane piuttosto fresco, senza dimenticare il gran freddo tra il 18 e il 21 marzo. Per quanto riguarda la piovosità, la primavera 2021 risulta essere una delle meno piovose di questi ultimi anni. Oltre alla scarsità di precipitazioni in marzo (particolarmente siccitoso), anche aprile è deficitario, nonostante alcuni episodi di maltempo significativi, ma pochi rispetto a quel che accade solitamente. A maggio piove mediamente più della norma quasi ovunque ma non abbastanza da recuperare il deficit di marzo.

Estate 2021

L'estate inizia con un mese di giugno ancora fresco e instabile, ma ben presto le temperature sorpassano la media e rimangono tali per gran parte dell'estate, anche se di poco, soprattutto le minime. Un aspetto saliente di questa stagione è l'instabilità che ha interessato l'alta pianura, la pedemontana e alcuni settori prealpini, meno spiccata sulle Dolomiti, con alta frequenza di grandinate, a volte dannose per l'agricoltura, e la crescente violenza dei temporali osservati su alcuni settori. La piovosità risulta perlopiù sopra la media sulle Dolomiti, mentre emerge che sia prossima o leggermente sotto la media sulla fascia prealpina (Fig. 2). In pianura l'estate 2021 è stata scarsa di acqua con deficit di 20/30% rispetto alla media e fino a 50% per alcuni settori litorali e meridionali.



Precipitazione giornaliera

Somma dal 01/08/2021 al 31/08/2021

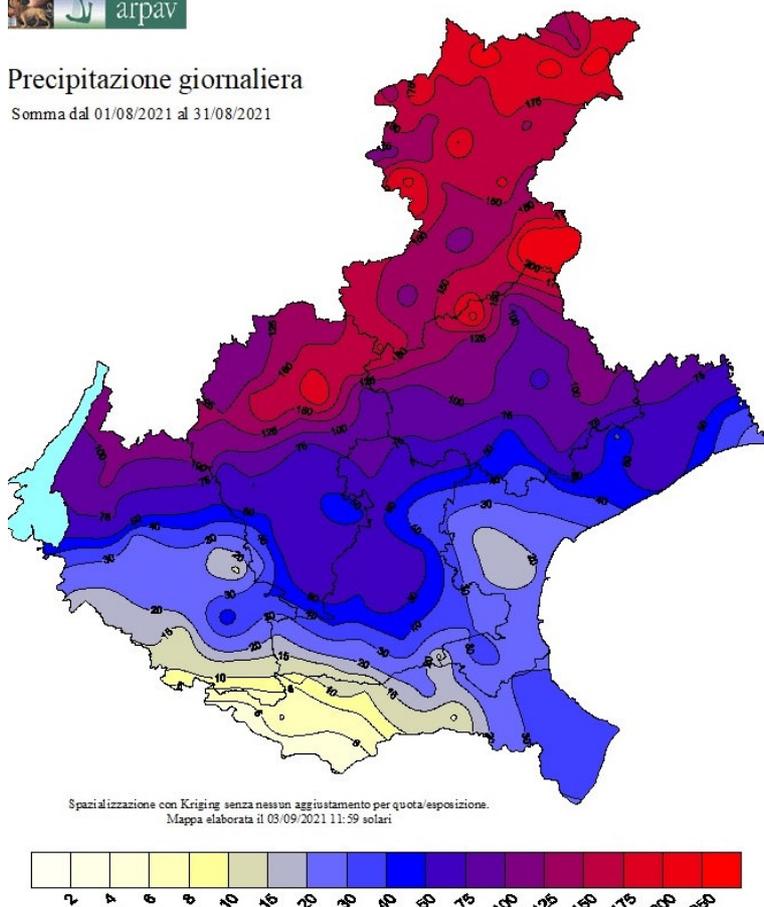


Figura 2: Sommatoria delle precipitazioni nel mese di agosto 2021 (Fonte Servizio Meteorologico di Teolo – Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio di ARPAV)

Autunno 2020

In sintesi l'autunno 2021 risulta meno piovoso della norma e assai più mite nella sua parte iniziale, grazie a numerose giornate di tempo stabile e spesso ben soleggiato, la situazione si degrada un po' in novembre per maggiore numero di giornate perturbate e condizioni più tipiche del periodo. Se tra settembre e ottobre non ci sono fenomeni rilevanti, eccetto il 5 ottobre in pianura con forti temporali e trombe d'aria su padovano e rodigino, in novembre il primo evento di rilievo è la forte grandinata verificatasi il giorno 2 per una situazione post frontale assai instabile dovuta all'ingresso di aria fredda in quota. Da segnalare poi l'ondata di mitezza del 20 novembre con 18/20°C tra pianura e conche prealpine, 15/16°C a 1000/1200 m e fino a 12/13°C sui 2000 m grazie a un'avvezione di aria molto mite di origine subtropicale atlantica e risalita dello zero termico a 3500 m. Infine il brusco calo termico con freddo intenso il giorno 29, responsabile del ritorno della neve fino sui 200/300 m. Era da diversi anni che non accadeva che la neve giungesse nei fondovalle prealpini nel mese di novembre.

5.2 Andamento idrologico

GENNAIO. Precipitazioni: nel primo mese del 2021 sono caduti mediamente sul Veneto 120 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 57 mm (mediana 46 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono molto superiori alla media (+111%) e sono stimabili in circa 2.215 milioni di m³ d'acqua. Questi apporti, dal 1994, sono stati superati solo nel 2014 (268 mm).

Portate: alla data del 31 gennaio le portate dei maggiori fiumi veneti, a causa della ripresa negli ultimi giorni delle precipitazioni, sono tornate a crescere e risultano nettamente superiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media storica mensile la portata media di gennaio risulta ovunque assai superiore: il doppio (+100%) sul Bacchiglione a Montegalda, almeno una volta e mezza sugli altri fiumi (+61% sull'Adige a Boara Pisani, +59% sul Brenta a Barziza e +50% sul Po a Pontelagoscuro).

FEBBRAIO. Precipitazioni: in febbraio sono caduti mediamente sul Veneto 40 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 62 mm (mediana 50 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono inferiori alla media (-35%) e sono stimabili in circa 734 milioni di m³ d'acqua. Nella seconda metà di febbraio precipitazioni assenti su tutta la regione.

Portate: al 28 febbraio le portate dei maggiori fiumi veneti, a causa dell'assenza di precipitazioni significative dalla metà del mese, sono in calo e in alcuni casi (Po e Bacchiglione) tornate inferiori alle medie storiche. Rispetto alla media storica mensile la portata media di febbraio risulta ovunque superiore: +65% sull'Adige a Boara Pisani, +80% sul Brenta a Barziza, +29% sul Bacchiglione a Montegalda e +26% sul Po a Pontelagoscuro.

MARZO. Precipitazioni: nel mese sono caduti mediamente sul Veneto 8 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 69 mm (mediana 58 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono dunque molto inferiori alla media (-88%) e sono stimabili in circa 150 milioni di m³ d'acqua. Dal 1994 (inizio rilevazioni ARPAV) sono stati registrati apporti minori solo nel 2003 (6.8 mm), uguali nel 1998, appena maggiori nel 2012 (10.4 mm).

Portate: alla data del 31 marzo le portate dei maggiori fiumi veneti, a causa dell'assenza di precipitazioni significative dalla metà del mese di febbraio, sono in forte calo e in alcuni casi (in particolare Po e Bacchiglione) si mantengono nettamente inferiori alle medie storiche. Rispetto alla media storica mensile la portata media di marzo risulta superiore sull'Adige a Boara Pisani (+24%) e sul Brenta a Barziza (+12%), ma inferiori sul Bacchiglione a Montegalda (-20%) e sul Po a Pontelagoscuro (-31%).

APRILE. Precipitazioni: in aprile sono caduti mediamente sul Veneto 95 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 94 mm (mediana 96 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono esattamente nella media e sono stimabili in circa 1.740 milioni di m³ d'acqua.

Portate: al 30 aprile le portate dei maggiori fiumi veneti si mantengono nettamente inferiori alle medie storiche e ormai prossime ai valori di inizio mese. Rispetto alla media storica mensile la portata media di aprile risulta inferiore ovunque: -16% sull'Adige a Boara Pisani, -21% sul Brenta a Barziza, -24% sul Bacchiglione a Montegalda e -41% sul Po a Pontelagoscuro.

MAGGIO. Precipitazioni: nel mese sono caduti mediamente sul Veneto 170 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 115 mm (mediana 91 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono superiori alla media (+48%) e sono stimabili in circa 3.122 milioni di m³ d'acqua. Negli anni recenti si sono registrati apporti superiori nei mesi di maggio 2019 e 2013 (e apporti simili nel 2016 e 2010).

Portate: le portate medie giornaliere salgono fino a valori massimi attorno a metà mese per poi ridiscendere (Fig. 3); alla data del 31 maggio le portate dei maggiori fiumi veneti, in forte calo dalla metà di maggio, sono tornate inferiori alle medie storiche sul Po e sul Bacchiglione. Rispetto alla media storica mensile la portata media di maggio risulta superiore sull'Adige a Boara Pisani (+12%), sul Brenta a Barziza (+21%) e sul Bacchiglione a Montegalda (+19%) ma inferiore sul Po a Pontelagoscuro (-33.5%).

GIUGNO. Precipitazioni: in giugno sono caduti mediamente sul Veneto 41 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 99 mm (mediana 101 mm). Pertanto gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono assai inferiori alla media (-59%) e sono stimabili in circa 748 milioni di m³ d'acqua. Dal 1994 sono risultati meno piovosi solo i mesi di giugno 2019 e 2006.

Portate: al 30 giugno le portate dei maggiori fiumi veneti sono in calo in quasi tutti i corsi d'acqua, (soprattutto su Adige, Brenta e Livenza) risultando ben inferiori alle medie storiche. Rispetto alla media storica mensile la portata media di giugno risulta uguale sull'Adige a Boara Pisani (+0%) e minore sul Brenta a Barziza (-16%), Bacchiglione a Montegalda (-34%) e Po a Pontelagoscuro (-57%). In particolare sul Po a Pontelagoscuro la portata a fine giugno appare non distante dai valori del 2012 e 2003, pur se ancora maggiore (oltre il doppio) del 2005 e 2006.

LUGLIO. Precipitazioni: nel mese sono caduti mediamente sul Veneto 118 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 89 mm (mediana 81 mm). Pertanto gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono superiori alla media (+32%) e sono stimabili in circa 2.164 milioni di m³ d'acqua.

Portate: alla data del 31 luglio le portate dei maggiori fiumi veneti, in forte calo dalla metà del mese corrente (ad eccezione del fiume Po che è in lenta risalita), sono tornate inferiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media mensile storica la portata media di luglio risulta in linea sull'Adige a Boara Pisani e sul Bacchiglione a Montegalda (+1.5%), superiore sul Brenta a Barziza (+16%) e inferiore sul Po a Pontelagoscuro (-26%).

AGOSTO. Precipitazioni: in agosto sono caduti mediamente sul Veneto 81 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 102 mm (mediana 93 mm). Pertanto gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono inferiori alla media (-20%) e sono stimabili in circa 1.493 milioni di m³ d'acqua.

Portate: i valori medi giornalieri restano elevati nella prima decina del mese (Fig. 3), poi iniziano a scendere; al 31 agosto le portate dei maggiori fiumi veneti, in forte calo appunto dalla metà del mese corrente, sono tornate inferiori alle medie storiche su tutti i principali

corsi d'acqua. Rispetto alla media mensile storica la portata media di agosto risulta superiore sull'Adige a Boara Pisani (+56%), sul Brenta a Barziza (+55%) e sul Po a Pontelagoscuro (+11%), inferiore sul Bacchiglione a Montegalda (-22%).

SETTEMBRE. Precipitazioni: in settembre sono caduti mediamente sul Veneto 50 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 109 mm (mediana 114 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono decisamente inferiori alla media (-54%) e sono stimabili in circa 926 milioni di m³ d'acqua. Dal 1994 sono risultati meno piovosi solo i mesi di settembre 1997 (23.8 mm, 438 milioni di m³) e 2003 (47.3 mm, 871 milioni di m³).

Portate: al 30 settembre le portate dei maggiori fiumi veneti, stabili dalla metà del mese corrente dopo i forti cali registrati dalla metà di agosto, si confermano nettamente inferiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media mensile storica, la portata media di settembre risulta ovunque inferiore: -29% sull'Adige a Boara Pisani, -34% sul Brenta a Barziza e sul Po a Pontelagoscuro, quasi la metà sul Bacchiglione a Montegalda (-46%).

OTTOBRE. Precipitazioni: nel mese sono caduti mediamente in Veneto 50 mm di precipitazioni; la media del periodo 1994-2020 è di 113 mm (mediana 113 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono inferiori alla media (-56%) e sono stimabili in circa 926 milioni di m³ d'acqua. La maggior parte di questi apporti sono stati registrati ad inizio mese, tra il giorno 4 e il 7. Dal 1994 sul Veneto sono risultati meno piovosi solo i mesi di ottobre 1995, 1997, 2006 e 2017, con apporti simili nel 2001.

Portate: alla data del 31 ottobre le portate dei maggiori fiumi veneti, in netto calo dalla seconda decade del mese corrente dopo l'esaurirsi dell'ingrossamento rilevato nella prima decade, sono tornate nettamente inferiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media storica mensile, la portata media di ottobre è inferiore in tutte le sezioni: -13% sull'Adige a Boara Pisani, -41% sul Brenta a Barziza, -31% sul Po a Pontelagoscuro e circa la metà sul Bacchiglione a Montegalda (-55%).

NOVEMBRE. Precipitazioni: in novembre sono caduti mediamente in Veneto 150 mm di precipitazioni; la media del periodo 1994-2020 è di 136 mm (mediana 119 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono poco superiori alla media (+11%) e sono stimabili in circa 2.763 milioni di m³ d'acqua.

Portate: al 30 novembre le portate dei maggiori fiumi veneti, in rapido calo dalla metà del mese corrente dopo l'esaurirsi delle precipitazioni, sono tornate nettamente inferiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media storica mensile, la portata media di novembre è inferiore in tutte le sezioni: -21% sull'Adige a Boara Pisani, -16% sul Brenta a Barziza, -35% sul Po a Pontelagoscuro e -43% sul Bacchiglione a Montegalda.

DICEMBRE. Precipitazioni: nel mese di dicembre 2021 sono caduti mediamente in Veneto 44 mm di precipitazione; la media del periodo 1994-2020 è di 82 mm (mediana 80 mm). Gli apporti meteorici mensili sul territorio regionale sono stati poco più della metà rispetto alla media (-47%) e sono stimabili in circa 801 milioni di m³ d'acqua.

Portate: alla data del 31 dicembre le portate dei maggiori fiumi veneti, in calo dalla metà del mese di novembre, si mantengono inferiori alle medie storiche su tutti i principali corsi d'acqua. Rispetto alla media storica mensile, la portata media di dicembre è inferiore in tutte le sezioni: -20% sull'Adige a Boara Pisani, -41% sul Brenta a Barziza, -33% sul Po a Pontelagoscuro e -51% sul Bacchiglione a Montegalda.

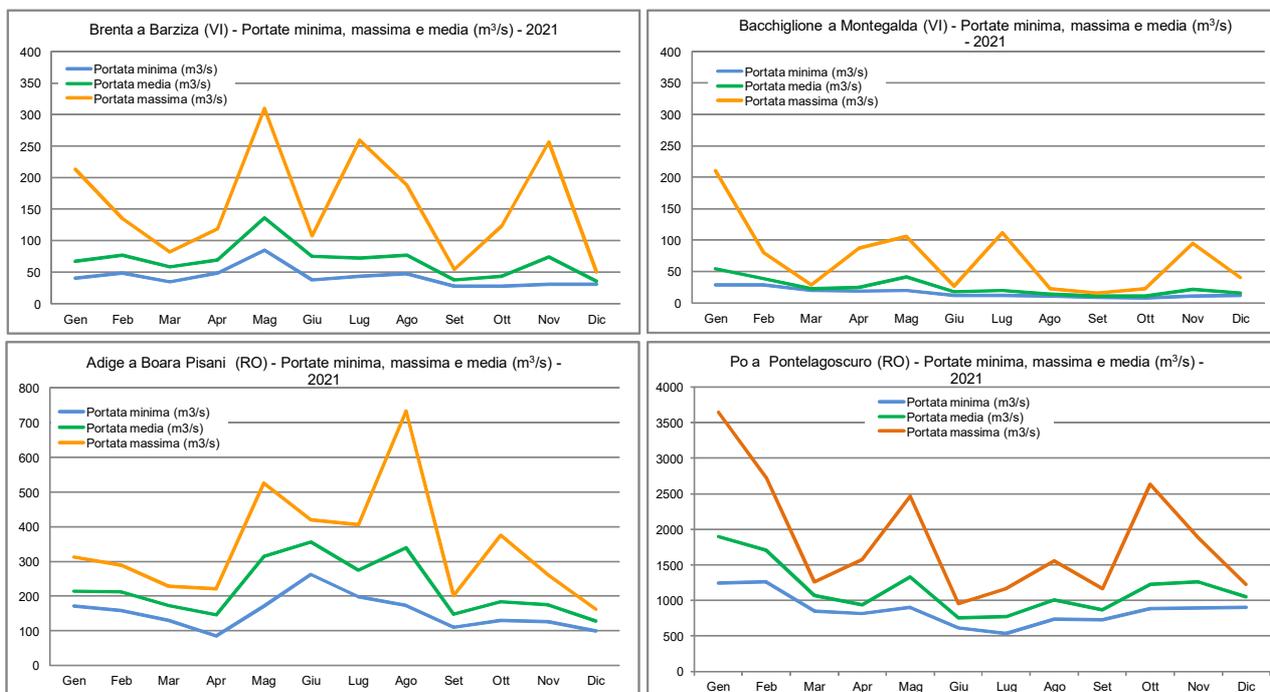


Figura 3: Minimo, massimo e media mensili delle portate medie giornaliere dei principali fiumi veneti nel 2021 (fonte dati ARPAV). NB: le scale di portata sono differenti nei vari grafici

6 ANALISI DEI RISULTATI

Il periodo oggetto di questa indagine è l'anno 2021, che ha visto lo svolgimento di sette campagne di monitoraggio per la matrice acqua, quattro per biota-mitili, una per biota-pesci, quattro per microalghe bentoniche e la campagna primaverile per il macrozoobenthos, con raccolta di dati acquisiti direttamente in campo e di campioni da analizzare in laboratorio utilizzando come metodiche di riferimento quelle indicate dal Ministero dell'Ambiente - Servizio Difesa Mare (ICRAM-ANPA, 2001).

6.1 Matrice acqua

In questa sede vengono analizzati i dati rilevati su campioni di superficie della sola matrice acqua. In tabella 6 sono riportate alcune statistiche di base calcolate sull'insieme dei dati per i parametri analizzati nel periodo di indagine in tutte le stazioni (solo dati di superficie). In tabella i valori risultati al di sotto dei limiti di quantificazione analitica sono indicati come <LOQ. Tali limiti sono rispettivamente 7.75 µg/l per azoto ammoniacale, 1.52 µg/l per azoto nitroso, 11.30 µg/l per azoto nitrico e totale, 1.00 µg/l per fosforo da ortofosfati e totale, 5.00 µg/l per silicio da ortosilicati, 0.02 µg/l per clorofilla *a* rilevata tramite sonda e 1 mg/l per la colorazione al Platino/Cobalto.

Per la scelta del criterio con cui considerare i dati inferiori al Limite di Quantificazione (LOQ), soprattutto in casi di percentuali elevate, si è fatto riferimento a quanto riportato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) nel Rapporto ISTISAN 04/15 - Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici, seppur redatto per una diversa tipologia di indagini (misure delle emissioni in atmosfera da impianti industriali). In letteratura i molti lavori in cui è discusso il trattamento dei dati NR (non rilevabili), dal punto di vista statistico-matematico, suggeriscono tre possibilità:

- 1) NR = 0
- 2) NR = LR
- 3) NR = LR/2

dove LR=Limite di Rilevabilità.

La prima soluzione fornisce la stima *lower-bound*, cioè sottostima il valore vero della concentrazione media o della sommatoria delle concentrazioni. La seconda soluzione, all'opposto, fornisce la stima *upper-bound*, cioè sovrastima il valore vero: rappresenta quindi una soluzione "cautelativa" dal punto di vista della protezione dell'ambiente e della salute. La terza soluzione, maggiormente raccomandata in letteratura, fornisce una stima *medium-bound* e si basa sull'assunto che mediamente i dati NR siano approssimabili a LR/2. D'altro canto il D.Lgs. 10 dicembre 2010, n. 219, all'Art. 1, comma "g" recita "A. 2.8. - bis. Requisiti minimi di prestazione per i metodi di analisi e calcolo dei valori medi. Lettera B. Calcolo dei valori medi.a) i risultati di misura inferiori al limite di quantificazione sono posti pari alla metà del valore del limite di quantificazione del metodo (risultato della singola misura inferiore al limite di quantificazione =LQ/2).....".

Pertanto nelle trattazioni successive si è proceduto, indipendentemente dalla numerosità dei dati NR, a sostituirli con un valore pari alla metà del limite di quantificazione. Si segnalano, per quanto riguarda i valori sostituiti con metà del LOQ, l'azoto ammoniacale con il 32% dei campioni inferiore al LOQ (65 casi su 203), il fosforo da ortofosfati con il 17.2% (35 casi su 203) e l'azoto nitroso con il 15.3% (31 casi su 203); si aggiunge anche la colorazione determinata con il metodo al Platino/Cobalto con il 31.4% dei casi (27 campioni su 44).

Per quanto riguarda i grafici che rappresentano la distribuzione temporale dei parametri (per campagna e distanza da costa), si sottolinea che la numerosità campionaria è pari a nove per le stazioni a 500, 926 e 3704m e pari a due per le stazioni al largo. Si tratta comunque di valori medi annuali "particolari", in quanto manca la copertura mensile.

| 2021 | N Validi | Media | Geometri ca Media | Mediana | Errore Standard | Dev.Std. | Moda | Frequen za Moda | Minimo | Massimo | Quartile Inferiore | Quartile Superiore | Quartile Intervallo | 90° Percentile | 95° Percentile | Asimm etria | Curtosi |
|--------------------------------------|----------|----------|----------------------|---------|--------------------|----------|----------|--------------------|--------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------|
| Temperatura (°C) | 203 | 19.72 | 18.45 | 23.49 | 0.47 | 6.72 | 12.13 | 4 | 10.01 | 27.97 | 12.50 | 26.16 | 13.65 | 27.02 | 27.60 | -0.236 | -1.774 |
| Salinità (PSU) | 203 | 31.25 | 30.75 | 32.73 | 0.35 | 4.97 | Multiplo | 2 | 9.55 | 37.56 | 28.69 | 34.91 | 6.22 | 35.90 | 36.29 | -1.511 | 2.635 |
| Ossigeno disciolto (%) | 203 | 104.68 | 104.21 | 101.30 | 0.72 | 10.20 | Multiplo | 1 | 86.55 | 139.97 | 98.28 | 109.60 | 11.32 | 121.73 | 125.91 | 1.141 | 0.713 |
| pH | 200 | 8.32 | 8.32 | 8.34 | 0.01 | 0.14 | 8.43 | 8 | 7.86 | 8.57 | 8.22 | 8.44 | 0.22 | 8.47 | 8.52 | -0.606 | -0.269 |
| Chl a CTD (µg/l) | 203 | 1.11 | 0.94 | 0.85 | 0.05 | 0.67 | 0.49 | 3 | 0.33 | 3.61 | 0.62 | 1.45 | 0.82 | 2.04 | 2.48 | 1.306 | 1.350 |
| Trasparenza (m) | 203 | 2.9 | 2.5 | 2.5 | 0.1 | 1.5 | 2.00 | 38 | 0.3 | 9.0 | 2.0 | 3.5 | 1.5 | 5.0 | 5.5 | 1.309 | 2.676 |
| N-NH ₃ (µg/l) | 203 | 22.95 | 13.30 | 12.40 | 1.79 | 25.48 | 3.88 | 65 | <LOQ | 123.30 | 3.88 | 30.22 | 26.34 | 60.00 | 83.47 | 1.838 | 3.155 |
| N-NO ₂ (µg/l) | 203 | 4.15 | 3.25 | 3.61 | 0.19 | 2.69 | 0.76 | 31 | <LOQ | 13.84 | 2.33 | 5.44 | 3.12 | 7.86 | 9.50 | 1.010 | 1.009 |
| N-NO ₃ (µg/l) | 203 | 213.45 | 137.31 | 155.00 | 13.78 | 196.36 | 5.65 | 6 | <LOQ | 1065.70 | 69.50 | 312.70 | 243.20 | 474.22 | 612.26 | 1.676 | 3.160 |
| N totale (µg/l) | 203 | 393.70 | 325.20 | 327.00 | 18.09 | 257.74 | 578.00 | 3 | 61.00 | 1343.00 | 205.20 | 499.05 | 293.85 | 759.70 | 968.43 | 1.409 | 1.736 |
| P-PO ₄ (µg/l) | 203 | 2.7 | 1.6 | 2.0 | 0.3 | 3.8 | 1.00 | 66 | <LOQ | 28.0 | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 5.0 | 9.0 | 3.970 | 19.002 |
| P totale (µg/l) | 203 | 17.7 | 14.6 | 14.0 | 0.9 | 12.4 | Multiplo | 15 | 4.0 | 90.0 | 9.0 | 21.0 | 12.0 | 34.0 | 40.0 | 2.151 | 7.094 |
| Si-SiO ₄ (µg/l) | 77 | 386.2217 | 260.1828 | 250.19 | 43.46 | 381.36 | Multiplo | 2 | 51.00 | 1771.00 | 122.00 | 497.00 | 375.00 | 825.40 | 1173.21 | 1.954 | 3.793 |
| Diatomee (cell/l) | 66 | 1101455 | 575484 | 679203 | 155082 | 1259896 | Multiplo | 2 | 48757 | 5551527 | 209770.3 | 1314181 | 1104411 | 2601147 | 3743538 | 1.975 | 3.934 |
| Dinoflagellate (cell/l) | 66 | 75182 | | 38554 | 18740 | 152243 | Multiplo | 3 | 0 | 1127088 | 20411.3 | 66336 | 45925 | 107723 | 212038 | 5.625 | 36.372 |
| Altro fitoplancton (cell/l) | 66 | 941164 | 647588 | 710949 | 91069 | 739849 | Multiplo | 1 | 63498 | 2866474 | 358592.8 | 1465554 | 1106962 | 2025129 | 2371532 | 0.851 | -0.268 |
| Fitoplancton totale (cell/l) | 66 | 2117797 | 1554482 | 1807421 | 214325 | 1741184 | Multiplo | 1 | 261929 | 8071029 | 833409.0 | 2561458 | 1728049 | 4301979 | 5660379 | 1.690 | 2.936 |
| Chl a analitica (mg/m ³) | 77 | 1 | 1.1 | 1.0 | 0.1 | 1.2 | 0.40 | 11 | 0.2 | 5.8 | 0.6 | 1.8 | 1.2 | 3.1 | 3.7 | 1.786 | 3.149 |
| Colore Pt/Co (mg/l) | 44 | 1.9 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 3.2 | 0.5 | 27 | <LOQ | 18.0 | 0.5 | 2.0 | 1.5 | 4.7 | 6.9 | 3.577 | 15.477 |
| Solidi sospesi totali (mg/l) | 44 | 8.8 | 5.5 | 7.0 | 1.3 | 8.8 | 1.0 | 8 | 1.0 | 50.0 | 3.0 | 12.0 | 9.0 | 18.4 | 21.9 | 2.612 | 10.286 |
| TRIX (Chl da ctd) | 203 | 5 | 4.5 | 4.5 | 0.1 | 0.8 | Multiplo | 1 | 2.2 | 6.7 | 3.9 | 5.1 | 1.2 | 5.7 | 5.9 | 0.198 | -0.037 |
| TRIX (Chl analitica) | 77 | 5 | 4.5 | 4.4 | 0.1 | 1.0 | Multiplo | 1 | 2.0 | 7.1 | 4.0 | 5.3 | 1.2 | 5.9 | 6.3 | 0.244 | 0.379 |

Tabella 6: Statistiche di base relative ai parametri analizzati nelle acque di superficie nell'anno 2021. Legenda: <LOQ = inferiore al limite di quantificazione del metodo analitico; i valori in rosso corrispondono a LOQ/2

6.1.1 Trasparenza

I valori di trasparenza nei mesi indagati sono compresi tra un massimo di 9.0 metri, rilevato presso le stazioni 30240 (3704m al largo di Jesolo) a luglio e 30640 (3704m al largo di Chioggia) a settembre, e un valore minimo pari a 0.3m rilevato nel mese di agosto alla stazione 20640 (926m da Chioggia); il valore medio calcolato sull'intero dataset è risultato pari a 2.9m, la media annua alle stazioni a 500m è 2.3m, in quelle a 926m (0.5 miglia nautiche) è 2.7m e nelle stazioni a 3704m (2 miglia nautiche) è pari a 3.5m.

In figura 4 è riportato la distribuzione dei valori medi di trasparenza per ciascuna campagna di rilevamento alle diverse distanze dalla costa. Le stazioni poste a 500 m dalla linea di costa presentano bassi valori di batimetria (mediamente 3m) in relazione alla struttura del fondo, che degrada lentamente con l'allontanamento dalla costa raggiungendo valori medi di circa 7m alle stazioni a 0.5 miglia nautiche (926m) fino ad una media di 16m presso le stazioni più al largo (2.0mn, 3704m).

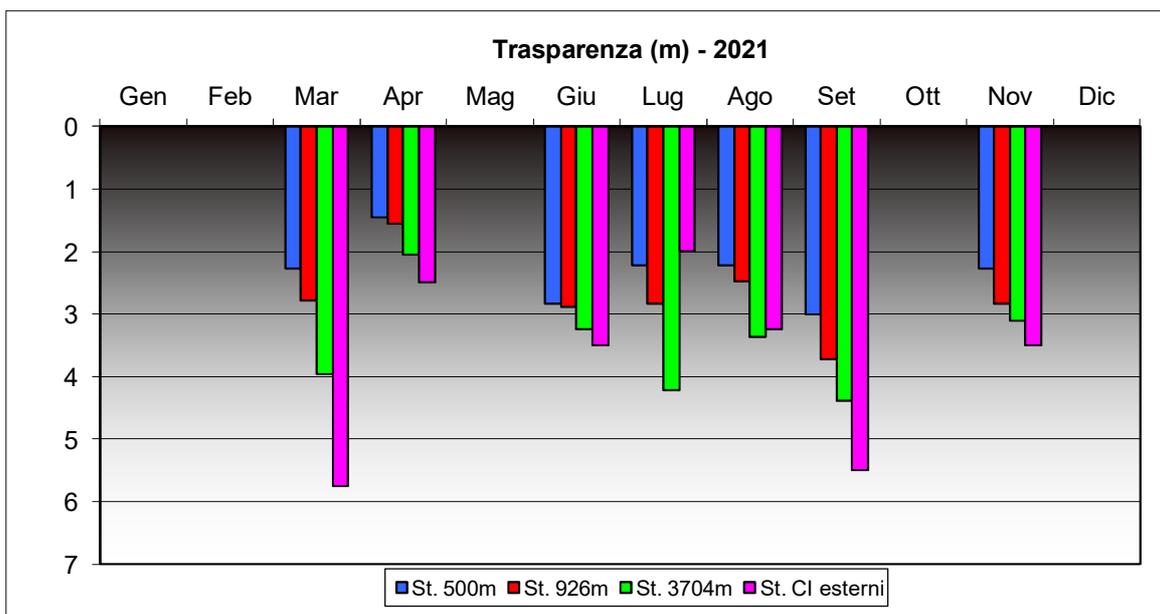


Figura 4: Valori medi di trasparenza (m) per campagna alle diverse distanze dalla costa

La distribuzione dei valori medi alle varie distanze evidenzia un gradiente positivo con l'allontanamento dalla costa legato sia alle batimetrie che al contributo degli apporti fluviali; gli effetti di questi ultimi in alcune occasioni possono arrivare ad interessare anche le zone più al largo (giugno, agosto). Nelle campagne di febbraio e settembre sono state registrate le trasparenze più elevate a tutte le distanze dalla costa.

In figura 5 è riportata la distribuzione dei valori medi di trasparenza per transetto alle diverse distanze dalla costa, in rapporto alla corrispondente profondità del fondale. Dal grafico si osserva un aumento dei valori di trasparenza con l'allontanamento dalla costa, passando dalle stazioni a 500m a quelle più al largo, nell'area centro-settentrionale di costa; invece nell'area di mare a sud di Chioggia (dal transetto 064), dove sono presenti le foci dei maggiori fiumi della regione, l'influenza delle acque fluviali incide fortemente sulla trasparenza, anche alle stazioni più esterne.

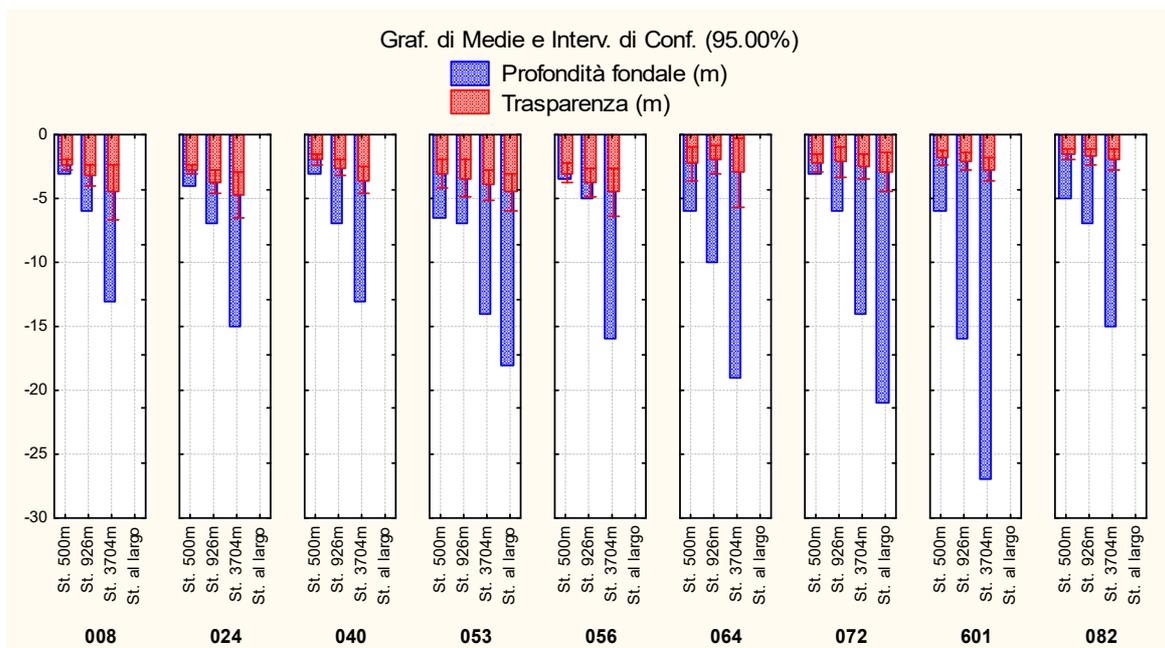


Figura 5: Valori medi di trasparenza (m) nel 2021 per ciascun transetto alle diverse distanze dalla costa e corrispondente profondità del fondale

6.1.2 Temperatura

Come già ricordato nell'anno 2021 sono state effettuate 7 campagne, pertanto i valori medi indicati per temperatura e per i successivi parametri non sono confrontabili con quelli riportati nelle relazioni di anni passati relative a campagne mensili. In superficie il valore medio di temperatura nel periodo considerato è risultato pari a 19.72°C, con valori compresi tra un minimo di 10.01°C (a marzo alla stazione 20080 - Caorle, posizionata nel c.i. CE1_1) e un massimo di 27.97°C (alla stazione 20240 - Jesolo del c.i. CE1_1, nella campagna di giugno).

Al fondo, considerando le sole stazioni a 3704 m, la temperatura media è stata pari a 16.97°C, con un minimo di 10.52°C alla stazione 30820 (al largo della foce del Po di Tolle) a marzo e un massimo di 25.12°C alla stazione 30080 (al largo di Caorle) ad agosto.

In figura 6 si riporta la distribuzione delle temperature medie in superficie ed in profondità, presso stazioni al largo (3704 m) dei corpi idrici, registrate nelle campagne 2021. Pur mancando alcuni mesi, si intuisce, dai dati rappresentati in grafico, la presenza del fenomeno di inversione termica, con temperature più elevate al fondo a marzo e novembre, mentre da giugno a settembre i valori di superficie superano quelli di fondo con un divario maggiore nei primi mesi estivi.

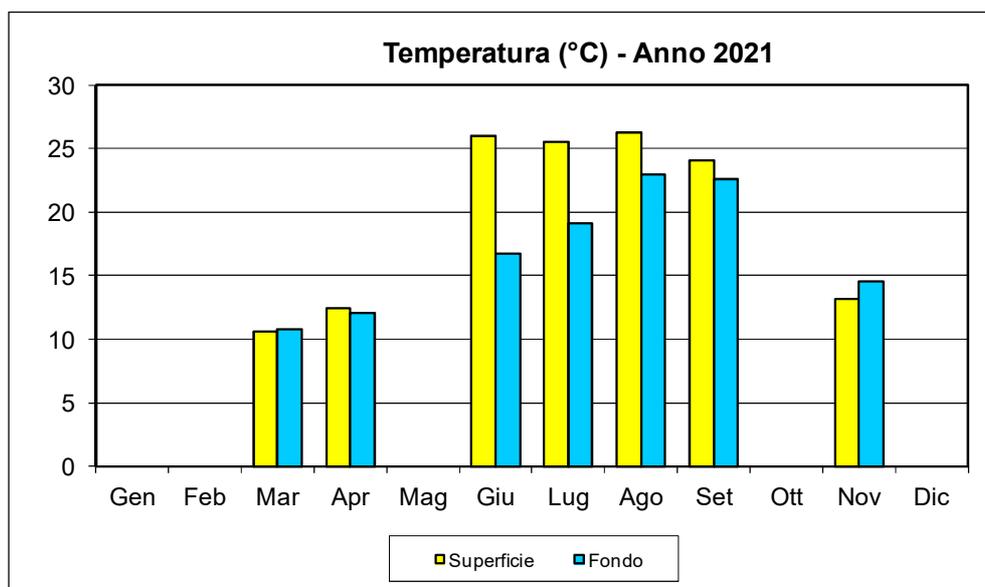


Figura 6: Valori medi di temperatura (°C) in superficie e al fondo alle stazioni a 3704m da costa

In figura 7 si riporta la distribuzione dei valori medi di temperatura per ciascun transetto e alle diverse distanze dalla costa, calcolati sul dataset disponibile: mancano i mesi del periodo invernale (gennaio, febbraio e dicembre) e primaverile (maggio). Come si può osservare, i valori di temperatura medi si sono mantenuti entro un range abbastanza ristretto lungo tutta la costa, con i valori medi più bassi nell'area ricompresa tra le foci di Brenta-Bacchiglione e Adige (Transetto 064).

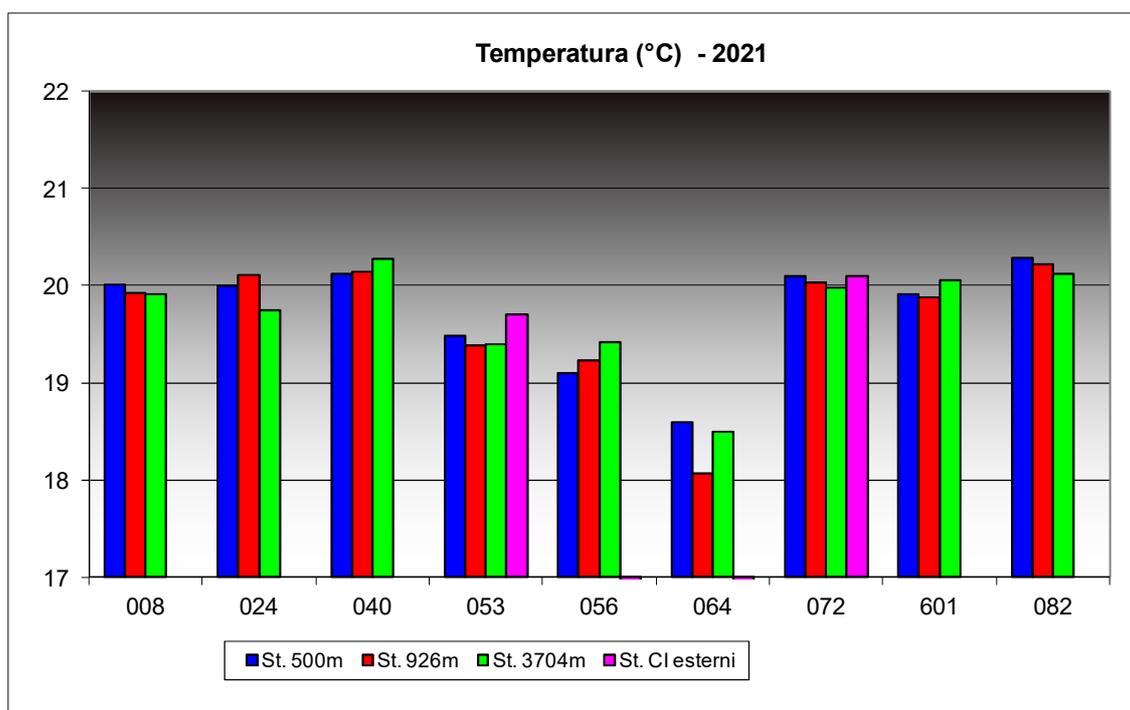


Figura 7: Valori medi di temperatura (°C) per transetto alle diverse distanze dalla costa

6.1.3 Salinità

In superficie la distribuzione dei valori di salinità presenta un valore medio pari a 31.25 PSU ed un'escursione compresa tra il valore minimo di 9.55 PSU (stazione 20640 a luglio, a fronte di una conducibilità attorno a 14.95 mS/cm) e il valore massimo pari a 37.56 PSU

(stazione 40530 a novembre, con 43.97 mS/cm di conducibilità). Al fondo la media calcolata presso le stazioni a 3704m è risultata pari a 37.27 PSU variando da 34.93 (stazione 30530 a luglio, profondità circa 14m) a 38.24 PSU (stazione 36010 a settembre, profondità circa 27m).

In figura 8 si riporta l'andamento delle salinità medie mensili in superficie e al fondo, registrate presso le stazioni a 3704m dalla costa. La distribuzione dei valori medi nelle acque di fondo di queste stazioni si presenta tipicamente molto più uniforme rispetto alla superficie e sempre sopra i 36 PSU; per quanto riguarda gli strati superficiali, i valori medi presentano una maggiore variabilità passando da poco più di 29 PSU a luglio a oltre 34 PSU ad aprile.

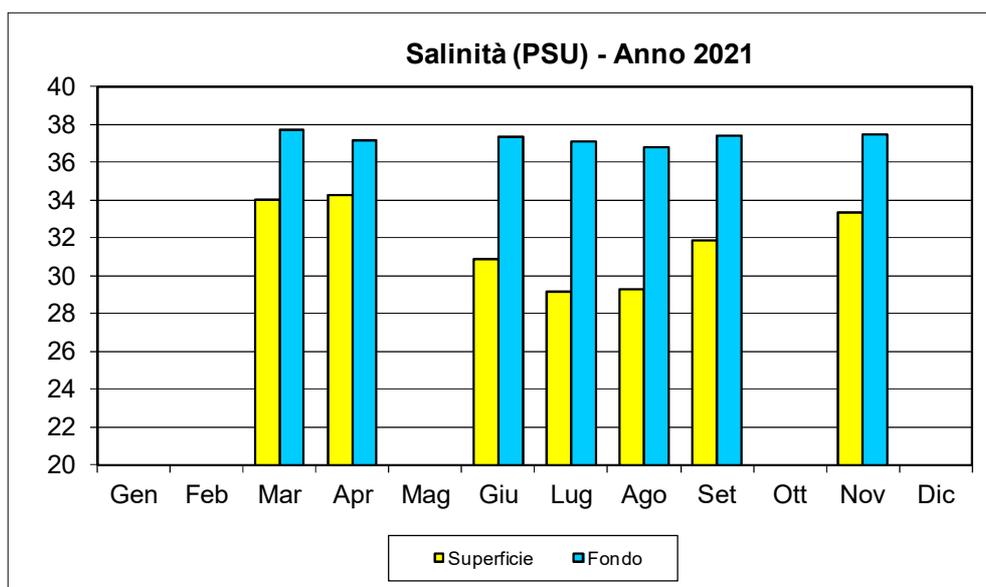


Figura 8: Salinità medie (PSU) in superficie e al fondo alle stazioni a 3704m da costa

In figura 9 sono riportate invece le salinità medie di superficie calcolate per ciascuna campagna presso le stazioni poste alle diverse distanze dalla costa. La campagna di aprile presenta le concentrazioni medie più elevate a tutte le stazioni, mentre i valori medi più bassi sono stati registrati nel mese di luglio soprattutto nella stazione più al largo.

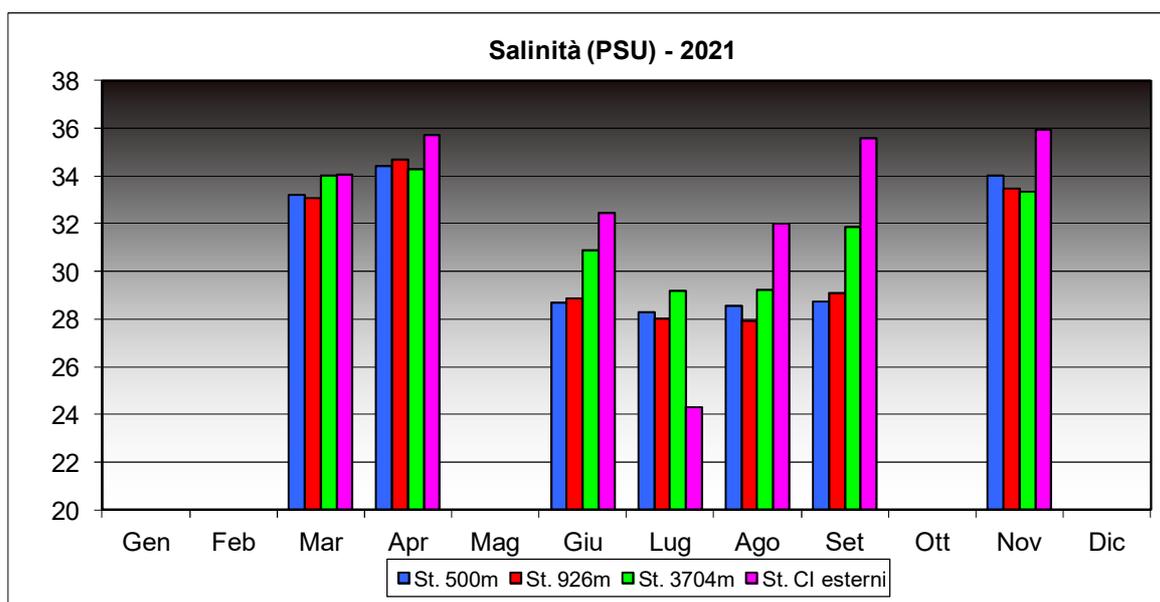


Figura 9: Salinità medie (PSU) in superficie per campagna alle diverse distanze dalla costa

In figura 10 si riporta la distribuzione dei valori rilevati per ciascun transetto nelle diverse stazioni che lo compongono (il grafico mostra i transetti da nord a sud lungo la costa) in forma di Box & Whisker Plots³. Dalle distribuzioni delle mediane si osserva come le aree davanti alla laguna di Venezia (transetti 053 e 056) presentino valori di salinità elevati (mediane superiori a 35 PSU) già nelle stazioni prossime alla costa; i transetti a nord presentano valori di mediana compresi tra 30 e 35 PSU mentre subito a sud di Chioggia (dal tr. 064) le concentrazioni si abbassano soprattutto nelle stazioni più vicine a costa in relazione al maggiore afflusso di acque dolci nella zona, come si può dedurre dalla posizione della mediana ma anche dalla dispersione dei valori, più evidente nel transetto meridionale dell'area del delta del Po (tr. 082).

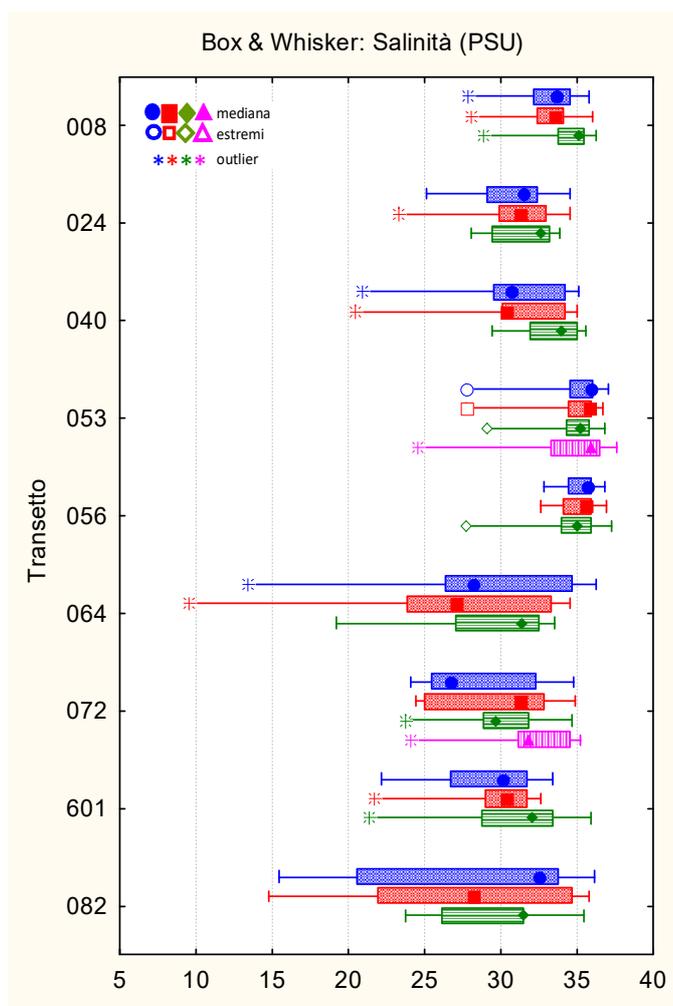


Figura 10: Distribuzione dei valori di salinità in superficie (PSU) per transetto (da nord a sud) e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

³ Box & Whisker Plot: la costruzione di un grafico Box & Whisker Plot fa uso dei quartili di un insieme di dati ed utilizza la rappresentazione dei dati in senso verticale. L'area della scatola rappresenta il 50% della distribuzione dei dati complessivi dove l'estremità inferiore corrisponde al primo quartile (25%) e l'estremità superiore al terzo (75%); il valore massimo e il minimo vengono rappresentati rispettivamente dall'ampiezza del baffo superiore ed inferiore della scatola, mentre dalla posizione della mediana (rappresentata graficamente dal quadratino interno alla scatola) si può capire se la distribuzione dei dati è simmetrica intorno al valore medio. Nei box plot utilizzati nel presente rapporto si è scelto di visualizzare i valori outlier e quelli estremi; gli outlier sono calcolati come: valore 75° percentile + c.o.*(75° percentile - 25° percentile), mentre gli estremi come: valore 75° percentile + 2 c.o.*(75° percentile - 25° percentile) dove c.o. è un coefficiente di outlier (1.5 per impostazione predefinita).

6.1.4 Concentrazione idrogenionica

Rappresenta il parametro che, grazie all'azione del forte sistema tampone esercitata dall'acqua di mare, esprime la più ristretta variabilità con un valore medio in superficie pari a 8.32 unità di pH, un massimo di 8.57 (stazione 20240 – Jesolo a giugno) e un minimo di 7.86 (alla stazione 30820 – Po di Tolle a marzo). Al fondo, presso le stazioni a 3704m da costa, la media è stata pari a 8.15 unità di pH variando da un minimo di 7.82 (stazione 30820 – Po di Tolle a marzo, profondità circa 15m) a un massimo di 8.46 (alla stazione 30640 a novembre, profondità circa 19m).

In figura 11 si riporta la distribuzione dei valori medi di pH calcolati in superficie e al fondo per le stazioni a 3704 m dalla linea di costa; in quasi tutte le campagne i valori medi di fondo risultano inferiori a quelli di superficie, la discrepanza tra le due quote è maggiore nelle campagne realizzate nel periodo tardo-primaverile ed estivo (da giugno a settembre).

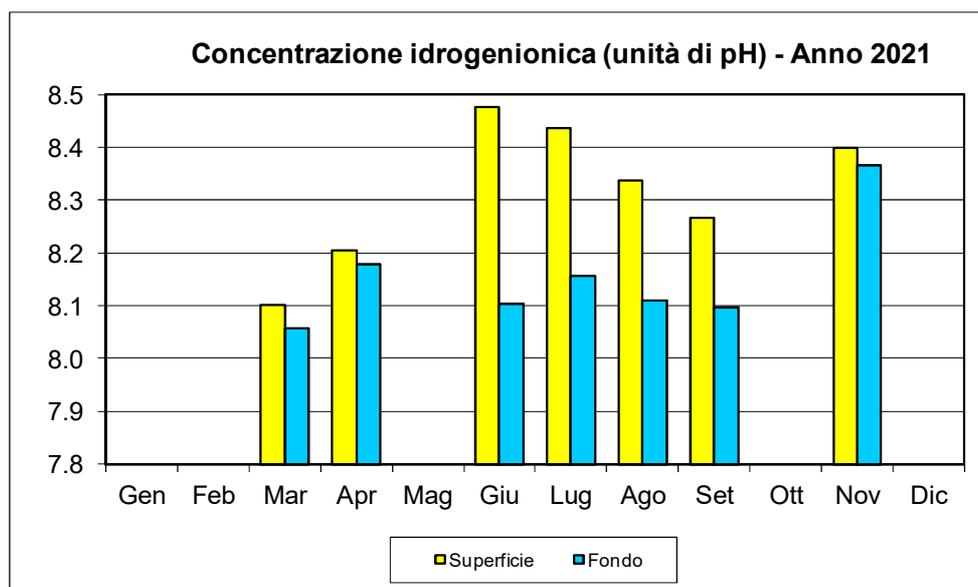


Figura 11: Valori medi di pH in superficie e al fondo, registrati presso le stazioni a 3704m da costa

In figura 12 si riporta la distribuzione dei valori rilevati in superficie per ciascuna stazione in forma di Box & Whisker Plots: generalmente la maggior parte delle mediane è ricompresa tra 8.3 e 8.4 unità di pH, mentre nelle stazioni a 500m dei transetti 056 e 064 il valore è un po' più basso.

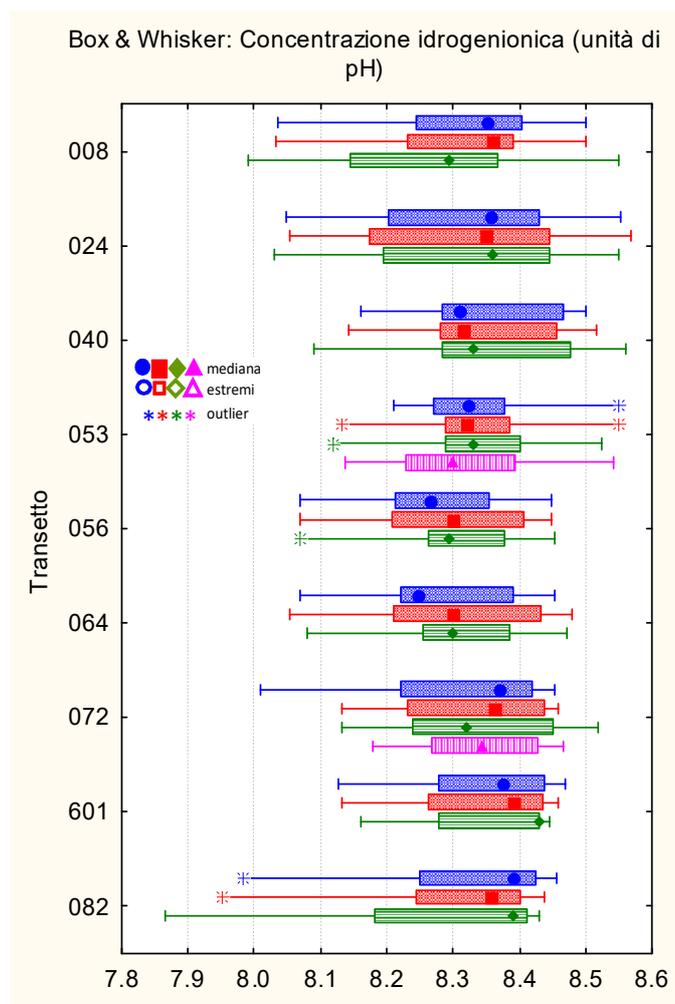


Figura 12: Distribuzione dei valori di pH per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.5 Ossigeno disciolto

In superficie il valore medio di ossigeno disciolto riscontrato è di 104.68% con un minimo di 86.55% alla stazione 20820 nel mese di marzo; il valore massimo pari a 139.97% è stato registrato a giugno alla stazione 30720. Al fondo, considerando solo le stazioni a 3704m, i valori sono variati tra un minimo di 51.99% (stazione 36010 a giugno, profondità circa 27m) e un massimo pari a 112.15% (alla stazione 30240 a giugno, profondità circa 15m), con una media annuale pari a 91.19%.

La figura 13 rappresenta i valori di ossigenazione medi in superficie ed al fondo, calcolati presso le stazioni più al largo. I valori di superficie si sono mantenuti sopra il 100% di saturazione nel periodo da giugno a settembre, mantenendo comunque valori superiori al 95% nelle campagne di marzo, aprile e novembre. I valori al fondo sono rimasti sempre inferiori rispetto a quelli di superficie (ad eccezione di aprile), mantenendosi comunque sopra l'80% di saturazione; il divario tra le due quote è maggiore nel periodo estivo, da giugno in poi.

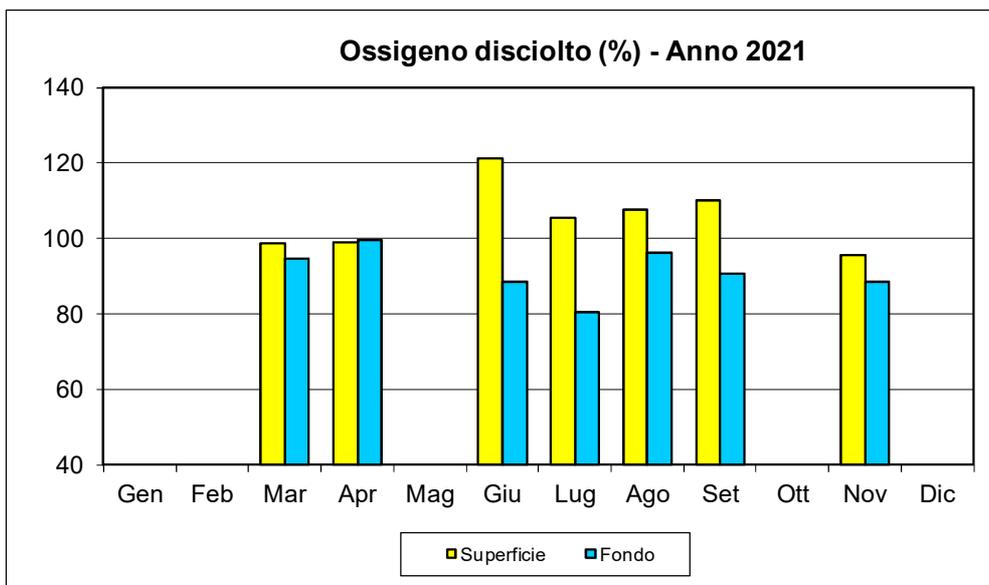


Figura 13: Valori medi di ossigeno disciolto (%) in superficie e al fondo presso le stazioni a 3704 m

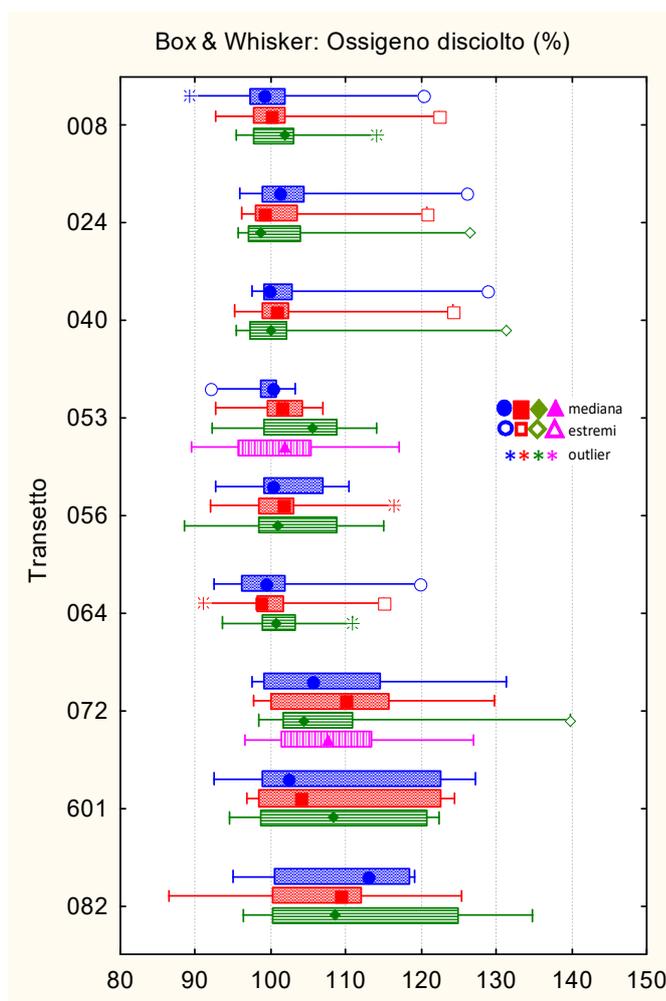


Figura 14: Distribuzione dei valori di ossigeno disciolto (%) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

In figura 14 si riporta la distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in superficie per transetto alle varie di distanze dalla costa in forma di Box & Whisker Plots; dalla figura si osserva come i valori di mediana si assestino su valori superiori alla saturazione nell'area meridionale di costa (dal tr. 072 in giù), area in cui si manifesta anche una maggiore dispersione dei valori. Nell'area settentrionale e centrale invece le distribuzioni delle misure risultano più contenute e le mediane presentano valori prossimi alla saturazione in quasi tutte le stazioni.

6.1.6 Azoto ammoniacale

In superficie il valore massimo pari a 123.30 $\mu\text{g/l}$ è stato registrato alla stazione 16010 nel mese di giugno; la concentrazione media di azoto ammoniacale nelle campagne effettuate è stata pari a 22.95 $\mu\text{g/l}$ con un numero di campioni con valore inferiore al limite di quantificazione (7.75 $\mu\text{g/l}$) pari al 32.0% dei campioni totali (65 casi su 203 campioni), percentuale più che raddoppiata rispetto all'anno precedente (2020=13.5%; 2019 = 7.4%). In figura 15 si riportano i valori medi calcolati sulle stazioni poste alle diverse distanze dalla linea di costa in ciascuna campagna di campionamento; risulta evidente l'abbondanza del parametro riscontrata nelle campagne di giugno e luglio, seguite poi da novembre, con concentrazioni elevate anche a distanza da costa. Tale andamento non è stato osservato per gli altri sali nutritivi a base di azoto.

L'azoto ammoniacale deriva principalmente dalla degradazione di composti organici azotati derivanti da scarichi fognari e allevamenti zootecnici, dal dilavamento di terreni agricoli trattati con concimi a base di urea e da reflui di industrie alimentari e chimiche. Generalmente il contenuto di azoto ammoniacale in mare è basso in quanto si ossida velocemente ad azoto nitrico, pertanto la sua presenza in quantità è indice di inquinamento recente.

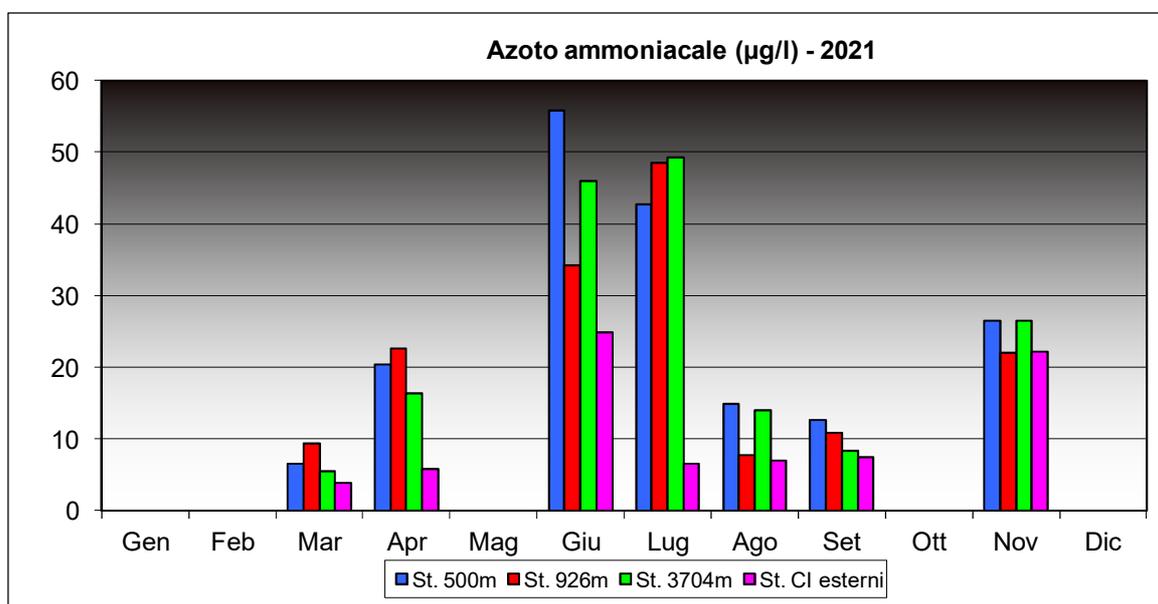


Figura 15: Valori medi di azoto ammoniacale ($\mu\text{g/l}$) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

Dall'esame della distribuzione dei valori per ciascuna stazione nei diversi transetti (Fig. 16), si osserva una differenziazione tra l'area centro settentrionale di costa e l'area a sud di Chioggia meno marcata rispetto ad anni precedenti, pur permanendo maggiore la dispersione dei valori presso l'area del delta.

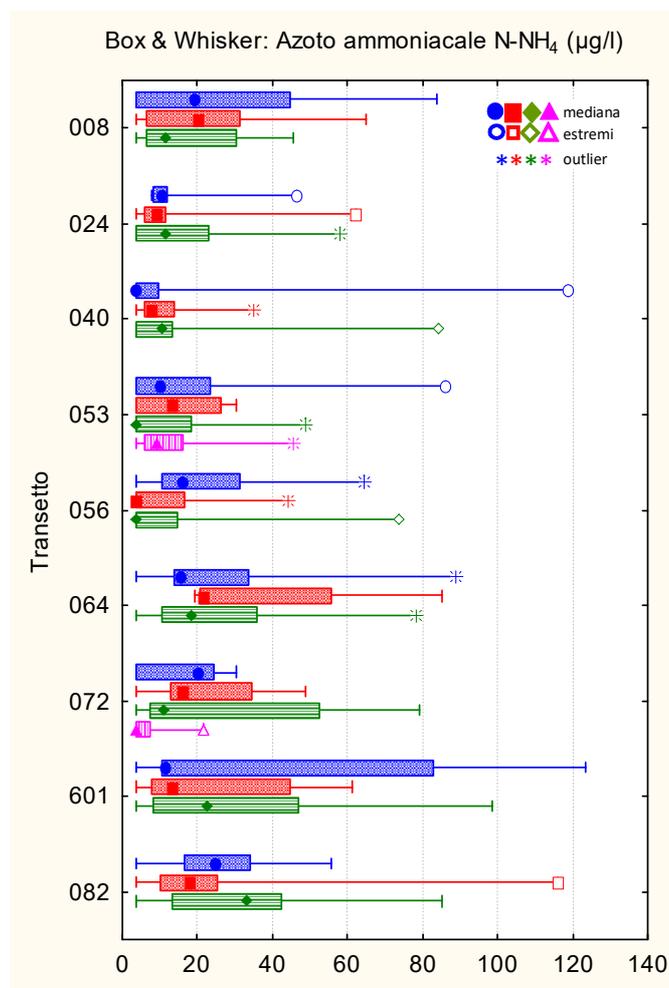


Figura 16: Distribuzione dei valori di azoto ammoniacale (µg/l) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.7 Azoto nitrico

In superficie nel 2021 la concentrazione media di azoto nitrico è stata pari a 213.45 µg/l (inferiore sia al 2020, 228.28µg/l, che al 2019, 273.49 µg/l), con una diminuzione però dei valori minimi inferiori al limite di quantificazione (11.30 µg/l) che nel 2021 costituiscono il 3% dei campioni (6 casi su 203, tutti a giugno) rispetto al 18.4% del 2020. Il valore massimo pari a 1065.70 µg/l è stato misurato alla stazione 16010 (500m al largo di Po di Pila) nel mese di settembre.

In figura 17 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di azoto nitrico calcolate alle varie distanze dalla costa. I maggiori carichi di questo nutriente sono stati registrati nei mesi di marzo, agosto e settembre, con concentrazioni decrescenti con la distanza da costa; nel complesso l'andamento temporale è molto diverso da quello dell'azoto ammoniacale, visto in precedenza. I rilevamenti temporali relativi ai mesi citati sono difficilmente commentabili e difficoltosi da correlare agli apporti meteorici sul territorio regionale (generalmente inferiori alle medie storiche) e anche alle portate dei maggiori fiumi, anch'esse spesso inferiori alle medie storiche, come si può osservare dai grafici di figura 3. In molte campagne si può notare il decremento delle concentrazioni con l'allontanamento dalla costa.

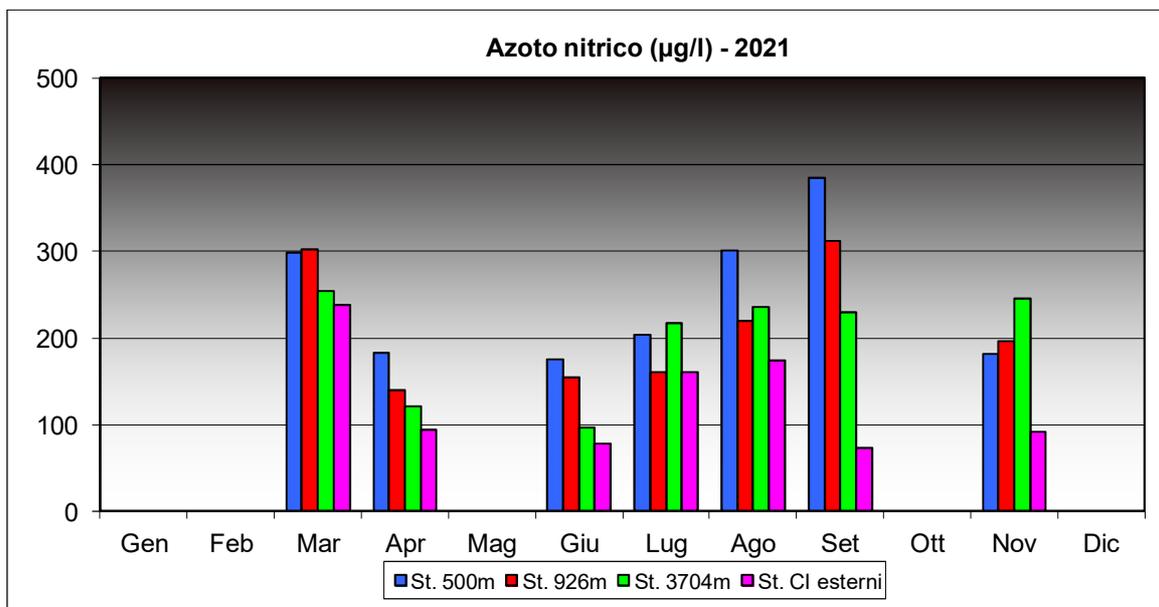


Figura 17: Valori medi di azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

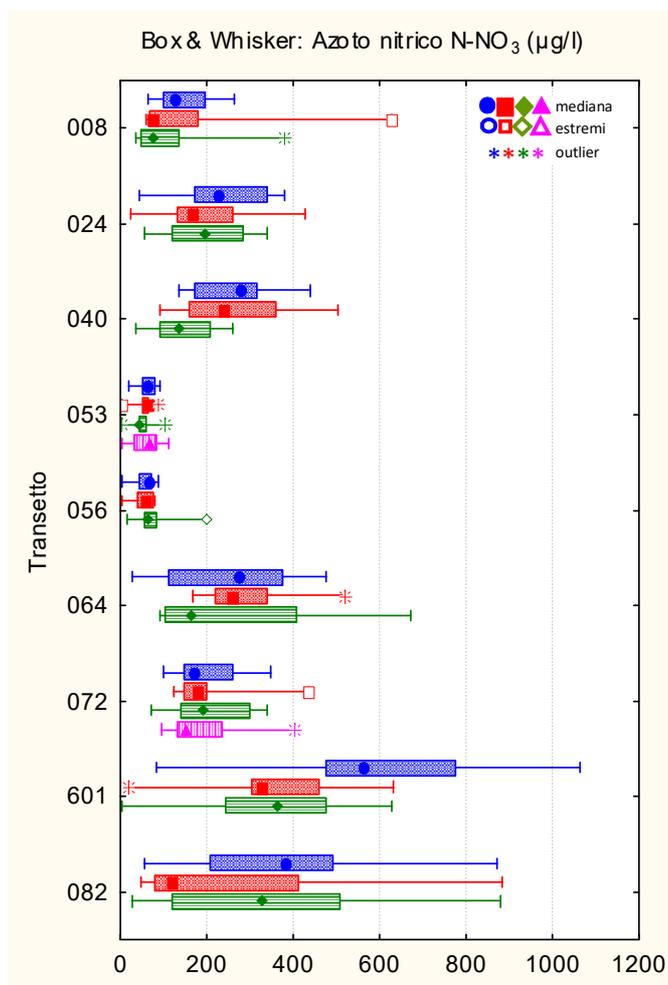


Figura 18: Distribuzione dei valori di azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

In figura 18 è riportata la distribuzione dei valori rilevati in superficie in tutte le stazioni. Dal box plot risulta evidente ancora una volta come i valori di concentrazione decisamente più

bassi siano stati rilevati nell'area antistante la laguna di Venezia (transesti 053 e 056), mentre si osserva un forte aumento delle concentrazioni di questo nutriente nel tratto meridionale di costa già dal transetto 064 di Chioggia, con valori particolarmente elevati nella zona antistante il delta del Po (transesti 601 - Po di Pila e 082 - Po di Tolle). Nella parte settentrionale del bacino si riscontra una situazione intermedia tra le precedenti, con concentrazioni più elevate al transetto 040 (Cavallino Treporti).

6.1.8 Azoto nitroso

In superficie la concentrazione media di azoto nitroso è di 4.15 µg/l con valori minimi inferiori al limite di quantificazione (1.52 µg/l) nel 15.3% dei casi (31 su 185 campioni, contro il 3.8% del 2020), tutti riscontrati nelle campagne di giugno e luglio; il valore massimo pari a 13.84 µg/l è stato rilevato nella stazione 20820 (a 926 m al largo della foce del Po di Tolle) a novembre. La distribuzione dei valori medi mensili per distanza dalla costa (Fig. 19) è più simile a quella dell'azoto nitrico; per questo parametro valori elevati sono stati riscontrati nelle campagne di marzo e settembre e, a differenza dell'azoto nitrico, soprattutto a novembre, come si può osservare dal grafico.

In figura 20 la situazione lungo la costa è meno netta rispetto all'azoto nitrico, comunque si osserva la presenza di valori più elevati in corrispondenza dei transesti localizzati nell'area a sud di Chioggia (dal transetto 064 verso il confine regionale).

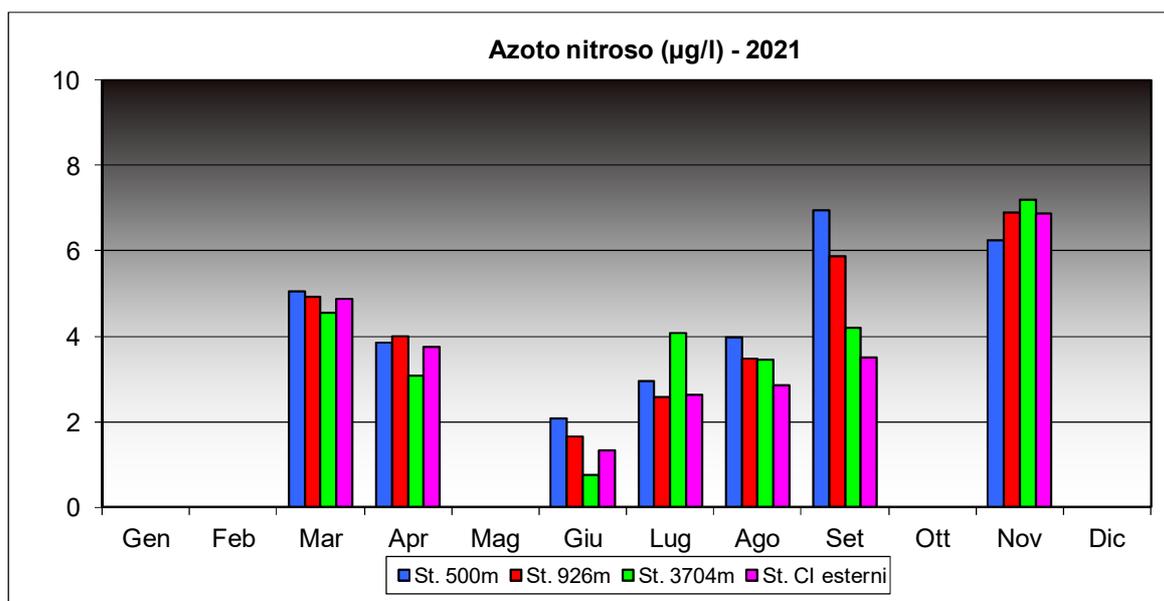


Figura 19: Valori medi di azoto nitroso (µg/l) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

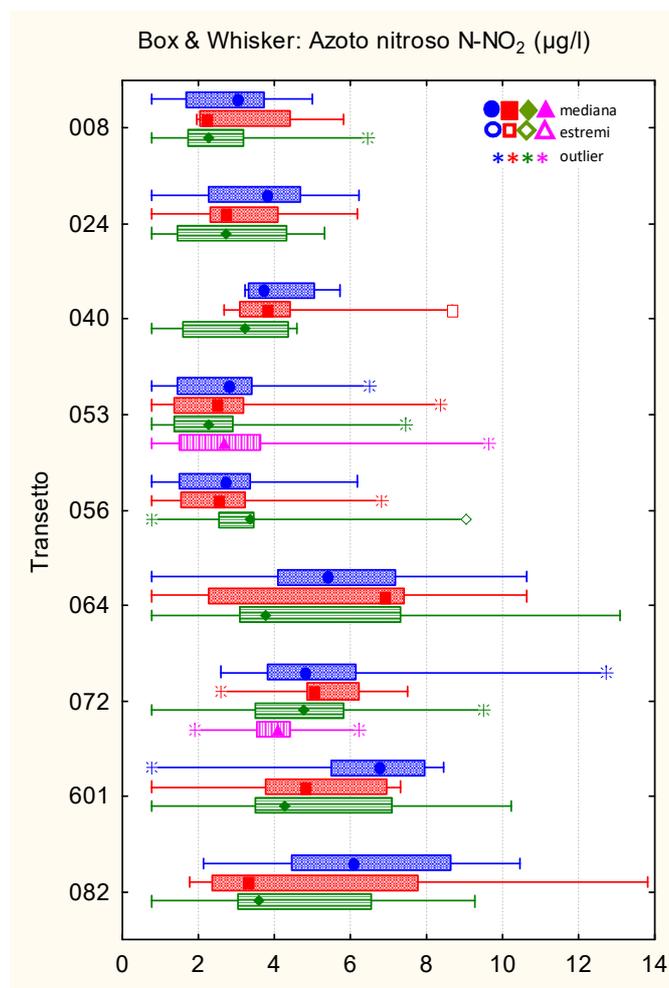


Figura 20: Distribuzione dei valori di azoto nitroso ($\mu\text{g/l}$) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.9 Azoto totale

In superficie la concentrazione media di azoto totale è di $393.70 \mu\text{g/l}$, con un valore minimo pari a $61.00 \mu\text{g/l}$ registrato alla stazione 20080 ad aprile e un valore massimo di $1343.00 \mu\text{g/l}$ nella stazione 26010 (a 926m dalla foce del Po di Pila) a marzo (contro un massimo di $2259.50 \mu\text{g/l}$ nel 2020). La distribuzione dei valori medi mensili per ciascuna distanza e per campagna di misura, riportata in figura 21, mostra ancora una volta le maggiori concentrazioni nelle campagne di marzo e settembre, pur restando abbastanza consistenti anche negli altri mesi; il gradiente negativo con l'allontanamento dalla costa risulta evidente in quasi tutte le campagne, ad indicare, in modo indiretto, un afflusso di acque dolci relativamente scarso e limitato ad una fascia costiera ristretta.

Per quanto riguarda la distribuzione delle concentrazioni per transetto e stazioni (Fig. 22), si osserva chiaramente, come per l'azoto nitrico, un aumento delle concentrazioni nei transetti maggiormente influenzati da apporti fluviali, nel tratto meridionale di costa, e soprattutto in quelli localizzati nell'area antistante il delta del Po (transetti 601 e 082); la zona centrale di costa antistante la laguna di Venezia presenta concentrazioni decisamente inferiori, mentre l'area settentrionale mostra una situazione intermedia tra le due.

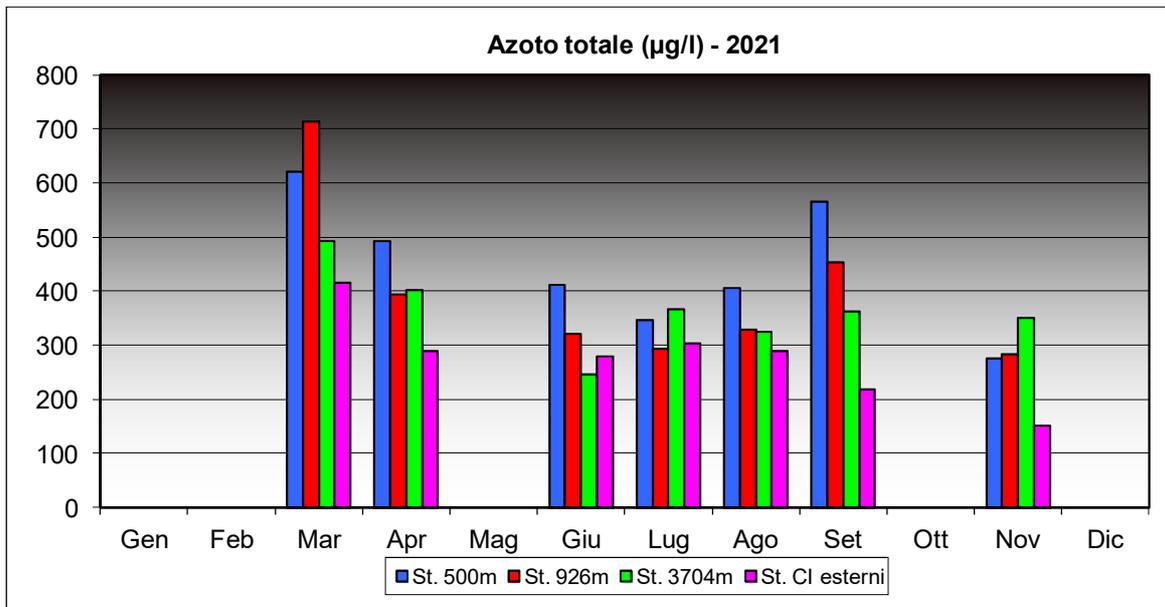


Figura 21: Valori medi di azoto totale ($\mu\text{g/l}$) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

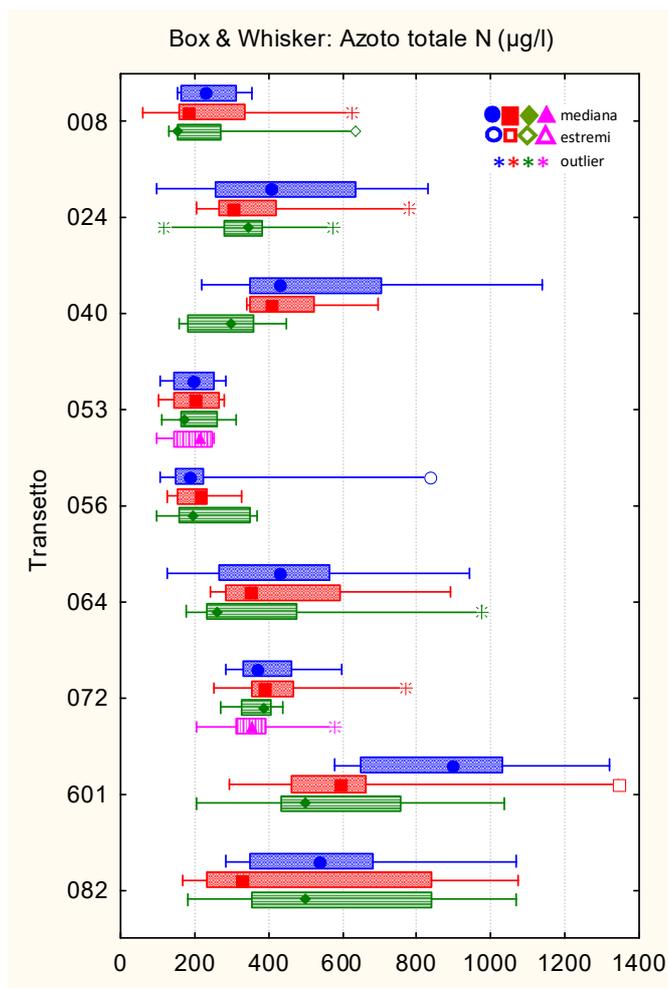


Figura 22: Distribuzione dei valori di azoto totale ($\mu\text{g/l}$) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.10 Fosforo da ortofosfati

Il valore medio calcolato nel 2021 (con LOQ=1 µg/l) è risultato pari a 2.70 µg/l, il valore massimo pari a 28.00 µg/l è stato registrato alla stazione 36010 (a 3704m al largo della foce del Po di Pila) nella campagna di settembre, mentre il minimo è stato registrato in 35 campioni su 203, quindi nel 17.2% dei casi.

Si riporta di seguito la distribuzione dei valori medi per campagna e per transetto. Come si può osservare dal grafico di medie riportato in figura 23, dove i valori <LOQ sono sostituiti con un valore pari alla metà del limite di quantificazione, i valori maggiori sono riscontrati nelle campagne di luglio e novembre, con concentrazioni medie più elevate alle stazioni a 3704m da costa in entrambe le campagne.

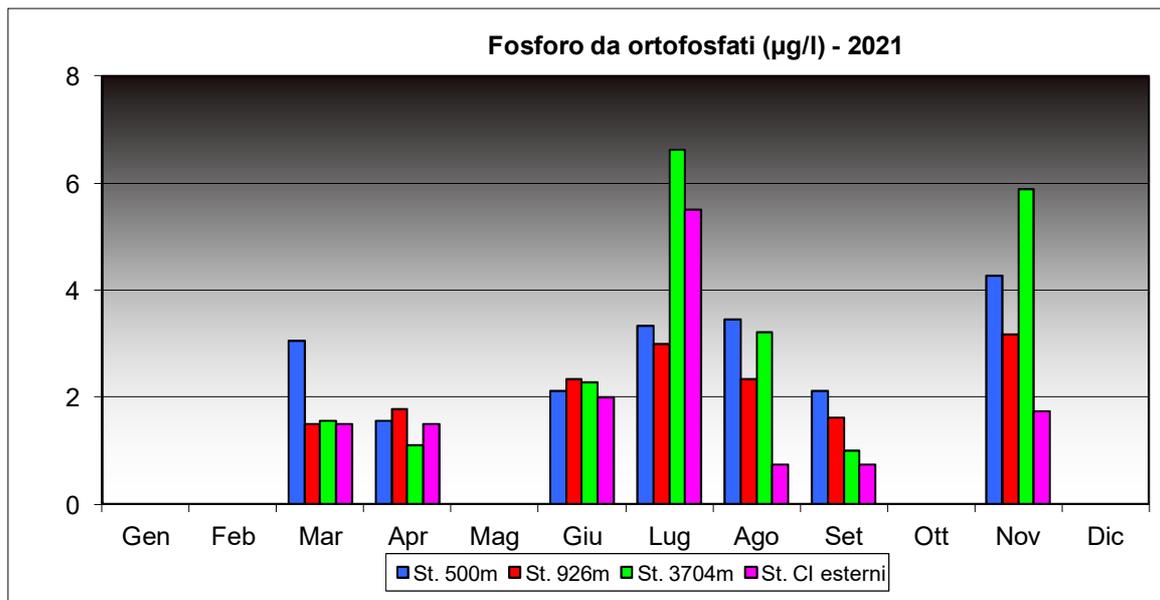


Figura 23: Valori medi di fosforo da ortofosfati (µg/l) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

La distribuzione delle concentrazioni di ortofosfato lungo la costa alle diverse distanze evidenzia valori di mediana elevati e maggiore dispersione ancora una volta nella zona costiera a sud di Chioggia, in particolare al transetto 601 antistante la foce del Po di Pila (Fig. 24). Restano molto basse le concentrazioni negli altri transetti, come si può osservare dalla posizione delle mediane.

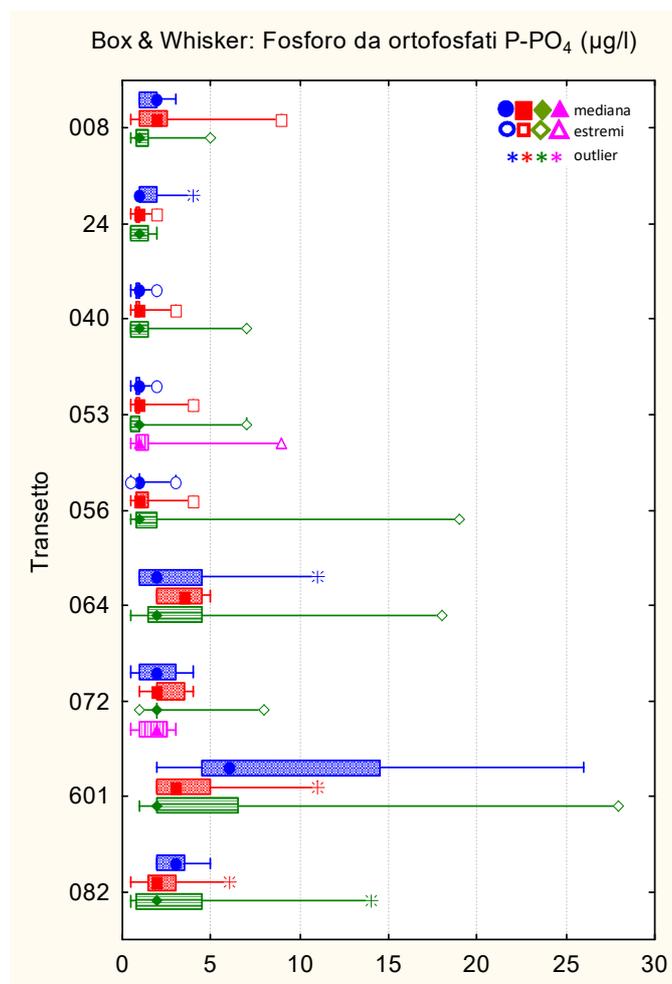


Figura 24: Distribuzione dei valori di fosforo da ortofosfati (µg/l) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.11 Fosforo totale

In superficie la concentrazione media di fosforo totale è di 17.70 µg/l con un massimo di 90.00 µg/l alla stazione 16010 (500m al largo del Po di Pila) ad aprile e un minimo di 4.00 µg/l alla stazione 20400 (926m al largo di Cavallino Treporti) a novembre. La distribuzione dei valori medi per distanza dalla costa in ciascuna campagna (Fig. 25) mostra valori confrontabili in tutte le campagne, eccettuata quelle di settembre e marzo, dove è evidente la diminuzione dei valori con l'allontanamento dalla costa.

Come per altri nutrienti, la distribuzione da nord verso sud cresce gradualmente e si evidenziano valori maggiori in corrispondenza dei transetti localizzati nel tratto meridionale di costa a partire dal transetto 064 (Chioggia) e fino ai due transetti antistanti le foci dei principali rami del fiume Po, cioè il transetto 601 (Po di Pila) e lo 082 (Po di Tolle) (Fig. 26).

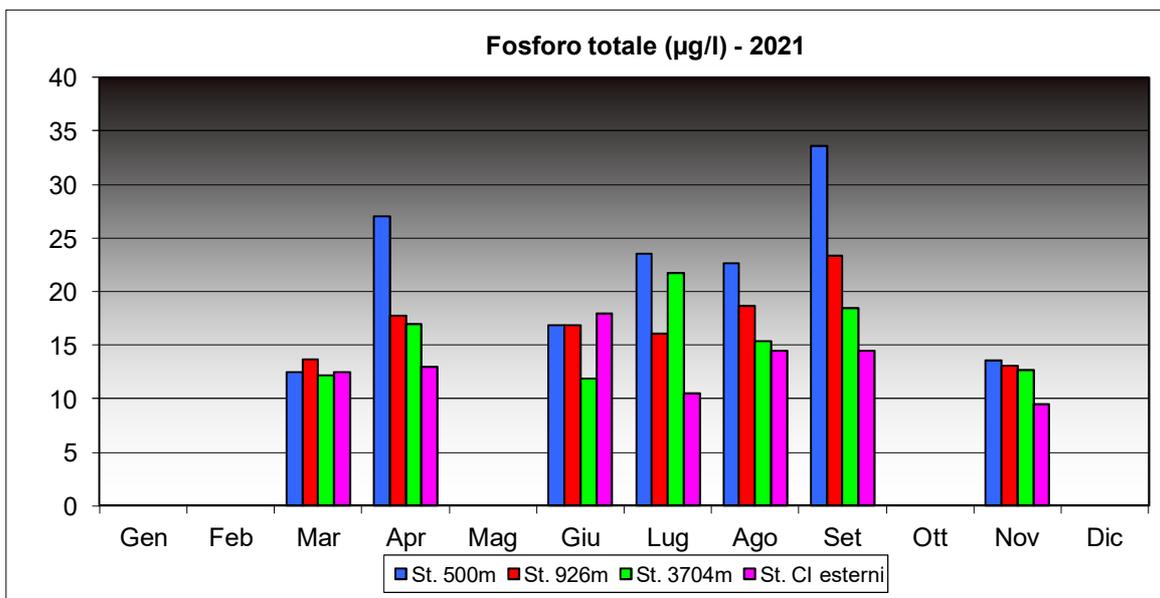


Figura 25: Valori medi di fosforo totale ($\mu\text{g/l}$) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

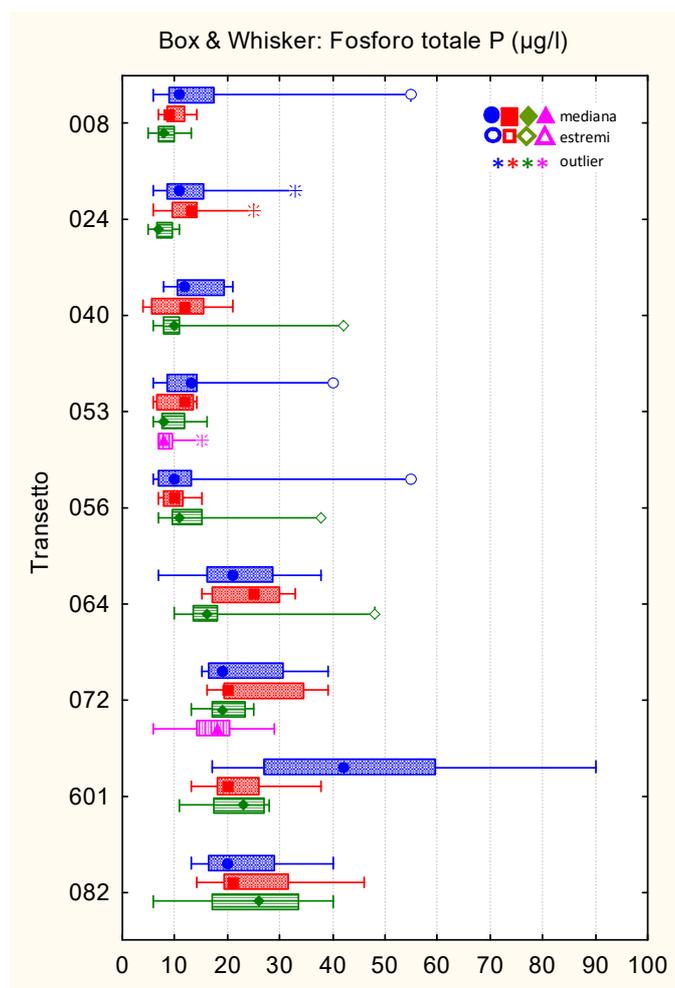


Figura 26: Distribuzione dei valori di fosforo totale ($\mu\text{g/l}$) per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.12 Silicio da ortosilicati

L'analisi di silicio da ortosilicati, essenziale per la costruzione dei frustuli silicei (gusci) in alcune specie algali, viene eseguita nei campioni di acqua nei quali sono determinate le popolazioni fitoplanctoniche, quindi solo presso le stazioni a 500m dei corpi idrici costieri e nelle due stazioni al largo dei due corpi idrici marini. In superficie il silicio ha presentato nel 2021 una concentrazione media pari a 386.22 $\mu\text{g/l}$, variando da un massimo di 1771.00 $\mu\text{g/l}$, osservato a settembre alla stazione 16010 (Po di Pila) a un valore minimo di 51.00 $\mu\text{g/l}$ alla stazione 40530 (oltre 8 km al largo di Venezia S.Pietro in V.) a marzo. I valori più elevati sono stati registrati ad agosto e settembre, soprattutto nelle stazioni costiere, e a luglio in quelle al largo, come si può vedere dal grafico di figura 27.

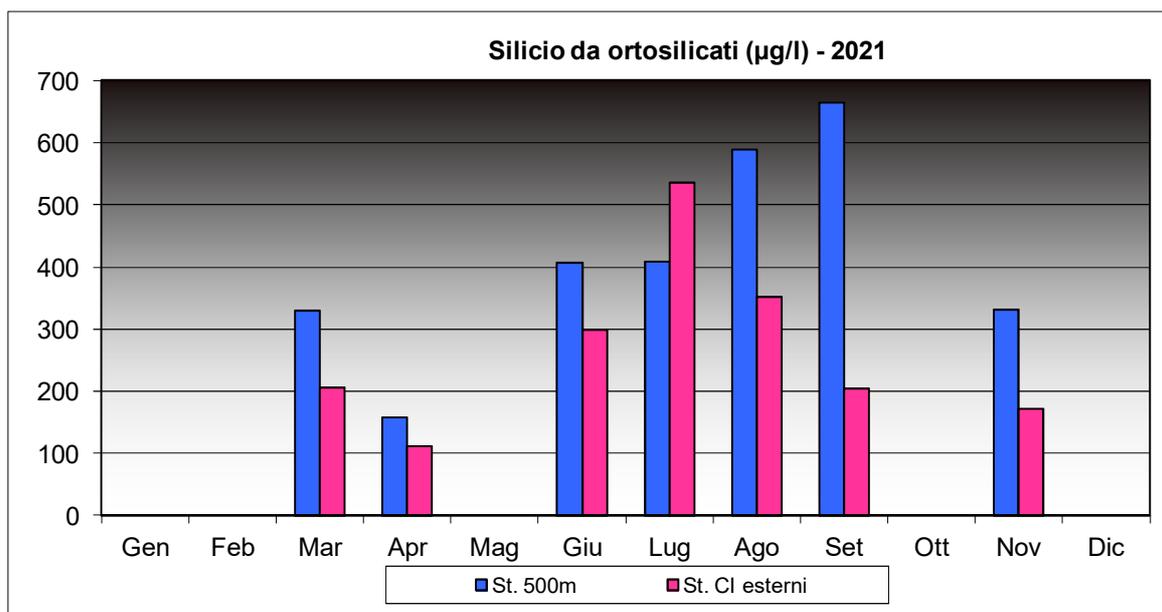


Figura 27: Valori medi di silicio da ortosilicati ($\mu\text{g/l}$) in superficie per ciascuna campagna alle diverse distanze dalla costa

In figura 28 si riportano le concentrazioni misurate presso le stazioni a 500m e le due esterne nelle campagne effettuate nel 2021: dal grafico Box & Whisker Plots si evidenzia come l'area antistante la laguna di Venezia presenti i valori più bassi di concentrazione e la minore variabilità anche nella stazioni più esterna, come consueto, mentre la zona meridionale di costa, fortemente condizionata da cospicui apporti fluviali, mostra un'ampia variabilità attorno ai valori di mediana, decisamente più alti (trasetti 064, 072, 601 e 082); la zona costiera settentrionale presenta una situazione intermedia tra le due, per la presenza di apporti di acque continentali meno cospicui.

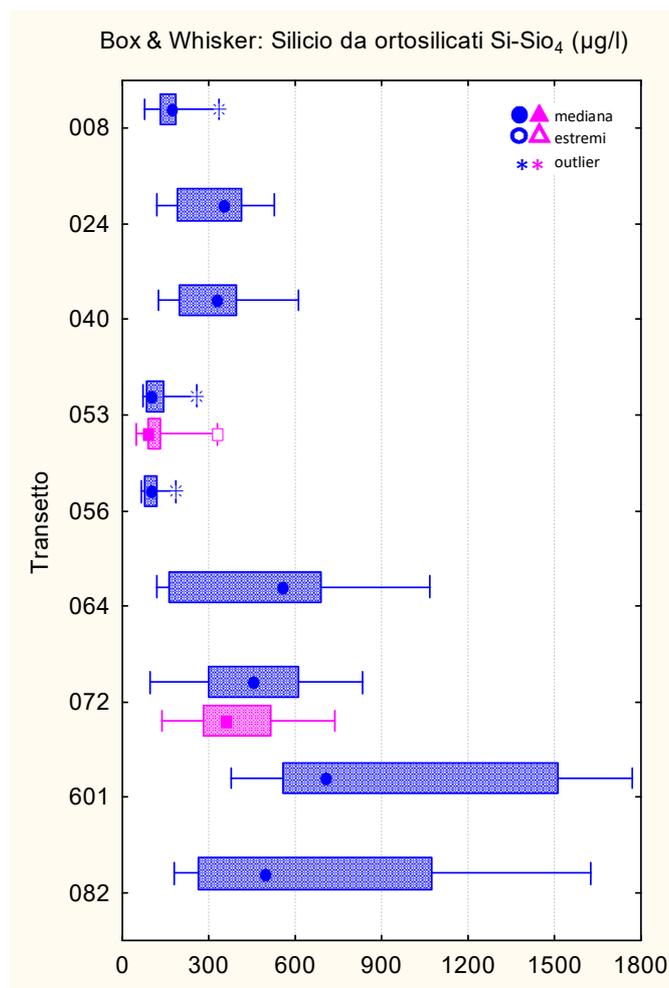


Figura 28: Distribuzione dei valori di silicio da ortosilicati (µg/l) per stazione (in blu le stazioni a 500 m; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.13 Clorofilla a

In superficie la concentrazione media di clorofilla *a*, misurata *in situ* tramite fluorimetro associato alla sonda multiparametrica, è stata di 1.11 µg/l (N=203), con un minimo pari a 0.33 µg/l alla stazione 10720 (Rosolina) ad aprile e un massimo di 3.61 µg/l rilevato, a settembre, presso la stazione 10820 (foce del Po di Tolle). L'analisi in laboratorio è effettuata solo sui campioni su cui viene analizzato il fitoplancton (le stazioni a 500 m e le due esterne) (N=77); nel 2021 è stato osservato un valore medio pari a 1.40 µg/l con un minimo di 0.20 µg/l misurato a luglio alla stazione 10640 (Chioggia) e un massimo di 5.81 µg/l nella campagna di settembre alla stazione 16010 (500m al largo di Po di Pila).

In figura 29 si riporta la distribuzione dei valori medi di clorofilla *a*, misurata con entrambi i metodi, per campagna di rilevamento presso le sole stazioni a 500 m. Ad aprile e giugno il divario è elevato, con valori di clorofilla misurati sul campo nettamente inferiori rispetto a quella analizzata in laboratorio; la situazione si ribalta invece nella campagna di novembre, dove è la clorofilla rilevata in campo a presentare concentrazioni maggiori.

In figura 30, invece, sono riportate le distribuzioni delle concentrazioni per transetto alle diverse distanze dalla costa per la clorofilla misurata *in situ*. Si può osservare, dalla posizione delle mediane, come le concentrazioni e le dispersioni dei valori risultino molto ridotte nei transetti 056 (Venezia Ca'Roman) e 064 (Chioggia); dal transetto 072 verso sud aumentano sia le concentrazioni che le dispersioni, mentre nell'area a nord si osserva una situazione intermedia.

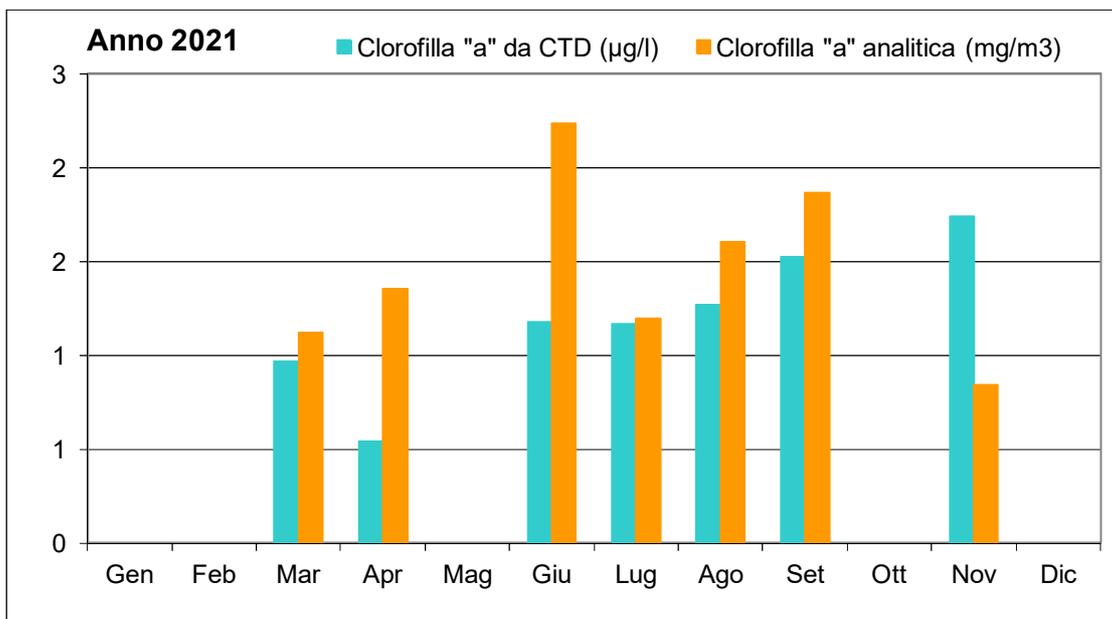


Figura 29: Valori medi di clorofilla a (misure con sonda e con metodo analitico) presso le stazioni a 500 m, per campagna di rilevamento

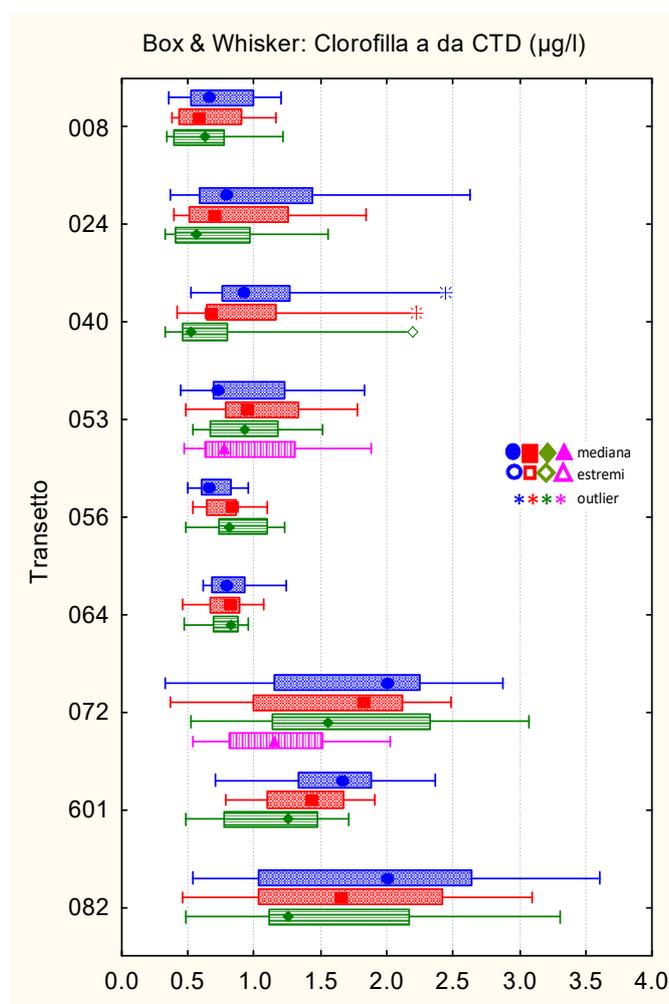


Figura 30: Distribuzione dei valori di clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) misurata *in loco*, per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni)

6.1.14 Indice trofico TRIX

L'indice TRIX considera le principali componenti degli ecosistemi marini che caratterizzano la produzione primaria: fattori nutrizionali (azoto inorganico disciolto, fosforo totale) e fattori legati alla produttività (Clorofilla "a" [indice di biomassa fitoplanctonica], Ossigeno disciolto) riassumendo in un valore numerico la combinazione di queste variabili che definiscono, in una scala di valori da 1 a 10, le condizioni di trofia e il livello di produttività delle aree costiere. Esso classifica dunque lo stato trofico delle acque in base a 4 classi di qualità (Tab. 7), in funzione delle variazioni dei parametri che lo compongono:

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

dove:

Chl a = clorofilla (µg/l);

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

N = Azoto minerale disciolto (µg/l);

P = Fosforo totale (µg/l).

| INDICE DI TROFIA | STATO | COLORE DI RAPPRESENTAZIONE | CONDIZIONI |
|------------------|-----------|----------------------------|--|
| 2 – 4 | ELEVATO | AZZURRO | buona trasparenza delle acque assenza di anomale colorazioni delle acque assenza di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque bentiche |
| 4 – 5 | BUONO | VERDE | occasionalmente intorbidimenti delle acque occasionalmente anomale colorazioni delle acque occasionalmente ipossie nelle acque bentiche |
| 5 – 6 | MEDIO CRE | GIALLO | scarsa la trasparenza delle acque anomale colorazioni delle acque ipossie e occasionalmente anossie nelle acque bentiche stati di sofferenza a livello di ambiente bentonico |
| 6 – 8 | SCADENTE | ROSSO | elevata torbidità delle acque diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche morte di organismi bentonici alterazione/semplificazione delle comunità bentoniche danni economici nei settori del turismo, pesca ed acquacoltura |

Tabella 7: Suddivisione delle acque marine costiere in classi in base alla scala trofica (ex D.Lgs. 152/99 e s.m.i.)

I valori relativi al periodo indagato, calcolati utilizzando i valori di clorofilla a misurata *in situ* con fluorimetro associato alla sonda, evidenziano per le acque di superficie del Veneto un valore medio di indice trofico pari a 4.53 (classe "buono"; N=203) con un minimo di 2.21 (stazione 40530, campagna di marzo) e un massimo di 6.69 (stazione 16010, a settembre). L'indice è stato calcolato anche con la clorofilla determinata analiticamente, solo per le stazioni in cui si effettua l'analisi delle popolazioni fitoplanctoniche (a 500m dalla costa e due stazioni al largo); in questo caso il valore medio, calcolato su un numero campionario inferiore (77 valori contro i 203 del TRIX calcolato con Chl da fluorimetro), è pari a 4.59 (classe "buono") variando da un minimo di 1.97 (stazione 40530, a marzo) a un

massimo di 7.10 (stazione 16010 a settembre). In questo anno i campioni su cui sono calcolati i due valori minimi e i due valori massimi coincidono.

In figura 31 sono riportati i valori medi dell'indice trofico calcolato (sia con clorofilla analitica che con clorofilla da CTD) sulle sole stazioni a 500 m dalla costa, per ciascun transetto. Osservando il grafico si nota che le due distribuzioni risultano abbastanza sovrapponibili; inoltre è evidente come i transetti localizzati nel tratto meridionale di costa siano, come sempre, quelli maggiormente interessati dai carichi trofici e dalle conseguenti variazioni dei parametri connessi; il superamento del valore soglia pari a 5, indicato dal D.M. 260/2010 come limite nella classificazione ecologica per le acque fortemente influenzate da apporti fluviali, si osserva per le stazioni a 500m dei transetti 601 e 082 (rispettivamente Po di Pila e Po di Tolle), mentre il transetto 072 (Fissero-Tartaro-Canalbianco) presenta entrambi i valori di TRIX pari alla soglia di 5 unità indicata dal D.M. 260/2010 come limite tra le classi buono e sufficiente, nella valutazione degli elementi chimico-fisici a supporto per lo stato ecologico.

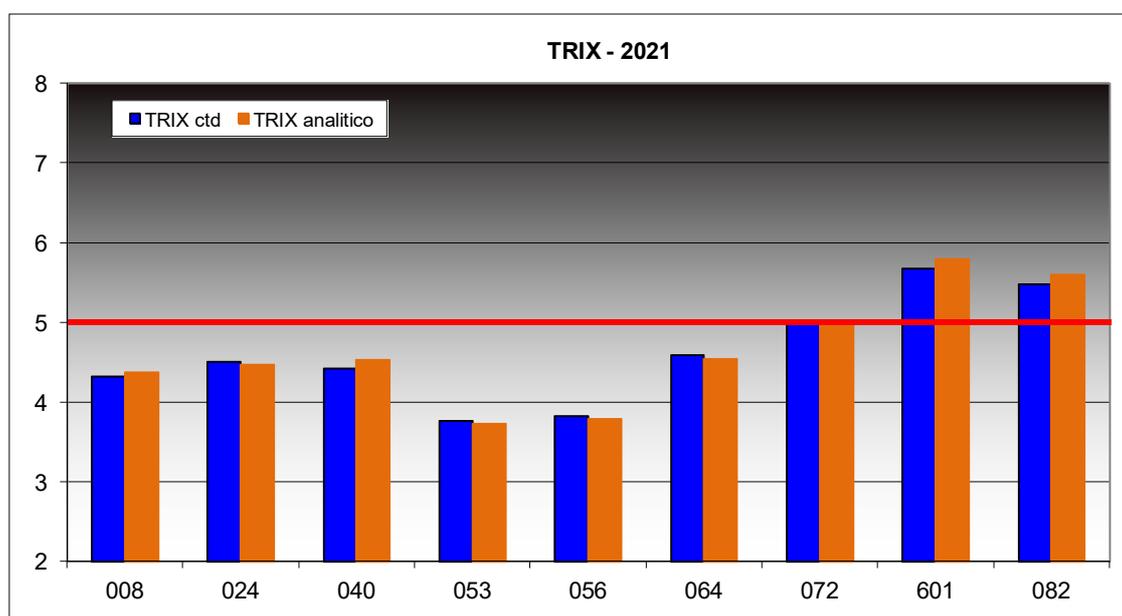


Figura 31: Valori medi annui di TRIX nel 2021 (calcolato con clorofilla rilevata con CTD e con metodo analitico) in superficie alle stazioni a 500 m dalla costa

I valori di TRIX calcolati, utilizzando la clorofilla *a* misurata *in situ* con sonda, su tutte le stazioni e visualizzati per ciascun transetto (Fig. 32) mostrano ancora come l'area a sud del Porto di Chioggia (corrispondente ai transetti 072, 601 e 082) risulti caratterizzata da valori mediani di indice trofico più elevati rispetto al resto della costa, con superamento del limite dato dal D.M. 210/2010 per le acque fortemente influenzate da apporti di acqua dolce (macrotipo I, TRIX pari a 5) per i transetti 072, 601 e 082. Per quanto riguarda le zone settentrionale e centrale della costa, i valori di TRIX risultano più bassi; per le acque dei due corpi idrici al largo, mediamente influenzate da apporti di acqua dolce (macrotipo II) il limite indicato dal D.M. 260/2010 (4.5, evidenziato in rosa nel grafico) è superato, considerando la mediana, solo dalla stazione 40720 (situata a oltre 7 km dalla costa).

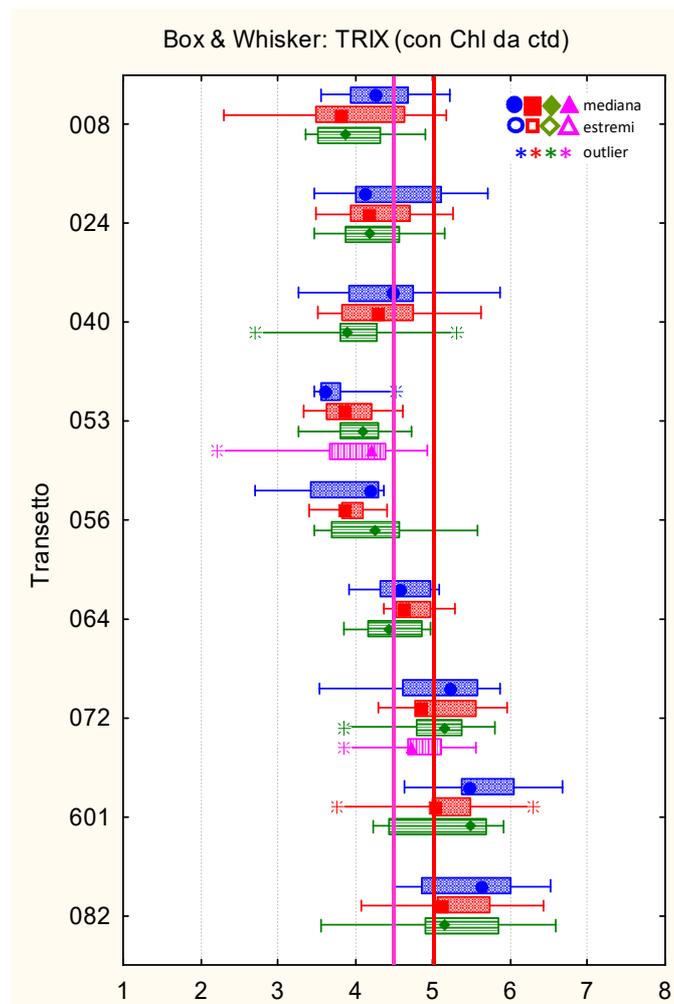


Figura 32: Distribuzione dei valori di TRIX per transetto e alle diverse distanze dalla costa (in blu le stazioni a 500 m, in rosso quelle a 926 m, in verde quelle al largo a 3704 m: stazioni dei corpi idrici costieri; in rosa le due stazioni dei corpi idrici esterni). Le barre indicano i valori soglia individuati dal D.M. 260/2010 rispettivamente per le acque fortemente influenzate da apporti di acqua dolce (macrotipo I, TRIX = 5, in rosso) e per le acque mediamente influenzate da apporti di acqua dolce (macrotipo II, TRIX = 4.5, in fucsia)

In figura 33 si osservano nello specifico le mappe di distribuzione dei valori di TRIX di tutte le stazioni (calcolati utilizzando clorofilla *a* rilevata con sonda) nelle campagne realizzate nel 2021. Dalla figura si evidenzia come la fascia costiera settentrionale e quella antistante la laguna di Venezia (corpi idrici CE1_1, CE1_2 e ME2_1) presentino valori di indice trofico quasi sempre compresi tra le classi “elevato” (TRIX tra 3 e 4) e “buono” (tra 4 e 5), valori superiori a 5 (“mediocre”) si osservano nella campagna di giugno. La situazione nella fascia costiera a sud (corpi idrici CE1_3, CE1_4 e ME2_2) è risultata più compromessa per il carico più importante di nutrienti che arriva in questa zona di mare (Figg. 16, 18, 20, 24); di conseguenza i valori di indice trofico risultano superiori a 5 in quasi tutte le campagne e a 6 (classe “scadente”) nel mese di settembre e, in modo meno marcato, ad agosto.

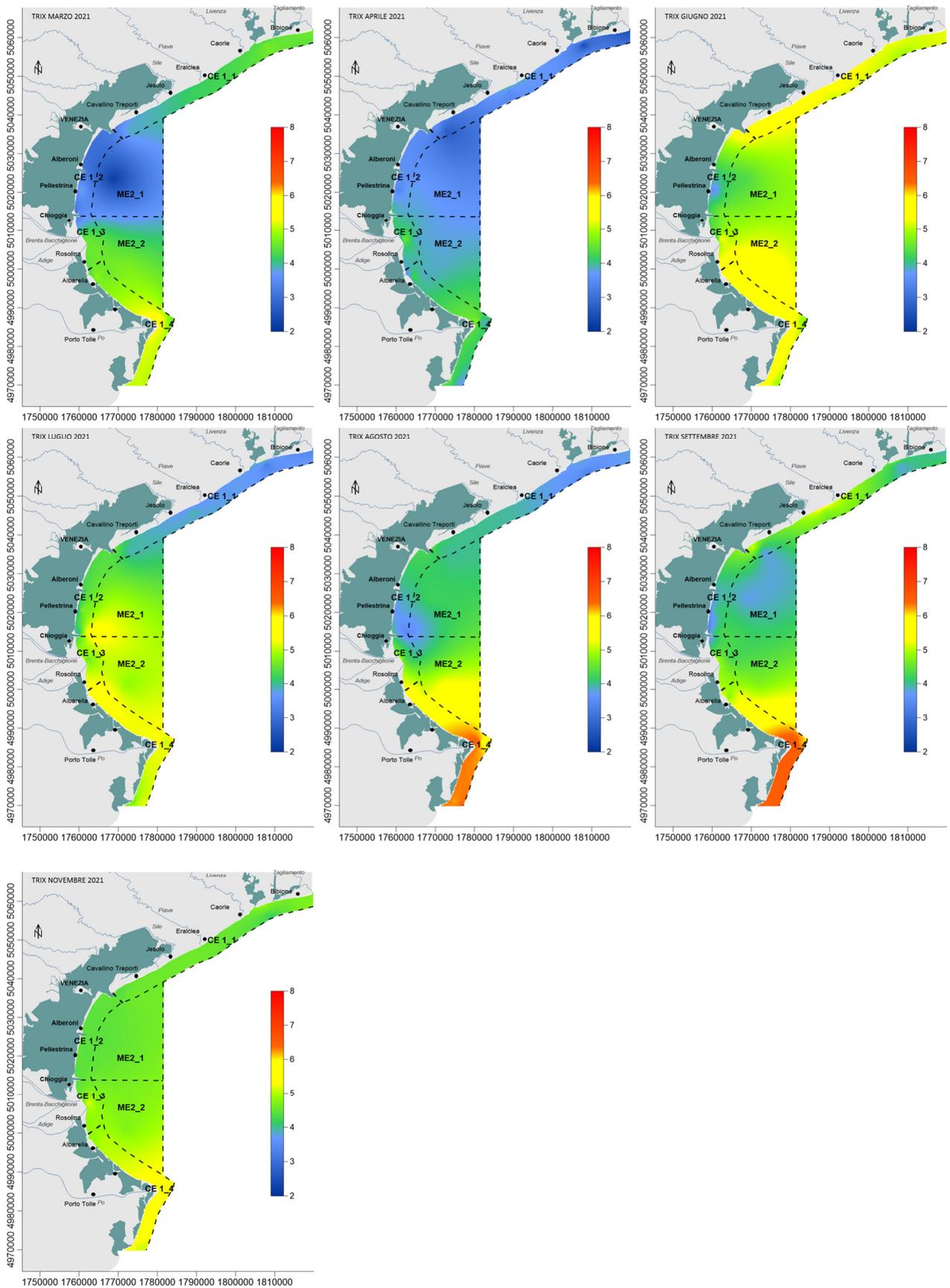


Figura 33: Distribuzione dei valori di TRIX calcolati nelle singole campagne dell'anno 2021

6.1.15 Fitoplancton

Le analisi relative alle abbondanze fitoplanctoniche vengono eseguite, nei corpi idrici costieri, su campioni prelevati alle sole stazioni a 500 m di distanza dalla costa e, nei c.i. marini, sulle corrispondenti stazioni. Per quanto concerne il fitoplancton totale l'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche è risultato compreso tra un massimo assoluto di 8.071.029 cell/l (rinvenuto nella stazione 10530 a luglio) ed un minimo assoluto pari a 261.929 cell/l (rinvenuto nella stazione 10640 ad agosto). Il numero esiguo di campagne realizzate con frequenza ridotta e tra loro distanziate nel tempo non permette una valutazione significativa sui dati del monitoraggio. La composizione fitoplanctonica del campione con massima abbondanza (prelevato alla stazione 10530 a luglio) era caratterizzata dall'elevata presenza di Cryptophyceae indet. (1.909.471 cell/l), specie plurime di *Chaetoceros* (1.732.584 cell/l), *Thalassionema nitzschioides* (1.591.982 cell/l), *Dactyliosolen fragilissimus* (1.587.446 cell/l), e poi a seguire Prasinophyceae (435.414 cell/l) e *Chaetoceros simplex* (428.610 cell/l).

In figura 34 vengono riportate le distribuzioni delle abbondanze di fitoplancton totale, delle Diatomee, delle Dinoflagellate e del gruppo Altro fitoplancton nelle campagne 2021. Dal confronto si nota come il Fitoplancton totale sia dovuto principalmente alla componente Diatomee e, a seguire, dalla componente Altro fitoplancton ad eccezione della campagna di luglio in cui i due raggruppamenti quasi si equivalgono; generalmente sono molto modeste le abbondanze di Dinoflagellate.

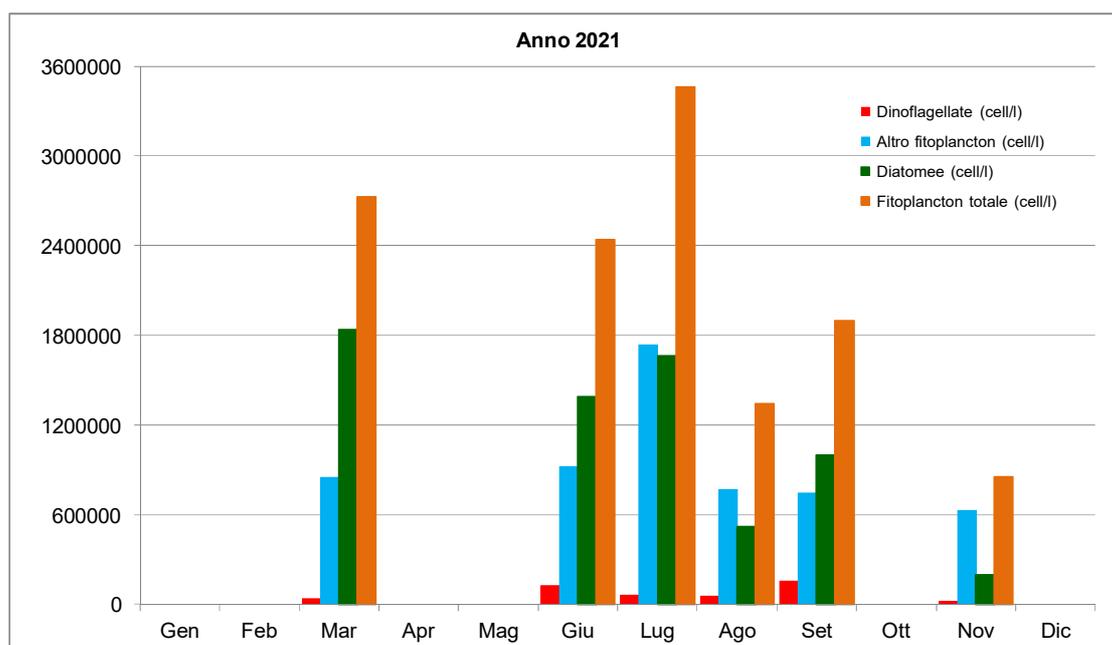


Figura 34: Valori medi per campagna delle abbondanze fitoplanctoniche (cell/l)

In dettaglio, i valori medi di abbondanze di fitoplancton totale più elevati sono osservabili nella campagna di luglio seguito da marzo e giugno, mentre il valore massimo per il gruppo delle Diatomee è a marzo e, a seguire, nell'ordine luglio e giugno.

Nel mese di luglio i valori di abbondanza maggiori sono stati riscontrati alla stazione 10530 (8.071.029 cell/l), seguita dalle stazioni 40530 (7.231.953 cell/l) e 10720 (4.701.112 cell/l); in questa campagna i taxa predominanti sono *Chaetoceros* spp. (oltre 1.7 milioni di cell/l alle stazioni 10530 e 40530), Cryptophyceae indet. (oltre 1.9 e 2 milioni di cell/l rispettivamente alle stazioni 10530 e 10720) e *Dactyliosolen fragilissimus* (oltre 1.5 e 1.22 milioni di cell/l rispettivamente alle stazioni 10530 e 40530).

A marzo le abbondanze più elevate sono registrate nell'area di mare settentrionale, contrariamente a quanto di solito si osserva, con un massimo alla stazione 10400 (4.837.175 cell/l) seguita dalle stazioni 10640 e 10240; in questo mese i taxa più rappresentativi sono *Chaetoceros socialis* (rispettivamente oltre 3 e 2 milioni di cell/l alle stazioni 10400 e 10640) e Cryptophyceae indet. (1.7 e 1.1 milioni cell/l rispettivamente alle stazioni 10240 e 10640).

La figura 35 mostra le mappe di distribuzione di alcuni parametri nella campagna di luglio 2021, rispettivamente azoto ammoniacale, nitrico e totale ($\mu\text{g/l}$), fosforo da ortofosfati ($\mu\text{g/l}$), ossigeno disciolto (%) e salinità (PSU) rilevati in superficie; si è scelto di mostrare queste distribuzioni in quanto proprio a luglio le abbondanze di fitoplancton sono state le più elevate, evidenziando la situazione particolare dell'area costiera meridionale rispetto al resto della costa.

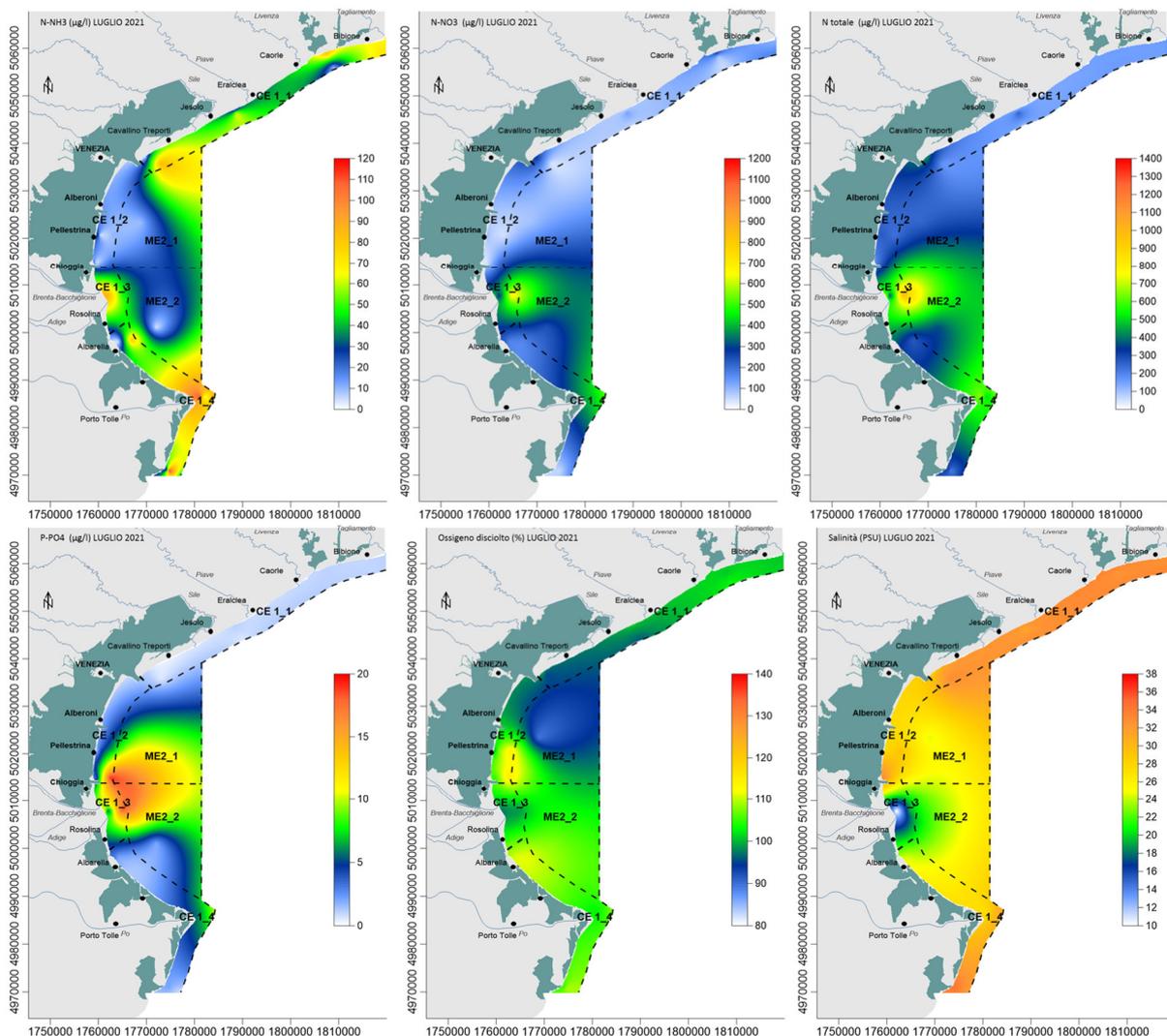


Figura 35: Mappe di distribuzione di azoto ammoniacale, nitrico e totale ($\mu\text{g/l}$), fosforo da ortofosfati ($\mu\text{g/l}$), ossigeno disciolto (%) e salinità (PSU) rilevati in superficie nella campagna di luglio 2021

In figura 36 sono riportate invece le abbondanze medie dei diversi raggruppamenti per singola stazione di campionamento nell'anno 2021, comprese le stazioni dei due corpi idrici esterni, poste a destra nel grafico. Come più volte sottolineato, le abbondanze sono relative alle sole campagne effettuate. Diversamente dal solito, le stazioni con le maggiori abbondanze sono la 10820 (foce Po di Tolle) e quelle al largo (st. 40530 e st. 40720), mentre i valori medi più ridotti sono nell'area costiera centro-meridionale (st. da 10560 a

16010); l'area settentrionale presenta abbondanze medie con valori intermedi tra le zone sopra indicate, con un picco alla stazione 10400. La componente a Diatomee mantiene lo stesso andamento, mentre la componente Altro fitoplancton è percentualmente maggiore nell'area di mare settentrionale. Ovunque risulta scarsamente rappresentata la componente a Dinoflagellate.

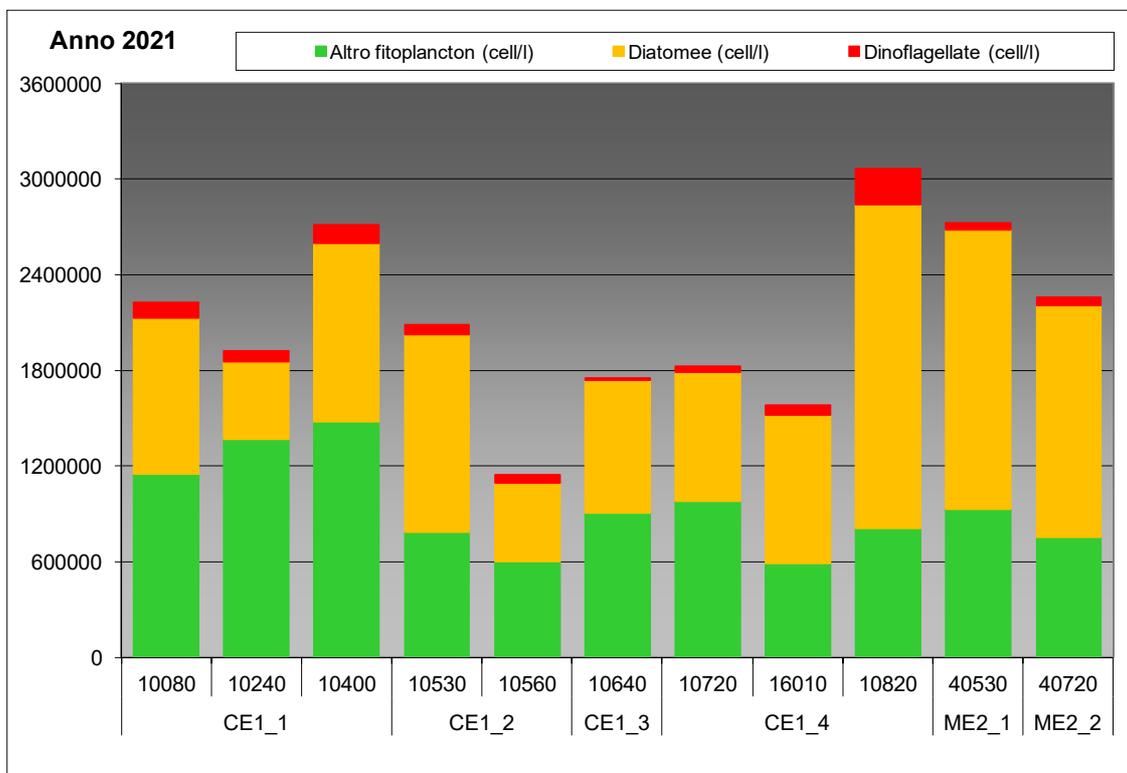


Figura 36: Valori medi annui delle abbondanze di ciascuna categoria indagata per stazione di campionamento

Nell'anno 2021 l'elenco floristico delle specie identificate è il seguente:

| DIATOMEE | |
|---------------------------|-------------------------|
| Achnanthes sp. | Diatoma sp. |
| Amphora sp. | Diploneis sp. |
| Asterionella formosa | Ebria tripartita |
| Asteromphalus flabellatus | Entomoneis sp. |
| Aulacoseira granulata | Fragilaria crotonensis |
| Bacillariales indet. | Guinardia flaccida |
| Bacteriastrium furcatum | Guinardia striata |
| Cerataulina pelagica | Gyrosigma fasciola |
| Ceratium candelabrum | Haslea sp. |
| Ceratium fusus var. seta | Haslea wawrikan |
| Ceratium symmetricum | Hemiaulus hauckii |
| Ceratium trichoceros | Hermesinum adriaticum |
| Chaetoceros affinis | Lauderia annulata |
| Chaetoceros anostomasans | Leptocylindrus convexus |
| Chaetoceros brevis | Leptocylindrus danicus |
| Chaetoceros curvisetus | Licmophora flabellata |
| Chaetoceros dadayi | Licmophora gracilis |

| DIATOMEE | |
|-----------------------------|---|
| Chaetoceros danicus | Melosira moniliformis |
| Chaetoceros decipiens | Navicula delicatula |
| Chaetoceros diadema | Navicula spp. |
| Chaetoceros didymus | Navicula transitans |
| Chaetoceros diversus | Nitzschia cf. reversa |
| Chaetoceros laciniosus | Nitzschia palea |
| Chaetoceros lorenzianus | Nitzschia sp. |
| Chaetoceros minimus | Paralia sulcata |
| Chaetoceros simplex | Pleurosigma sp. |
| Chaetoceros socialis | Proboscia alata |
| Chaetoceros spp. | Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia seriata complex |
| Chaetoceros subtilis | Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia delicatissima complex |
| Chaetoceros tenuissimus | Pseudosolenia calcar-avis |
| Chaetoceros teres | Rhabdonema adriaticum |
| Cocconeis scutellum | Rhizosolenia imbricata |
| Coscinodiscus centralis | Skeletonema marinoi |
| Coscinodiscus concinnus | Skeletonema spp. |
| Coscinodiscus granii | Surirella sp. |
| Coscinodiscus sp. | Synedra sp. |
| Cyclotella caspia | Tabellaria fenestrata |
| Cyclotella glomerata | Tenuicylindrus belgicus |
| Cyclotella meneghiniana | Tetrademus obliquus |
| Cyclotella spp. | Thalassionema frauenfeldii |
| Cyclotella striata | Thalassionema nitzschioides |
| Cylindrotheca closterium | Thalassiosira punctigera |
| Dactyliosolen blavyanus | Thalassiosira rotula |
| Dactyliosolen fragilissimus | |

| DINOFLAGELLATE | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Akashiwo sanguinea | Oxytoxum scolopax |
| Alexandrium minutum | Oxytoxum sp. |
| Alexandrium sp. | Oxytoxum variabile |
| Alexandrium tamarense | Oxytoxum viride |
| Amylax sp. | Peridinium quinquecorne |
| Corythodinium constrictum | Phalachroma oxytoxoides |
| Dinophyceae indet. | Phalachroma rotundatum |
| Dinophyceae tecate indet. > 20 µm | Podolampas palmipes |
| Dinophysis fortii | Prorocentrum compressum |
| Diplopsalis sp. | Prorocentrum gracile |
| Gonyaulax sp. | Prorocentrum lima |
| Gonyaulax spinifera | Prorocentrum micans |
| Gymnodiniales indet. | Prorocentrum minimum |
| Gymnodinium sp. | Prorocentrum sp. |
| Gyrodinium fusiforme | Proto-peridinium depressum |
| Gyrodinium sp. | Proto-peridinium diabolium |
| Heterocapsa sp. | Proto-peridinium divergens |

| DINOFLAGELLATE | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Karenia sp. | Protopteridinium pellucidum |
| Katodinium glaucum | Protopteridinium spp. |
| Katodinium sp. | Protopteridinium steinii |
| Kofooidinium velleoides | Protopteridinium subinermis |
| Mesoporos perforatus | Pseliodinium vaubanii |
| Minuscula bipes | Scrippsiella trochoidea |
| Noctiluca scintillans | Tecati spp. |
| Oxytoxum cf. caudatum | Torodinium robustum |
| Oxytoxum gracile | Tripos furca |

| ALTRO FITOPLANCTON | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Actinastrum sp. | Merismopedia sp. |
| Altro Fitoplancton indet. | Micractinium sp. |
| Ankistrodesmus falcatus | Octatis octonaria var. pulchra |
| Ankistrodesmus sp. | Oltmannsiella lineata |
| Apedinella spinifera | Oltmannsiella sp. |
| Chrysochromulina parkeae | Oltmannsiellopsis viridis |
| Chrysochromulina sp. | Oscillatoria spp. |
| Crucigenia tetrapedia | Pediastrum duplex |
| Cryptomonas sp. | Pediastrum simplex |
| Cryptophyceae indet. | Pediastrum sp. |
| Dictyocha fibula | Prasinophyceae indet. |
| Dictyocha speculum | Pseudopedinella pyriforme |
| Dinobryon coalescens | Pseudopedinella sp. |
| Dinobryon sp. | Raphidophyceae indet. |
| Euglena sp. | Scenedesmus acuminatus |
| Euglenophyceae indet. | Scenedesmus obliquus |
| Eutreptia sp. | Scenedesmus quadricauda |
| Eutreptiella sp. | Scenedesmus sp. |
| Leucocryptos marina | Tetraselmis cordiformis |
| Meringosphaera mediterranea | Tetraselmis sp. |
| Meringosphaera sp. | |

Sono state rinvenute, nelle campagne realizzate nel 2021, 180 varietà di fitoplancton di cui 170 a livello di genere o specie e 10 identificate a livello di classe o di entità non determinate. I taxa si sono così ripartiti:

| Gruppo | N° taxa | % del gruppo sul totale di individui |
|--------------------|----------------|---|
| Diatomee | 87 | 52.01 |
| Dinoflagellate | 52 | 3.55 |
| Altro fitoplancton | 41 | 44.44 |

Rispetto all'anno precedente, nel 2021 è di poco aumentato il numero di taxa passando da 177 a 180; l'incidenza percentuale dell'abbondanza di Diatomee sul totale di individui è scesa rispetto al 2020, tornando alle percentuali di qualche anno fa (58.38% nel 2018 e

68.6% nel 2019), è un po' aumentata invece la percentuale di Dinoflagellate (dal 1.51% del 2020), mentre l'aumento del raggruppamento Altro fitoplancton è più consistente (38.1% nel 2018, 26.1% nel 2019 e 18.84 nel 2020).

6.1.16 Ricerca di alghe potenzialmente tossiche

Su tutti i campioni indagati per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton prelevati presso le stazioni a 500m dalla costa, viene anche effettuata la ricerca di alghe potenzialmente tossiche, in adempimento delle normative vigenti in materia di acque per molluschicoltura e di balneazione.

L'attività di sorveglianza algale lungo la costa veneta ha previsto la ricerca delle seguenti specie potenzialmente tossiche: *Alexandrium minutum*, *Alexandrium tamarense*, *Dinophysis* spp., *Gymnodinium catenatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Ostreopsis cf ovata*, *Ostreopsis* sp., *Protoceratium reticulatum*, *Pseudo-nitzschia* spp..

Delle specie sopra elencate, nei campioni analizzati nel corso dell'anno 2021 sono stati rilevati *Alexandrium tamarense* e *Dinophysis* spp. (16 campioni su 54, 29.6%) ma *Alexandrium minutum* e *Pseudo-nitzschia* spp. sono le specie più frequentemente ritrovate nei campioni analizzati, rispettivamente con 32 (59.3%) e 52 campioni (96.6%) sui 54 analizzati. *Gymnodinium catenatum*, *Ostreopsis cf ovata* e *Ostreopsis* sp. non sono mai stati individuati, mentre *Lingulodinium polyedrum*, e *Protoceratium reticulatum* sono stati trovati rispettivamente su 1 e 3 campioni.

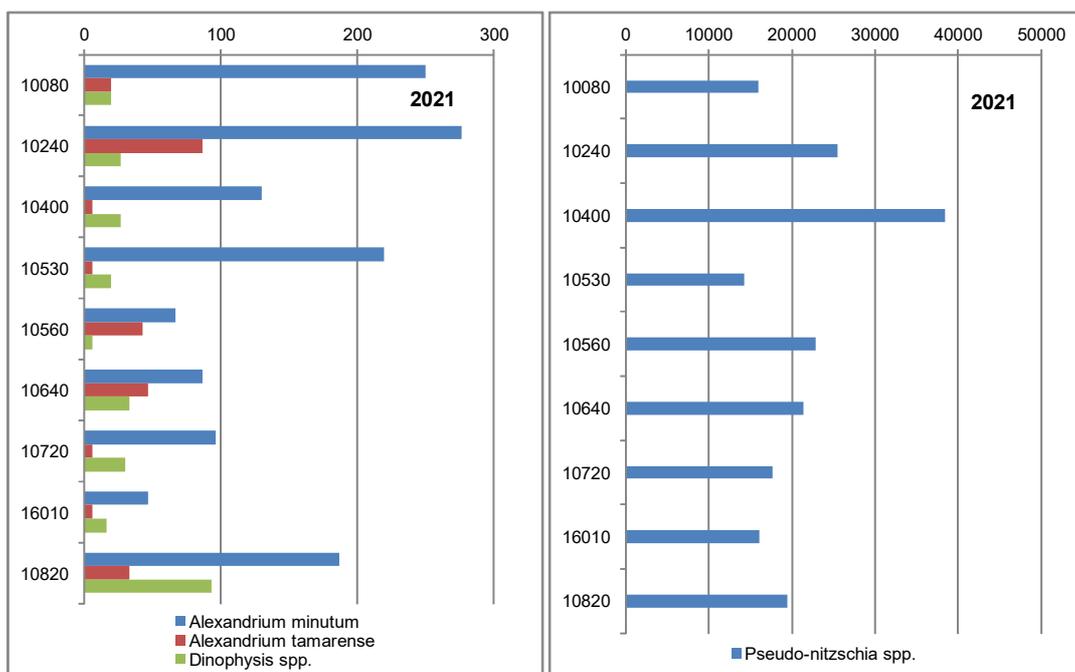


Figura 37: Valori medi annui delle abbondanze di alcune delle specie indagate per stazione di campionamento nel 2021

La distribuzione spaziale dei valori medi calcolati sulle campagne eseguite nel 2021 rappresentata in figura 37 mostra come le specie *Alexandrium minutum*, *Alexandrium tamarense* e *Dinophysis* spp. siano presenti lungo tutta la costa, ma contrariamente al solito *Alexandrium minutum* soprattutto nelle zone settentrionali e nell'area di Porto Tolle; i livelli più bassi sono nella zona centro meridionale della costa. Anche *Pseudo-nitzschia* spp. è presente su tutta la fascia costiera, con abbondanze elevate un po' ovunque e il valore medio più alto alla stazione 10400 situata nella zona di mare antistante Jesolo. In questa stazione è registrato il valore di abbondanza massimo per *Pseudo-nitzschia* spp.

con 83.000 cell/l ad agosto mentre a marzo, sempre nella stessa stazione, sono state conteggiate 82920 cell/l.

Il valore medio mensile più elevato, sempre di *Pseudo-nitzschia* spp., lo si è riscontrato proprio a marzo (Fig. 38), con abbondanze elevate sia nell'area settentrionale che in quella meridionale di costa; è da evidenziare, in relazione alle abbondanze di questa alga, che nel fitoplancton dell'Adriatico cellule del genere *Pseudo-nitzschia* sono comunemente presenti. Le altre forme algali presentano invece valori medi mensili elevati a luglio per *A. minutum*, a marzo per *A. tamarense* e a novembre per *Dinophysis* spp., come appare nel grafico di sinistra della figura 38.

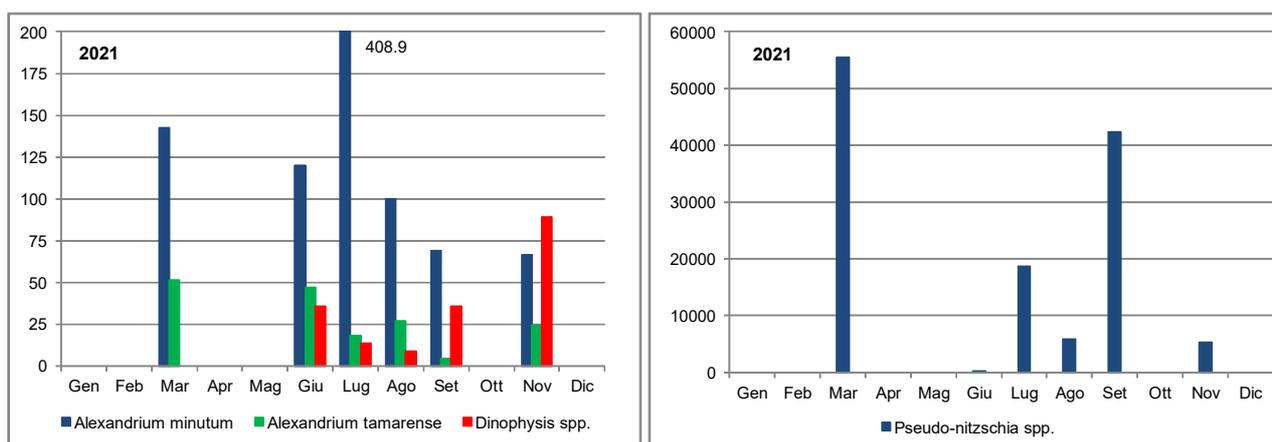


Figura 38: Valori medi delle abbondanze di ciascuna specie indagata per campagna di campionamento

Nel corso del 2021 il valore limite di abbondanza per *Dinophysis* spp. indicato nei D.D.M.M. 1.8.1990 e 1.9.1990, pari a 1.000 cell/l (molluschicoltura), non è mai stato superato; considerando le due specie *Alexandrium minutum* e *Alexandrium tamarense* non si è registrato alcun superamento per quanto riguarda il limite di $10 \cdot 10^6$ cell/l per *Alexandrium* spp., valore soglia consigliato dal Ministero della Sanità con circolare del 31.7.1998 e inerente alla balneazione.

6.1.17 Ricerca di microalghe bentoniche potenzialmente tossiche

Nella fascia costiera in prossimità dei litorali, indipendenti dai corpi idrici, sono individuate quattro stazioni, dislocate nelle aree di maggiore afflusso turistico, in cui viene attuato un programma di sorveglianza algale per il controllo sulla presenza di *Ostreopsis* o altre microalghe bentoniche potenzialmente nocive per la salute dei bagnanti. Tali controlli avvengono nei mesi di luglio, agosto, settembre e ottobre. Le specie ricercate sono: *Amphidinium* spp., *Coolia monotis*, *Ostreopsis cf ovata*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum rathymum*.

Il campionamento avviene mediante prelievo di macroalghe o, in assenza di queste, per grattaggio di substrati solidi su cui possono essere adese le microalghe; dal 2017 la ricerca viene effettuata anche su campioni di acqua prelevati in vicinanza del substrato.

Nel corso del 2021 non è stata riscontrata la presenza delle specie sopra elencate in alcuna delle matrici analizzate (substrato duro e/o macroalga e acqua).

6.1.18 Ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie e altri inquinanti specifici in acqua (Tabb. 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/2015)

Nell'anno 2021 sono proseguite le indagini volte alla ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie per valutare l'eventuale presenza di inquinamento chimico delle acque di superficie; tale valutazione risulta indispensabile affinché vengano adottate le misure necessarie al fine di ridurre progressivamente l'inquinamento causato dalle

sostanze prioritarie e arrestare o eliminare gradualmente le emissioni, gli scarichi e le perdite di sostanze pericolose prioritarie. Dal 2016 si è passati alla applicazione del D.Lgs. 172/2015, che prevede per alcuni parametri di Tab. 1/A l'analisi su matrice biota (pesci e/o molluschi e crostacei).

Per quanto riguarda l'acqua, non sono analizzati Cloroalcani C10-13, Dicofol, Bifenox, Cipermetrina ed Esabromociclododecano (HBCDD); Dicofol e HBCDD sono analizzati su matrice biota, mentre PFOS e derivati sono stati analizzati anche su matrice acqua nonostante la matrice di elezione sia il biota. Per alcuni dei parametri analizzati il LOQ non è conforme a quanto richiesto dalla normativa (30% dell'SQA-MA), ma in tutti i casi sono state comunque utilizzate le migliori tecniche analitiche certificate e standardizzate disponibili, a costi sostenibili (D.Lgs. 172/2015 Art. 1, comma 4). A causa di problemi tecnici mancano le analisi di alchilfenoli e organostannici in tutti i campioni di tre campagne e per l'Aclonifen di due campagne.

Come per il sessennio precedente, a scopo cautelativo si è ritenuto opportuno determinare, per i parametri di tab. 1/A, la media aritmetica delle concentrazioni rilevate nell'anno per ogni sito di campionamento, come indica la Direttiva 2008/105/CE, anziché per l'intero corpo idrico.

L'analisi dei dati rilevati nella matrice acqua nel 2021 mostra, in tutti corpi idrici, valori medi annui (calcolati per ogni singola stazione) conformi agli SQA-MA (concentrazione media annua) di Tab. 1/A, con la sola eccezione del PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat) che risulta superare l'SQA-MA (0.00013 µg/l) in tutte le stazioni monitorate. Nel caso dei PFOS (nelle forme isomeri lineari, isomeri ramificati espressi come lineari, isomeri lineari e ramificati espressi come PFOS lineare) i risultati hanno evidenziato la presenza dei contaminanti in tutti i campioni, con concentrazioni comunque inferiori all'SQA-CMA (Concentrazione Massima Ammissibile per singolo campione). Si sono inoltre osservate alcune presenze in acqua (cioè valori puntuali quantificabili, superiori al LOQ) per i parametri Di(2etililftalato), Atrazina, Nichel e Piombo. Per nessun parametro si è verificato il superamento dell'SQA-CMA (concentrazione massima ammissibile).

Anche nel caso degli inquinanti specifici non si è rilevato alcun superamento rispetto all'SQA di tabella 1/B; è stata riscontrata invece la presenza (superamento del relativo LOQ) come media per stazione per Arsenico (presente in tutti campioni), sommatoria di Terbutilazina e Desetilterbutilazina (prevalentemente nelle stazioni dell'area centro-settentrionale di costa), Mecoprop e PFBA (PerfluoroButanoic Acid). Ai fini della classificazione si è ritenuto tuttavia opportuno considerare solo le presenze con concentrazione superiore al 30% dell'SQA-MA, come meglio specificato al paragrafo 7.2.4 Elementi chimici a sostegno: con tale valutazione solo l'arsenico risulta pregiudicare la qualità delle acque nelle aree centrale e meridionale.

6.1.19 Fitofarmaci

Per fitofarmaci si intende una categoria di composti inorganici, organici naturali e di sintesi che hanno lo scopo di prevenire o curare le malattie causate alle piante da organismi nocivi (funghi, batteri, insetti, acari, etc.) o di contrastare la crescita di specie vegetali infestanti. In Italia sono presenti in commercio migliaia di prodotti diversi e le quantità di sostanze attive impiegate ogni anno sono molto elevate; il rischio legato a tale impiego è connesso alla persistenza e all'accumulo nell'ecosistema con conseguenti fenomeni di inquinamento.

Alcune delle sostanze attive monitorate nell'ambito dei controlli in acque marino costiere sono stabilite dal D.Lgs. 172/2015 (tabelle 1/A e 1/B), unitamente alla voce Pesticidi singoli. Questi, per il Veneto, vengono selezionati in funzione dei dati di vendita e di fattori che ne indicano la pericolosità per l'ecosistema, in altri casi, pur non essendo in commercio da molti anni, sono ancora monitorati per le caratteristiche di persistenza nell'ambiente.

A causa di problemi tecnici il parametro Azinfos-metile è stato analizzato sui campioni delle prime due campagne annuali, mentre il parametro Trifenilstagno e composti solo nella prima.

In tabella 8 sono elencati i parametri indagati nel corso del monitoraggio 2021, con indicate le stazioni dove sono avvenuti i rilevamenti (dati puntuali). Diversamente dagli anni precedenti i riscontri di alcuni parametri analizzati sono stati sporadici, lungo tutto l'arco di costa e in prevalenza nei mesi di giugno e novembre (terbutilazina e desetilterbutilazina, desetilatrazina) e per qualche parametro a settembre; il calcolo del valore medio per stazione non ha mostrato comunque evidenze di superamenti degli SQA-MA, laddove fossero previsti.

| FITOFARMACI ANALIZZATI NEL 2021 | | PRESENZA (Valori >LOQ) | |
|--|------|---|---------------------|
| PARAMETRO | Tab. | STAZIONI | MESE |
| 4-4' DDT | 1/A | | |
| Aclonifen | 1/A | | |
| Alachlor | 1/A | | |
| Aldrin+Dieldrin+Endrin+Isodrin | 1/A | | |
| Atrazina | 1/A | 10080, 10720, 16010, 10820, 40720 | Novembre |
| Chlorpiriphos | 1/A | | |
| Cibutrina | 1/A | | |
| Clorfenvinfos | 1/A | | |
| DDT totale | 1/A | | |
| Dichlorvos | 1/A | | |
| Diuron | 1/A | | |
| Endosulfano (miscela isomeri) | 1/A | | |
| Eptacloro+Eptacloro epossido | 1/A | | |
| Esaclorocicloesano (isomeri) (HCH's) | 1/A | | |
| Isoproturon | 1/A | | |
| Quinoxifen | 1/A | | |
| Simazina | 1/A | | |
| Terbutrina | 1/A | | |
| Trifluralin | 1/A | | |
| 2,4 - D | 1/B | | |
| Acido 2,4,5-triclorofenossiacetico (2,4,5 T) | 1/B | | |
| Azinfos-Metile | 1/B | | |
| Bentazone | 1/B | | |
| Dimetoato | 1/B | | |
| Linuron | 1/B | | |
| Mcpa | 1/B | | |
| Mecoprop | 1/B | 10400, 10530 | Settembre |
| Terbutilazina | 1/B | 10080, 10240, 10400, 10530, 10640, 10720, 16010, 10820, 40720 | Giugno |
| Desetilterbutilazina | | 10080, 10240, 10400, 10530, 10560, 10640, 10720, 16010, 10820, 40530, 40720 | Giugno, Novembre |
| Acetochlor | | | |
| Atrazina desisopropil | | | |
| Azoxystrobin | | 10720, 16010, 10820 | Settembre, Novembre |
| Boscalid | | | |
| Chlorpiriphos metile | | | |
| Clomazone | | | |
| Cloridazon | | | |
| Cyprodinil | | | |
| Desetilatrazina | | 10080, 10240, 10400, 10720, 16010, 10820, 40720 | Giugno, Novembre |
| Dicamba | | | |
| Difenoconazolo | | 10720 | Settembre |
| Dimetenamide | | | |
| Dimetomorf | | | |
| Eptacloro epossido | | | |
| Eptacloro | | | |
| Etofumesate | | | |
| Fenhexamid | | | |
| Fludioxonil | | | |
| Flufenacet | | | |
| Fluopicolide | | | |
| Imidacloprid | | 10080 | Novembre |
| Iprovalicarb | | | |
| Lenacil | | | |
| Metalaxil-M + Metalaxil | | | |
| Metamitron | | | |

| FITOFARMACI ANALIZZATI NEL 2021 | | PRESENZA (Valori >LOQ) | |
|---------------------------------|------|--|-------------------------|
| PARAMETRO | Tab. | STAZIONI | MESE |
| Metazaclor | | | |
| Metolachlor | | 10080, 10240, 10400, 10560, 10640, 10720, 16010, 10820, 40530, 40720 | Marzo, Giugno, Novembre |
| Metolachlor ESA | | | |
| Metossifenozone | | | |
| Metribuzina | | | |
| Molinate | | | |
| Nicosulfuron | | | |
| Oxadiazon | | | |
| Penconazolo | | | |
| Pendimetalin | | | |
| Propamocarb | | | |
| Propanil | | | |
| Propiconazolo | | | |
| Propizamide | | | |
| Pyrimethanil | | | |
| Quizalopof-etile | | | |
| Rimsulfuron | | | |
| Spiroxamina | | | |
| Tebuconazolo | | | |
| Tebufozide | | | |
| Tetraconazole | | | |
| Tiofanate-metil | | | |

Tabella 8: Prodotti fitosanitari monitorati nel 2021 nelle acque marine e superamenti di SQA o LOQ

6.2 Matrice biota

6.2.1 Acque destinate alla vita dei molluschi

Nel corso del 2021 è proseguito il programma di monitoraggio delle acque destinate alla vita dei molluschi come previsto dal D.Lgs 152/2006 - Allegato 2 - Sezione C, all'interno del quale sono illustrati i criteri generali e le metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative ed il calcolo della conformità di queste acque; tutto questo in adempimento della D.G.R. Veneto n. 2591 del 10/10/2001 di riparto competenze tra ARPAV e Dipartimenti Prevenzione Aziende ULSS. Dall'analisi dei parametri indagati su acqua e biota durante l'anno 2021, le acque costiere venete del Mare Adriatico risultano complessivamente idonee alla vita dei molluschi avendo rispettato i valori percentuali di conformità previsti dalla legge. Anche nel 2021 non è stata rilevata la presenza di Sassitossina (PSP) nei campioni di molluschi analizzati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie.

6.2.2 Ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie in biota (Tab. 1/A del D.Lgs. 172/2015)

Il D.Lgs. 172/2015 indica, per alcuni parametri, l'analisi su matrice biota prevedendo comunque, per alcuni, SQA anche nell'acqua. Per quanto riguarda il biota sono previsti i pesci (per difenileteri bromurati, DDT [laddove non venga eseguita l'analisi prioritariamente su acqua], esaclorobenzene, esaclorobutadiene, Mercurio e composti), crostacei o molluschi (per gli IPA) o uno dei tre gruppi per le diossine e composti dioxin-like.

Per ottemperare alla normativa sono stati utilizzati i campionamenti su mitili effettuati per monitoraggio delle acque destinate alla vita dei molluschi laddove esistente, mentre in ciascuno dei corpi idrici non coperti da tale rete di monitoraggio è stata individuata una stazione per il recupero di campioni di mitili. Oltre ai mitili, sono stati reperiti campioni di fauna ittica presso operatori della pesca (ogni campione costituito da più individui) per ciascun c.i., al fine di analizzare i parametri previsti su specie ittiche; allo scopo è stata selezionata una specie abbastanza residenziale e di scarso interesse economico, il *Gobius niger*, in allineamento con i prelievi eseguiti per il monitoraggio Marine Strategy. Tale specie è disponibile in taglia piccola, pertanto l'analisi è stata condotta sul pesce intero.

Si ricorda che l'applicazione del D.Lgs. 172/2015 alla matrice biota comporta, nel caso di utilizzo di molluschi o di pesci, un adeguamento degli SQA di tabella 1/A in base alla tipologia di organismo e al suo livello trofico così come riportato nelle "Linee Guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015)" pubblicate da ISPRA (MLG 143/2016). Gli SQA con cui confrontare i valori di concentrazione dei parametri, considerando il livello trofico dei molluschi (*Mitylus galloprovincialis* LT=2) o le due specie di pesce più facilmente reperibili (*Liza ramada* LT=2, *Gobius niger* LT=3) sono più bassi rispetto a quelli indicati in tabella 1/A, come si può osservare dalla tabella 9 riportata di seguito, e in alcuni casi la metodologia adottata non permette di raggiungere gli SQA indicati. I valori espressi in tabella 9 si riferiscono al peso umido e sono stati ricalcolati su pesce intero (mentre la tabella originaria del MLG 143/2016 riconduce in taluni casi al peso secco, in altri alla frazione lipidica).

Dall'analisi dei dati 2021 emerge, come si può osservare in tabella 10, che vi sono superamenti dell'SQA del mercurio e della somma dei PBDE in tutti i campioni di pesce analizzati, quindi per tutti i corpi idrici; le concentrazioni superano direttamente l'SQA-MA del D.Lgs 172/2015 senza necessità di fare riferimento all'SQA ricalcolato per livello trofico. Esaclorobenzene, Esaclorobutadiene, Esabromociclododecano e DDT (somma dei quattro isomeri o,p e p,pDDT, p,pDDE e p,pDDD) presentano in tutti i campioni valori inferiori al LOQ (5µg/kg p.u.); di questi Esabromociclododecano e Esaclorobenzene hanno il LOQ superiore all'SQA ricalcolato per il livello trofico. Sono stati analizzati inoltre PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat), isomero lineare, presente in un campione (prelevato nel corpo idrico a nord CE1_1) ma con concentrazione nettamente inferiore all'SQA-MA del Decreto e a quello ricalcolato per livello trofico (LOQ pari a <0.25µg/kg p.u.), e infine Eptacloro + Eptacloro Epossido, tutti i campioni con concentrazioni inferiori al LOQ che però non è conforme (LOQ=5µg/kg p.u. e SQA=0.0067µg/kg p.u.).

Per quanto riguarda gli IPA benzo(a)pirene e fluorantene, analizzati su campioni di molluschi (*Mitylus galloprovincialis*), le concentrazioni sono sempre inferiori al LOQ (rispettivamente 1µg/kg p.u. e 5µg/kg p.u.) e quindi all'SQA (rispettivamente 5 e 30 µg/kg p.u.); sempre sui molluschi sono inoltre ricercati Diossine e composti Diossina-simili, espressi in TE, risultati presenti in tutti i campioni ma con valori decisamente inferiori all'SQA-MA. Per motivi tecnici non è stata eseguita l'analisi dei parametri previsti nel campione prelevato al c.i. CE1_2.

| Sostanza | BIOTA | SQA-MA Dlgs 172/15 | SQA-MA MLG 143/16 per TL 3 | LOQ richiesto | LOQ ARPA Veneto |
|---|-------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Difenileteri bromurati | Pesce TL 3 | 0.0085 | 0.005 | 0.0015 | 0.004 |
| 2-4' DDT + 4-4' DDD + 4-4' DDE + 4-4' DDT | Pesce TL 3 | 50 o 100 | 50 o 100 | 15 o 30 | 5 |
| Esaclorobenzene (HCB) | Pesce TL 3 | 10 | 3.7 | 1.11 | 5 |
| Esaclorobutadiene (HCBDD) | Pesce TL 3 | 55 | 55 | 16.5 | 5 |
| Mercurio disciolto (Hg) | Pesce TL 3 | 20 | 9.1 | 2.73 | 6 |
| Dicofol | Pesce TL 3 | 33 | 33 | 9.9 | in corso di verifica |
| PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat) | Pesce TL 3 | 9.1 | 4.42 | 1.33 | 0.1 |
| Esabromociclododecano (HBCDD) | Pesce TL 3 | 167 | 61.55 | 18.47 | 5 |
| Eptacloro ed eptacloro epossido | Pesce TL 3 | 0.0067 | 0.0067 | 0.002 | 5 |
| Fluorantene | Mitili TL 2 | 30 | 30 | 9 | 2 |
| Benzo(a)pirene | Mitili TL 2 | 5 | 5 | 1.5 | 1 |
| Diossine e composti diossina-simili | Mitili TL 2 | 0.0065µg/kg TEQ | 0.0065µg/kg TEQ | 0.00195 | 0.000124 (upper bound) |
| | | | | | 0.0000622 (medium bound) |

Tabella 9: SQA biota del D.Lgs 172/2015, corretti per il livello trofico (3 per *Gobius niger*) e riportati all'organismo intero, e LOQ richiesto (30%SQA). (Legenda: TL=livello trofico; n.a.=non applicabile; in rosso i LOQ non conformi)

| 2021 | Specie | TL | Difenileteri bromurati | Mercurio (Hg) | Eptacloro + Eptacloro epossido | Esaclorobenzene | Esaclorobutadiene | Esabromociclododecano | PFOS (PerfluoroOctane e Sulfonat) | DD's totali |
|-------|---------------------------|----|------------------------|----------------|--------------------------------|--|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------|
| CE1_1 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | >LOQ | <LOQ |
| CE1_2 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| CE1_3 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| CE1_4 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| ME2_1 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| ME2_2 | Gobius niger | 3 | >SQA-MA | >SQA-MA | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| | Specie | TL | Fluorantene | Benzo(a)pirene | Diossine e composti D-L | | | | | |
| CE1_1 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">>SQA-MA</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">>LOQ (presenza)</div> <div style="background-color: lightblue; color: black; padding: 2px;"><LOQ (adeguato)</div> <div style="background-color: yellow; color: black; padding: 2px;"><LOQ (non adeguato)</div> | | | | |
| | | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| CE1_2 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| CE1_3 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| CE1_4 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| | | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| ME2_1 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |
| ME2_2 | Mitylus galloprovincialis | 2 | <LOQ | <LOQ | >LOQ | | | | | |

Tabella 10: Superamenti degli SQA e presenze nei campioni di pesce (in alto) e nei campioni di molluschi (in basso) prelevati nel 2021 (Legenda: TL=livello trofico)

6.3 Matrice sedimento (Tabb. 2/A, 3/A e 3/B del D.Lgs. 172/2015)

Il campionamento su matrice sedimento per il triennio 2020-2022 è avvenuto nel 2020, in adempimento a quanto previsto dal D.Lgs. 172/2015 che indica una cadenza triennale per l'analisi della tendenza a lungo termine delle concentrazioni delle sostanze dell'elenco di priorità, elencate al punto "m" dell'art. 1 (Modifiche al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152). Per i risultati si rimanda al Rapporto annuale 2020 sulle acque marino costiere (Regione del Veneto - ARPAV, 2021).

7 STATO CHIMICO E STATO ECOLOGICO: VALUTAZIONE PARZIALE 2021

7.1 Aggiornamento stato chimico

A scopo cautelativo si è ritenuto opportuno determinare, per i parametri di Tab. 1/A del D.Lgs. 172/2015, la media aritmetica delle concentrazioni rilevate nei diversi periodi dell'anno per ogni sito di campionamento, come indica la Direttiva 2008/105/CE, anziché mediare per corpo idrico in caso di presenza di più siti di monitoraggio. Con la pubblicazione delle Linee guida (ISPRA – IRSA CNR – ISS, 2016) si è provveduto, laddove possibile, al reperimento di biota che fosse rappresentativo dei corpi idrici monitorati; pur in assenza di indicazioni su alcuni aspetti dell'attività, è stato programmato il prelievo di molluschi, su banchi naturali dei sei corpi idrici monitorati, e il recupero di campioni di pesce (uno per corpo idrico) presso gli operatori della pesca. Le specie sono rappresentate dal *Mitylus galloprovincialis* per i molluschi e da *Gobius niger* per i pesci. In tabella 11 si riporta la situazione relativa all'anno 2021 per le diverse matrici.

Come descritto al paragrafo 5.2.18-Ricerca di sostanze prioritarie e pericolose prioritarie e altri inquinanti specifici in acqua (Tabb. 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/2015), nelle acque sono stati osservati valori eccedenti l'SQA-MA solo per PFOS (PerfluoroOctane Sulfonat), mentre non vi è stato alcun superamento di SQA-CMA (considerando come già riportato i dati per singola stazione e non per corpo idrico); tale riscontro mette tutti i corpi idrici in Stato Non buono. Nel biota/molluschi (*Mitylus galloprovincialis*) le analisi previste hanno mostrato assenza di IPA ma presenza di diossine seppure in concentrazioni molto basse rispetto all'SQA; nei pesci (*Gobius niger*) sono state riscontrate elevate concentrazioni di PBDE e di mercurio in tutti i campioni analizzati e in entrambi casi il superamento del rispettivo SQA (sia del D.Lgs. 172/2015 che di quello ricalcolato per livello trofico) fa attribuire lo Stato Non buono.

| CORPO IDRICO | DISTRETTO | ACQUA | | | BIOTA (<i>Gobius niger</i>) | | BIOTA (<i>Mitylus g.</i>) | | STATO complessivo 2021 |
|--------------|-----------|---------|-----------|----------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|------------------------|
| | | >SQA-MA | > SQA-CMA | STATO parziale | >SQA-MA | STATO parziale | >SQA-MA | STATO parziale | |
| CE1_1 | AO | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | Buono | NON BUONO |
| CE1_2 | AO | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | | NON BUONO |
| CE1_3 | AO | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | Buono | NON BUONO |
| CE1_4 | Pa | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | Buono | NON BUONO |
| ME2_1 | AO | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | Buono | NON BUONO |
| ME2_2 | AO | PFOS | | Non Buono | Mercurio, PBDE | Non Buono | | Buono | NON BUONO |

Tabella 11: Situazione di stato chimico parziale nell'anno 2021 (valutato per singola stazione)

7.2 Aggiornamento stato ecologico

7.2.1 Elementi di Qualità Biologica

Nel 2021 è stato monitorato l'EQB Fitoplancton che, come indica il D.M. 260/2010, nel monitoraggio operativo deve essere previsto tutti gli anni, mentre l'EQB Macroinvertebrati bentonici, con cadenza ogni tre anni, è stato campionato tra settembre, ottobre e dicembre 2020 per la campagna autunnale e tra marzo e aprile 2021 per quella primaverile. Poiché le analisi sui campioni di macroinvertebrati bentonici sono tuttora in corso, le risultanze verranno descritte nel rapporto annuale successivo.

Per quanto attiene il Fitoplancton, il parametro utilizzato, in quanto indicatore della biomassa fitoplanctonica, è la concentrazione di "Clorofilla a" (misurata in superficie); si è utilizzata la misura effettuata con il metodo analitico associata ai campioni per la determinazione quali-quantitativa di fitoplancton.

Il D.M. 260/2010, per il calcolo del valore finale prevedeva due metriche differenti a seconda del macrotipo marino-costiero, ma con la pubblicazione della Decisione (UE) 2018/229, che riporta gli esiti della III intercalibrazione per la classificazione ecologica dei corpi idrici, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha indicato l'adozione dei nuovi criteri di classificazione (nota Prot. 4774 del 07/03/2018); tali criteri modificano quelli del D.M.260/2010 per le acque di macrotipo II, ora macrotipo II A Adriatico. La Decisione è stata interpretata e integrata con valori di riferimento e *boundaries* nel documento ISPRA "Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere. Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton. Aprile 2018"; anche in questo caso sono previsti valori e *boundaries* differenti per macrotipo marino-costiero, mentre la metrica suggerita (media geometrica) è eguale per tutti i macrotipi. La classe può essere espressa sia come concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g/l}$) che in termini di rapporto di qualità ecologica (RQE), che nella Decisione 2018/229 è normalizzato; nella seguente tabella 12 la classe è calcolata secondo le modalità indicate dalla Decisione del 2018.

| MACROTIPO | CORPO IDRICO | DISTRETTO | METRICA | anno 2021 | | | |
|--------------|--------------|----------------|------------------|--------------------------------|---------|------------------|---------|
| | | | | Concentrazione di Clorofilla a | | RQE normalizzato | |
| MACROTIPO I | CE1_1 | Alpi Orientali | Media geometrica | 0.95 | ELEVATO | 1.05 | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_2 | Alpi Orientali | Media geometrica | 0.71 | ELEVATO | 1.12 | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_3 | Alpi Orientali | Media geometrica | 0.71 | ELEVATO | 1.12 | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_4 | Fiume Po | Media geometrica | 1.89 | ELEVATO | 0.87 | ELEVATO |
| MACROTIPO II | ME2_1 | Alpi Orientali | Media geometrica | 0.67 | BUONO | 0.81 | BUONO |
| MACROTIPO II | ME2_2 | Alpi Orientali | Media geometrica | 1.31 | BUONO | 0.64 | BUONO |

Tabella 12: Esiti dell'EQB Fitoplancton (clorofilla a) per corpo idrico nel 2021

Dall'applicazione dei valori di riferimento della Decisione 2018/229 si distingue tutta l'area costiera in stato elevato, mentre le acque al largo risultano in stato buono. In questo anno, come risulta dalla tabella 13, vi è concordanza tra i risultati espressi in concentrazione di clorofilla *a* e quelli espressi in RQE normalizzato; nei casi in cui vi sia discordanza il documento ISPRA sopra citato indica di dare preferenza ai valori espressi in termini di concentrazione.

7.2.2 Elementi chimico-fisici a supporto

Gli elementi chimico-fisici a supporto (ossigeno disciolto, azoto inorganico disciolto, fosforo totale) nella definizione dello stato ecologico vengono utilizzati per il calcolo dell'indice trofico TRIX, unitamente al parametro clorofilla *a*; in relazione a quest'ultima per il calcolo del TRIX si è utilizzata la misura effettuata con il metodo analitico associata ai campioni per la determinazione quali-quantitativa di fitoplancton.

Di seguito (Tab. 13) si riportano i valori medi annui di indice TRIX calcolati per ciascun corpo idrico e la situazione rispetto ai valori soglia per ciascun macrotipo di acque. I limiti individuati dal D.M. 260/2010 distinguono tra le classi Buono e Sufficiente; anche nel 2021 lo stato Buono caratterizza i corpi idrici situati nella parte centro-settentrionale di mare (CE1_1, CE1_2 e ME2_1) E ce1_3, mentre il valore soglia viene superato nei corpi idrici CE1_4 e ME2_2, localizzati nella parte meridionale di mare (stato sufficiente), interessata dai maggiori apporti di sostanze nutritive.

| MACROTIPO | CORPO IDRICO | DISTRETTO | METRICA | LIMITE DI CLASSE | TRIX 2021 | STATO 2021 |
|--------------|--------------|----------------|---------|------------------|-----------|-------------|
| MACROTIPO I | CE1_1 | Alpi Orientali | Media | 5.0 | 4.4 | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_2 | Alpi Orientali | Media | 5.0 | 3.8 | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_3 | Alpi Orientali | Media | 5.0 | 4.5 | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_4 | Fiume Po | Media | 5.0 | 5.5 | SUFFICIENTE |
| MACROTIPO II | ME2_1 | Alpi Orientali | Media | 4.5 | 3.8 | BUONO |
| MACROTIPO II | ME2_2 | Alpi Orientali | Media | 4.5 | 4.9 | SUFFICIENTE |

Tabella 13: Stato degli elementi chimico fisici a supporto per ciascun corpo idrico nel 2021

7.2.3 Esito del processo di classificazione ecologica – fase I

In tabella 14 si riporta il giudizio emergente dalla prima fase, in cui si incrociano gli esiti derivanti dagli EQB con quelli degli elementi chimico fisici a sostegno. Si osserva che, pur in presenza di EQB in stato elevato per il c.i. CE1_4 o buono per ME2_2, il superamento della soglia per gli elementi chimico fisici a sostegno penalizza lo stato portandolo a Sufficiente. Degli altri c.i. quelli costieri (CE1_1, CE1_2, CE1_3) risultano in stato Elevato e quello al largo della laguna di Venezia (ME2_1) in stato Buono.

| MACROTIPO | CORPO IDRICO | DISTRETTO | EQB FITOPLANCTON | TRIX | GIUDIZIO FASE I |
|--------------|--------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|
| MACROTIPO I | CE1_1 | Alpi Orientali | ELEVATO | BUONO | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_2 | Alpi Orientali | ELEVATO | BUONO | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_3 | Alpi Orientali | ELEVATO | BUONO | ELEVATO |
| MACROTIPO I | CE1_4 | Fiume Po | ELEVATO | SUFFICIENTE | SUFFICIENTE |
| MACROTIPO II | ME2_1 | Alpi Orientali | BUONO | BUONO | BUONO |
| MACROTIPO II | ME2_2 | Alpi Orientali | BUONO | SUFFICIENTE | SUFFICIENTE |

Tabella 14: Esito della prima fase di classificazione ecologica nel 2021

7.2.4 Elementi chimici a sostegno

Nel corso del 2021 non si è rilevato alcun superamento rispetto agli SQA di tabella 1/B (inquinanti specifici). Si conferma la presenza (superamento del relativo LOQ) per l'arsenico, ubiquitario, e per alcuni fitofarmaci, senza che siano oltrepassati i relativi valori soglia (SQA). Nell'agosto 2018 è stata inviata una richiesta di chiarimenti al MATTM e a ISPRA per una serie di criticità tra cui quella relativa al criterio di attribuzione di stato Elevato agli inquinanti specifici in caso di difformità nei limiti analitici tra diversi enti; a tale quesito ISPRA si dichiarava concorde sull'utilizzo di un valore soglia di LOQ quantificato con il 30% dell'SQA-MA. Pertanto, ai fini della attribuzione della classe di stato si considerano i superamenti o meno di tale soglia.

Nella tabella 15/A si riportano le presenze (>LOQ), i superamenti del 30% SQA-MA e lo stato nel 2021 per ciascuna stazione dei corpi idrici dei due Distretti; si associa (Tab. 15/B) l'elenco dei pesticidi singoli rilevati in alcune stazioni, ma che non hanno presentato superamenti dell'SQA (0.1µg/l). Anche il calcolo dei pesticidi totali non ha mostrato alcun superamento del relativo SQA (1µg/l). Da notare che il solo inquinante specifico che, superando la soglia 30% SQA-MA, porta allo stato Buono è l'arsenico, che risulta presente in tutti i corpi idrici.

| CORPO IDRICO | STAZIONE | Media annua >LOQ (presenza) | >30% SQA-MA | STATO 2021 per stazione | STATO 2021 per c.i. |
|--------------|----------|--|-------------|-------------------------|---------------------|
| CE1_1 | 10080 | Arsenico, Pesticidi totali | Arsenico | BUONO | BUONO |
| CE1_1 | 10240 | Arsenico | | ELEVATO | |
| CE1_1 | 10400 | Arsenico, Pesticidi totali | | ELEVATO | |
| CE1_2 | 10530 | Arsenico | Arsenico | BUONO | BUONO |
| CE1_2 | 10560 | Arsenico | Arsenico | BUONO | |
| CE1_3 | 10640 | Arsenico | Arsenico | BUONO | BUONO |
| CE1_4 | 10720 | Arsenico, Pesticidi totali | Arsenico | BUONO | BUONO |
| CE1_4 | 16010 | Arsenico, Pesticidi totali | Arsenico | BUONO | |
| CE1_4 | 10820 | Arsenico, Terbutilazina e desetilterbutilazina, Pesticidi totali | | ELEVATO | |
| ME2_1 | 40530 | Arsenico | Arsenico | BUONO | BUONO |
| ME2_2 | 40720 | Arsenico, Pesticidi totali | Arsenico | BUONO | BUONO |

| CORPO IDRICO | STAZIONE | Media annua >LOQ (presenza) | >30% SQA-MA |
|--------------|----------|-----------------------------|-------------|
| CE1_1 | 10080 | Imidacloprid | |
| CE1_1 | 10240 | | |
| CE1_1 | 10400 | | |
| CE1_2 | 10530 | | |
| CE1_2 | 10560 | | |
| CE1_3 | 10640 | | |
| CE1_3 | 10720 | Azoxystrobina | |
| CE1_4 | 16010 | Azoxystrobina, Metolachlor | |
| CE1_4 | 10820 | Azoxystrobina | |
| ME2_1 | 40530 | | |
| ME2_2 | 40720 | | |

Tabella 15: Situazione delle diverse stazioni dei corpi idrici relativamente agli altri inquinanti specifici (A) e ad altri pesticidi singoli (B) nel 2021

7.2.5 Esito del processo di classificazione ecologica – fase II

In tabella 16 l'esito della Fase I viene integrato dalle risultanze delle indagini chimiche per la definizione dello stato ecologico. I corpi idrici costieri CE1_4 (antistante il delta del Po) e quello meridionale al largo ME2_2 risultano in stato Sufficiente; tutti gli altri sono in stato

buono. Nell'anno 2021 il fattore che ha condizionato lo stato dei due c.i. CE1_4 e ME2_2 è rappresentato dagli elementi chimico-fisici a supporto (TRIX).

| MACROTIPO | CORPO IDRICO | DISTRETTO | GIUDIZIO FASE I | ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO | STATO ECOLOGICO 2021 |
|--------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| MACROTIPO I | CE1_1 | Alpi Orientali | Elevato | Buono | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_2 | Alpi Orientali | Elevato | Buono | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_3 | Alpi Orientali | Elevato | Buono | BUONO |
| MACROTIPO I | CE1_4 | Fiume Po | Sufficiente | Buono | SUFFICIENTE |
| MACROTIPO II | ME2_1 | Alpi Orientali | Buono | Buono | BUONO |
| MACROTIPO II | ME2_2 | Alpi Orientali | Sufficiente | Buono | SUFFICIENTE |

Tabella 16: Esito della seconda fase di classificazione ecologica e stato ecologico parziale nel 2021

8 DISCUSSIONE

L'apporto dei vari fiumi, le cui foci caratterizzano la fascia costiera veneta, ha come sempre un ruolo predominante nel determinare le fluttuazioni dei principali parametri chimico-fisici. Normalmente ciò è rappresentato dall'esistenza di gradienti positivi con l'allontanamento dalla costa per le variabili trasparenza e salinità e negativi per i composti di azoto e fosforo; tali gradienti, nell'anno 2021 risultano evidenti soprattutto per quei transetti vicini a foci di una certa consistenza (Adige, Po) probabilmente per la riduzione delle portate (più condizionante nei fiumi minori) legata alla scarsità di precipitazioni. Di fatto dall'analisi degli andamenti temporali, non si evidenziano collegamenti tra le portate dei vari fiumi e le concentrazioni in mare. Dall'esame delle figure relative ai nutrienti nel capitolo 6.1- MATRICE ACQUA e di quella relativa a clorofilla *a* (Fig. 39), si nota che le concentrazioni sono più elevate soprattutto nel tratto di costa meridionale posta sotto l'influenza degli apporti dei maggiori fiumi (dal transetto 72 in giù), mentre la distribuzione delle abbondanze di fitoplancton non sempre corrisponde. Per contro i valori medi di salinità e trasparenza risultano minori in quest'area a conferma del contributo dovuto all'ingresso di acque continentali nel bacino.

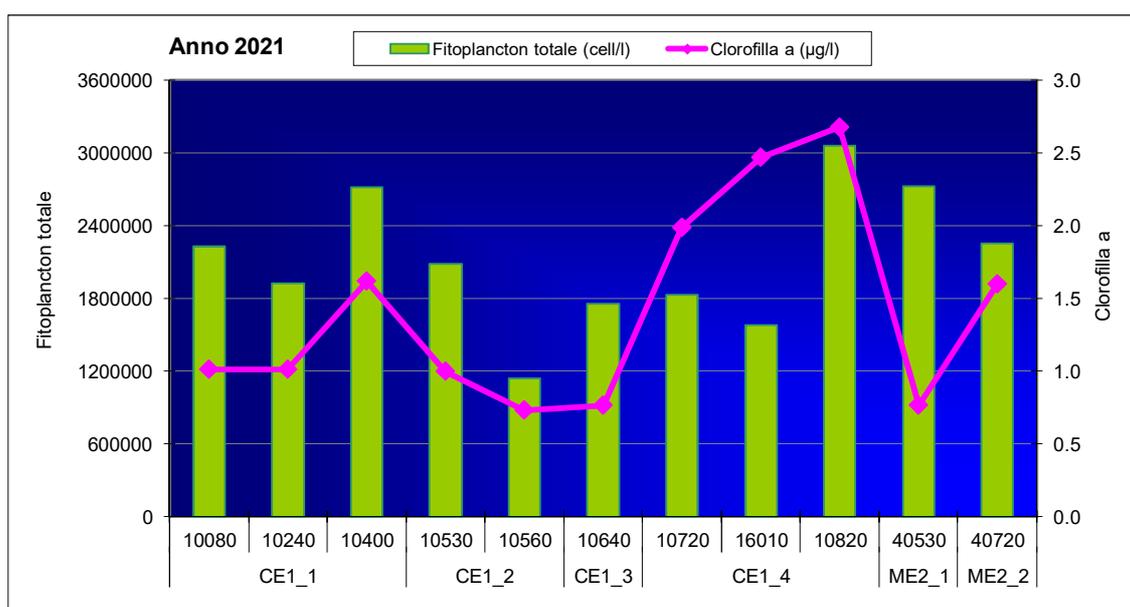


Figura 39: Distribuzione spaziale delle abbondanze fitoplanctoniche medie (cell/l) e della concentrazione media di Clorofilla *a* (µg/l, determinata analiticamente) nell'anno 2021

In figura 39 (nel grafico è utilizzata la clorofilla *a* determinata analiticamente), va segnalato come le concentrazioni medie di clorofilla siano più elevate alle stazioni del c.i. CE1_4, con massimi alla stazione 10820-Po di Tolle, cui corrisponde il valore medio più alto per il fitoplancton; analoga corrispondenza tra valori elevati di clorofilla e fitoplancton la si osserva alle stazioni 10400 e 40720, mentre presso la stazione 40530 ad alte abbondanze è associata una concentrazione di clorofilla ridotta.

Dall'analisi dei risultati relativi alla matrice acqua, riportata nel paragrafo 6.1, emerge comunque un denominatore comune: i valori massimi e la maggiore dispersione di molti parametri chimici e fisici sono stati rilevati presso le stazioni dei transetti più fortemente condizionati dagli apporti fluviali (024 e 040 a nord, 064, 072, 601 e 082 a sud).

I valori dei coefficienti di correlazione lineare di Bravais e Pearsons per tutti i dati di superficie sono riportati in tabella 17 per le stazioni poste a 500 m dalla costa, mentre nelle tabelle 18 e 19 sono riportati i coefficienti per i soli parametri chimici e fisici rispettivamente per le stazioni a 926 (0.5 miglia nautiche) e 3704 m (2.0 miglia nautiche). Non sono state considerate le due stazioni esterne, sia per la differente distanza da costa che per la ridotta numerosità campionaria.

Trasparenza e salinità sono risultate correlate positivamente tra loro in tutte stazioni, con significatività in diminuzione con la distanza dalla costa, contrariamente a quanto risultava nel 2020. A tutte le distanze la salinità risulta correlata in senso negativo con alcuni sali nutritivi (azoto nitrico e fosforo da ortofosfati P-PO₄) e con azoto e fosforo totali, così come la trasparenza (eccetto P-PO₄). Nelle stazioni a 500m la salinità è risulta avere una forte correlazione inversa (-0.74) con il silicio da ortosilicati (data la provenienza esogena), e ritorna la correlazione significativa con la clorofilla (sia da sonda che da analisi) che mancava nei dati 2020. E' ovviamente ben marcata (+0.91) la correlazione tra fitoplancton totale e la sua componente fondamentale, rappresentata dalle diatomee, così come con la componente Altro fitoplancton (-0.75, mentre manca correlazione con le dinoflagellate.

La presenza di forti correlazioni positive, alle diverse distanze da costa, tra i diversi composti di azoto e fosforo (eccettuato l'azoto ammoniacale) sottolinea la loro origine comune; a conferma della sua costituzione, l'indice trofico TRIX (sia quello calcolato con clorofilla analitica che quello con clorofilla da fluorimetro) risulta correlato positivamente con quasi tutte le variabili coinvolte con i meccanismi di produzione e di conseguenza appare inversamente correlato a salinità e trasparenza, a tutte le distanze da costa.

Da segnalare l'anomalo comportamento dell'azoto ammoniacale (6.1.6 Azoto ammoniacale) che risulta non correlato ad alcuno degli altri parametri a tutte le distanze da costa, con la sola eccezione di una ridotta correlazione positiva con fosforo da ortofosfati e TRIX nelle stazioni più al largo (a 3704m).

| 2021 | Salin. (PSU) | OD (%) | pH | Chl. a da CTD (µg/l) | Trasp. (m) | N-NH ₄ (µg/l) | N-NO ₂ (µg/l) | N-NO ₃ (µg/l) | Azoto tot. (µg/l) | P-PO ₄ (µg/l) | Fosforo tot. (µg/l) | Si-SiO ₄ (µg/l) | Diatomee (cell/l) | Dinoflagellate (cell/l) | Altro fitoplancton (cell/l) | Fitoplancton totale (cell/l) | Chl. a analitica (mg/m ³) | TRIX (Chl da ctd) | TRIX (Chl analisi) |
|-------------------------------------|--------------|--------|-------|----------------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Temp. (°C) | -0.48 | 0.62 | 0.39 | 0.04 | 0.10 | 0.26 | -0.26 | 0.07 | -0.02 | -0.08 | 0.38 | 0.23 | -0.01 | 0.25 | 0.17 | 0.09 | 0.38 | 0.27 | 0.34 |
| Salin. (PSU) | -0.52 | -0.27 | -0.42 | 0.42 | -0.25 | -0.32 | -0.63 | -0.58 | -0.26 | -0.56 | -0.74 | -0.22 | -0.39 | -0.13 | -0.25 | -0.57 | -0.68 | -0.68 | |
| OD (%) | | 0.38 | 0.34 | -0.03 | 0.23 | -0.08 | 0.30 | 0.34 | 0.03 | 0.36 | 0.40 | 0.17 | 0.41 | -0.01 | 0.15 | 0.71 | 0.58 | 0.67 | |
| pH | | | 0.24 | -0.09 | 0.37 | -0.15 | -0.01 | -0.12 | 0.05 | -0.02 | 0.15 | -0.03 | 0.24 | 0.22 | 0.10 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | |
| Chl. a da CTD (µg/l) | | | | -0.36 | -0.13 | 0.40 | 0.44 | 0.33 | 0.31 | 0.39 | 0.53 | 0.18 | 0.38 | 0.02 | 0.17 | 0.49 | 0.67 | 0.57 | |
| Trasp. (m) | | | | | 0.00 | -0.24 | -0.49 | -0.42 | -0.36 | -0.23 | -0.50 | -0.29 | -0.07 | -0.04 | -0.23 | -0.35 | -0.48 | -0.45 | |
| N-NH ₄ (µg/l) | | | | | | | -0.12 | 0.02 | 0.11 | 0.18 | 0.11 | 0.10 | -0.18 | 0.09 | -0.10 | -0.16 | -0.09 | 0.20 | 0.18 |
| N-NO ₂ (µg/l) | | | | | | | | 0.57 | 0.47 | 0.29 | 0.37 | 0.54 | 0.02 | 0.12 | -0.11 | -0.02 | 0.22 | 0.45 | 0.40 |
| N-NO ₃ (µg/l) | | | | | | | | 0.85 | 0.57 | 0.61 | 0.91 | 0.17 | 0.38 | -0.01 | 0.16 | 0.62 | 0.70 | 0.71 | |
| Azoto tot. (µg/l) | | | | | | | | | 0.46 | 0.52 | 0.77 | 0.32 | 0.34 | 0.00 | 0.26 | 0.53 | 0.57 | 0.59 | |
| P-PO ₄ (µg/l) | | | | | | | | | | 0.38 | 0.65 | 0.05 | -0.05 | -0.24 | -0.08 | 0.14 | 0.43 | 0.36 | |
| Fosforo tot. (µg/l) | | | | | | | | | | | 0.67 | -0.06 | 0.18 | -0.20 | -0.11 | 0.49 | 0.62 | 0.60 | |
| Si-SiO ₄ (µg/l) | | | | | | | | | | | | 0.17 | 0.38 | -0.07 | 0.13 | 0.65 | 0.76 | 0.75 | |
| Diatomee (cell/l) | | | | | | | | | | | | | 0.11 | 0.41 | 0.91 | 0.44 | 0.08 | 0.16 | |
| Dinoflagellate (cell/l) | | | | | | | | | | | | | | 0.07 | 0.21 | 0.42 | 0.35 | 0.38 | |
| Altro fitopl. (cell/l) | | | | | | | | | | | | | | | 0.75 | 0.17 | -0.11 | -0.04 | |
| Fitopl. totale (cell/l) | | | | | | | | | | | | | | | | 0.43 | 0.04 | 0.14 | |
| Chl. analitica (mg/m ³) | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.65 | 0.77 | |
| TRIX (Chl da ctd) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.97 | |

Tabella 17: Coefficienti di correlazione lineare semplice calcolati alle stazioni poste a 500 m dalla costa nel 2021. Correlazioni marcate significative al livello p < .050. N=53 (Eliminazione casewise dati mancanti⁴)

| 2021 | Salin. (PSU) | OD (%) | pH | Chl. a da CTD (µg/l) | Trasp. (m) | N-NH ₄ (µg/l) | N-NO ₂ (µg/l) | N-NO ₃ (µg/l) | Azoto tot. (µg/l) | P-PO ₄ (µg/l) | Fosforo tot. (µg/l) | TRIX (Chl da ctd) |
|--------------------------|--------------|--------|-------|----------------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Temp. (°C) | -0.47 | 0.67 | 0.50 | 0.12 | 0.18 | 0.15 | -0.33 | -0.02 | -0.25 | 0.07 | 0.21 | 0.33 |
| Salin. (PSU) | | -0.48 | -0.38 | -0.41 | 0.38 | -0.09 | -0.16 | -0.58 | -0.32 | -0.31 | -0.58 | -0.62 |
| OD (%) | | | 0.44 | 0.29 | -0.08 | 0.10 | -0.20 | 0.15 | 0.00 | 0.12 | 0.39 | 0.56 |
| pH | | | | 0.26 | 0.03 | 0.26 | -0.17 | -0.02 | -0.35 | 0.23 | 0.05 | 0.30 |
| Chl. a da CTD (µg/l) | | | | | -0.28 | -0.13 | 0.32 | 0.41 | 0.27 | 0.23 | 0.42 | 0.68 |
| Trasp. (m) | | | | | | -0.12 | -0.18 | -0.31 | -0.41 | -0.20 | -0.45 | -0.37 |
| N-NH ₄ (µg/l) | | | | | | | -0.11 | -0.13 | -0.19 | 0.20 | 0.13 | 0.04 |
| N-NO ₂ (µg/l) | | | | | | | | 0.57 | 0.42 | 0.30 | 0.41 | 0.35 |
| N-NO ₃ (µg/l) | | | | | | | | | 0.71 | 0.32 | 0.50 | 0.59 |
| Azoto tot. (µg/l) | | | | | | | | | | 0.18 | 0.47 | 0.46 |
| P-PO ₄ (µg/l) | | | | | | | | | | | 0.29 | 0.34 |
| Fosforo tot. (µg/l) | | | | | | | | | | | | 0.68 |

Tabella 18: Coefficienti di correlazione lineare semplice calcolati alle stazioni a 0,5 mn (926 m) dalla costa nel 2021. Correlazioni marcate significative al livello p < .050. N=62 (Eliminazione casewise dati mancanti)

| 2021 | Salin. (PSU) | OD (%) | pH | Chl. a da CTD (µg/l) | Trasp. (m) | N-NH ₄ (µg/l) | N-NO ₂ (µg/l) | N-NO ₃ (µg/l) | Azoto tot. (µg/l) | P-PO ₄ (µg/l) | Fosforo tot. (µg/l) | TRIX (Chl da ctd) |
|--------------------------|--------------|--------|-------|----------------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Temp. (°C) | -0.46 | 0.64 | 0.54 | 0.01 | 0.18 | 0.28 | -0.33 | -0.03 | -0.20 | 0.04 | 0.12 | 0.33 |
| Salin. (PSU) | | -0.52 | -0.35 | -0.35 | 0.31 | -0.24 | -0.22 | -0.57 | -0.44 | -0.36 | -0.60 | -0.67 |
| OD (%) | | | 0.46 | 0.34 | -0.19 | 0.22 | -0.30 | 0.19 | 0.11 | 0.04 | 0.29 | 0.63 |
| pH | | | | 0.24 | 0.09 | 0.41 | -0.11 | 0.01 | -0.21 | 0.20 | 0.04 | 0.39 |
| Chl. a da CTD (µg/l) | | | | | -0.31 | 0.20 | 0.36 | 0.36 | 0.22 | 0.24 | 0.32 | 0.66 |
| Trasp. (m) | | | | | | -0.12 | -0.24 | -0.32 | -0.38 | -0.16 | -0.43 | -0.37 |
| N-NH ₄ (µg/l) | | | | | | | 0.00 | 0.08 | 0.01 | 0.28 | 0.13 | 0.28 |
| N-NO ₂ (µg/l) | | | | | | | | 0.68 | 0.55 | 0.51 | 0.42 | 0.33 |
| N-NO ₃ (µg/l) | | | | | | | | | 0.88 | 0.59 | 0.64 | 0.64 |
| Azoto tot. (µg/l) | | | | | | | | | | 0.58 | 0.69 | 0.50 |
| P-PO ₄ (µg/l) | | | | | | | | | | | 0.47 | 0.42 |
| Fosforo tot. (µg/l) | | | | | | | | | | | | 0.53 |

Tabella 19: Coefficienti di correlazione lineare semplice calcolati alle stazioni a 2 mn (3704 m) dalla costa nel 2021. Correlazioni marcate significative al livello p < .050. N=62 (Eliminazione casewise dati mancanti)

⁴ Con l'applicazione "eliminazione casewise dei dati mancanti" sono inclusi nell'analisi i soli casi che non contengono dato mancante in alcuna delle variabili selezionate per l'analisi. Nel caso delle correlazioni, come impostazione predefinita, esse sono calcolate escludendo i casi che contengono dati mancanti in una qualunque delle variabili selezionate (tutte le correlazioni si basano sullo stesso insieme di dati).

Alla matrice dei dati ottenuta nel periodo indagato è stata applicata la tecnica di analisi statistica multivariata denominata Analisi delle Componenti Principali (Morrison, 1976; Kleinbaum *et al.*, 1988) che, attraverso lo studio delle correlazioni tra variabili chimico-fisiche e biologiche, individua alcune combinazioni lineari di esse, in grado di spiegare da sole la maggior parte della variabilità del sistema. Tale analisi è stata effettuata sui dati di superficie rilevati nel 2021 presso le stazioni a 500 m (Tab. 21 e Fig. 40), presso le quali sono state determinate le abbondanze di fitoplancton totale e la clorofilla in laboratorio, considerando tutte le campagne effettuate (Tab. 1).

Le prime due componenti estratte hanno spiegato il 56.78% della varianza totale del fenomeno, dove la prima componente rende conto, da sola, del 39.36% di tale varianza (Tab. 20).

| | Fattore 1 | Fattore 2 |
|--|---------------|---------------|
| Autovalore | 5.510 | 2.439 |
| % Totale varianza | 39.358 | 17.424 |
| Temperatura (°C) | -0.327 | -0.784 |
| Salinità (PSU) | 0.820 | 0.234 |
| Ossigeno disciolto (%) | -0.556 | -0.652 |
| pH (unità) | -0.195 | -0.638 |
| Trasparenza (m) | 0.534 | -0.255 |
| Azoto ammoniacale (µg/l) | -0.155 | -0.381 |
| Azoto nitroso (µg/l) | -0.488 | 0.565 |
| Azoto nitrico (µg/l) | -0.898 | 0.298 |
| Azoto totale (µg/l) | -0.817 | 0.284 |
| Fosforo da ortofosfati (µg/l) | -0.539 | 0.349 |
| Fosforo totale (µg/l) | -0.722 | 0.012 |
| Silicio da ortosilicati (µg/l) | -0.950 | 0.142 |
| Fitoplancton totale (cell/l) | -0.245 | -0.137 |
| Clorofilla a da analisi (mg/m ³) | -0.766 | -0.282 |

Tabella 20: Autovalori e pesi fattoriali relativi ai primi due fattori estratti per le stazioni a 500 m (dati 2021). Pesii Fattoriali (Non ruotati). Estrazione: Componenti Principali (Pesi marcati sono >.70). Dati mancanti eliminati casewise (63 casi elaborati, 53 casi validi). Matrice correlazioni calcolata per 14 variabili.

La *prima componente* descrive l'effetto di interferenza che l'apporto continentale di acque dolci produce sull'acqua della fascia costiera, alterandone le caratteristiche peculiari di salinità e trasparenza. Il vettore bipolare che esprime questa componente all'estremo inferiore vede situati campioni di acqua ad elevate concentrazioni di sali nutrienti (azoto nitrico e silicio da ortosilicati, con coefficiente di autovettore a segno negativo) e a quello superiore campioni a salinità elevate (coefficiente con segno positivo) (Tab. 20 e Fig. 40). La *seconda componente*, espressa da un vettore bipolare, solitamente individua in modo netto l'aspetto produttivo delle acque esaminate; dall'analisi dei dati 2021 in realtà emerge solo la Temperatura, seguita da Ossigeno disciolto e pH. Come osservato negli anni precedenti ma in misura meno netta, la distribuzione delle variabili evidenzia i tre aspetti fondamentali dell'ecosistema marino costiero: componente pelagica, rappresentata da salinità e trasparenza; componente continentale con elevate concentrazioni di macronutrienti; risultante biologica, caratterizzata da fitoplancton totale, ossigenazione, clorofilla. Tra i parametri considerati un ruolo decisamente anomalo nel 2021 è quello di azoto ammoniacale e fitoplancton totale.

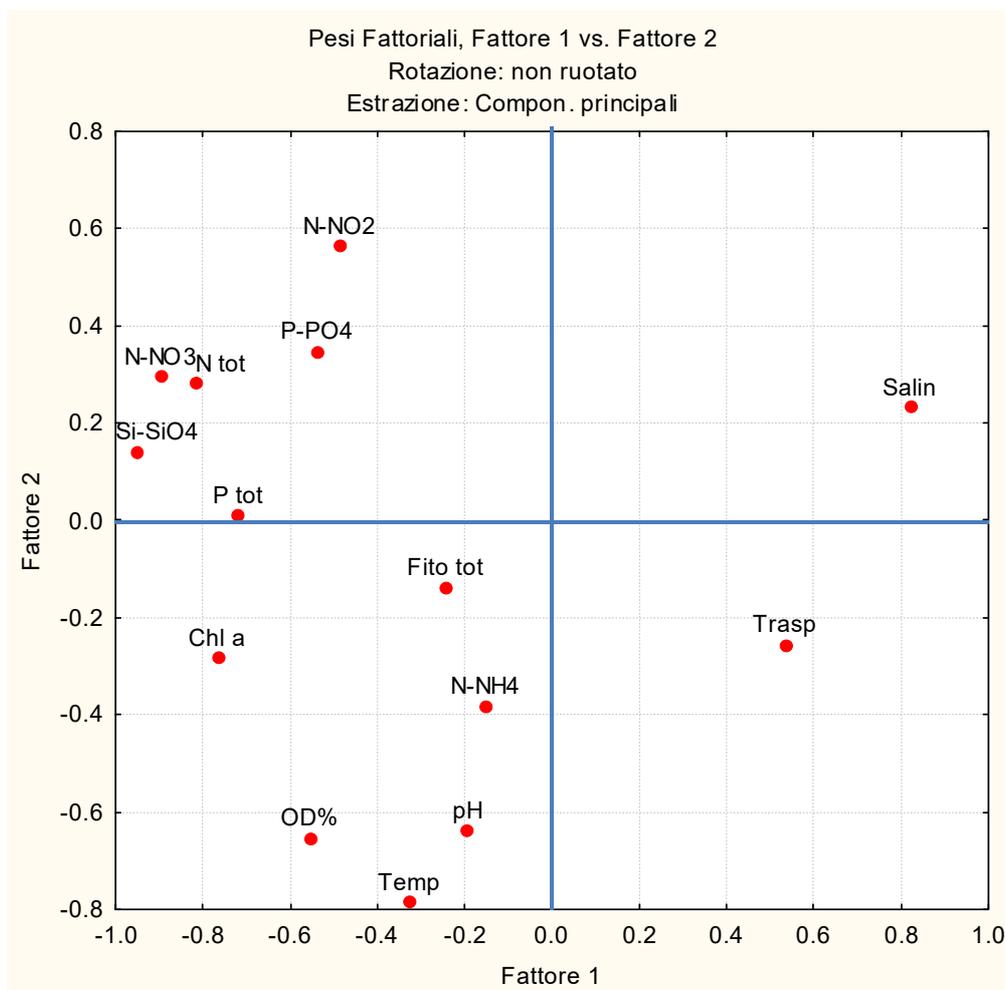


Figura 40: Ordinamento dei parametri fisico-chimici e biologici analizzati nel 2021 (stazioni a 500 m)

9 RILEVAMENTI NEL CORSO DEL 2021

9.1 *Aggregati mucilluginosi*

Nella campagna di monitoraggio condotta durante il mese di marzo le osservazioni con telecamera subacquea hanno evidenziato la presenza di fiocchi mucilluginosi nel tratto di costa a sud della Laguna di Venezia, mentre ad aprile e giugno la presenza dei fiocchi mucilluginosi ha interessato tutta la costa veneta.

Nel mese di giugno un fenomeno temporalesco, avvenuto nella giornata del 24/06/2021, ha provocato un calo della temperatura nel mare antistante la Laguna di Venezia, portando al rimescolamento della colonna d'acqua; le osservazioni con telecamera subacquea hanno permesso di rilevare la presenza di fiocchi mucilluginosi e una scarsa torbidità della colonna d'acqua lungo tutta la costa veneta. Nella campagna di luglio la colonna d'acqua ha mostrato elevata torbidità con presenza di fiocchi e filamenti mucilluginosi nella parte meridionale della costa veneta; al contrario, nelle stazioni monitorate a nord è stata osservata una maggiore limpidezza della colonna d'acqua con assenza di formazioni mucillaginose.

Durante la campagna di settembre è stata riscontrata una buona visibilità in colonna d'acqua nei corpi idrici monitorati, ad eccezione della zona antistante il delta del Po in cui si è evidenziata una maggiore torbidità.

Nel mese di novembre, a seguito del rimescolamento della colonna d'acqua avvenuto nei giorni precedenti al monitoraggio, si è registrato un abbassamento della temperatura nelle

aree di mare antistanti Pellestrina (VE), Chioggia (VE) e Rosolina (RO). Dalle osservazioni della colonna d'acqua, svolte con telecamera subacquea, la torbidità è risultata maggiore, come nel mese di settembre, nella zona antistante il delta del Po.

Infine, durante tutte le campagne di monitoraggio svolte nell'anno 2021, non sono state rilevate formazioni di mucillagine significative in superficie o lungo la colonna d'acqua.

9.2 Meduse e Ctenofori

Durante la campagna di monitoraggio del mese di giugno sono stati avvistati alcuni esemplari di medusa appartenenti alla specie *Rhizostoma pulmo* con ombrello del diametro di 30 cm circa, in corrispondenza dell'area di mare antistante Jesolo (VE).

Nel mese di luglio, ulteriori avvistamenti di questa specie, di dimensioni più piccole rispetto al mese precedente, sono avvenuti al largo di Caorle (VE). Sempre nella stessa campagna, durante il prelievo degli esemplari di *Mytilus galloprovincialis* nella stazione di Albarella, è stata osservata la presenza di esemplari di Noce di mare della specie *Mnemiopsis leidy*. A settembre, durante la campagna di monitoraggio, lungo tutto il litorale veneto, è stata osservata la presenza di ctenofori della specie *Mnemiopsis leiydi* e di alcuni esemplari di meduse appartenenti alle specie *Rhizostoma pulmo* e *Pelagia noctiluca*, che presentavano, rispettivamente, un diametro dell'ombrello pari a 20 e 5 cm circa. Infine, durante l'ultima campagna dell'anno 2021, svolta nel mese di novembre non si segnalano ulteriori avvistamenti.

9.3 Fioriture algali

Nel corso dell'anno 2021 non sono state rilevate situazioni di anomalia nella colorazione delle acque che abbiano fatto sospettare la presenza di bloom algali, pertanto non sono stati effettuati campionamenti di fitoplancton diversi da quelli pianificati.

9.4 Mammiferi e tartarughe marini

Nel corso dell'anno 2021, nell'ambito del monitoraggio istituzionale delle acque marino costiere del Veneto effettuato da ARPAV non sono stati avvistati esemplari di mammiferi marini e di tartarughe marine nel corso delle giornate di campionamento in mare. Solo a ottobre, nel corso della campagna *Marine Strategy*, è stato avvistato un piccolo gruppo di tursiopi nella zona di mare antistante il Lido di Venezia.

9.5 Fenomeni ipossici e altri eventi

Nell'ambito del monitoraggio istituzionale delle acque marino costiere del Veneto effettuato da ARPAV nel corso dell'anno 2021 non si sono riscontrati fenomeni di ipossia o anossia in prossimità dei fondali. Si segnala l'osservazione di un termoclino molto evidente durante i campionamenti effettuati a luglio: la stratificazione termica, comunque tipica del periodo estivo, si posizionava tra gli 8 e i 12 m di profondità, con una differenza di circa 8-9°C tra superficie e fondo.

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'ambito delle attività istituzionali che ARPAV conduce sulle acque marino-costiere, in adempimento alla Direttiva 2000/60/CE, l'attività di campionamento nell'anno 2021 è stata condotta sulla Rete Regionale del Veneto cercando di rispettare quanto previsto dal programma di ricerca e monitoraggio, con un notevole sforzo operativo per mantenere le

modalità e i periodi di campionamento compatibilmente non solo con le condizioni meteorologiche ma anche con le possibilità di conciliare il *modus operandi* con le direttive ministeriali a contrasto della pandemia (Tab. 1).

Dall'analisi dei dati raccolti si può evidenziare quanto segue per quanto riguarda le variabili idrobiologiche:

- come sempre, le condizioni meteorologiche ed idrodinamiche unitamente agli apporti continentali (Fig. 3) hanno manifestato una azione primaria su trasparenza e salinità (Figg. 4, 5, 9, 10); queste ultime presentano generalmente un gradiente positivo con l'allontanamento dalla costa, di solito evidente nelle aree prossime a foci fluviali eccetto nei casi di massicce portate che possono, in questo caso, avere effetto fino al largo

- gli apporti fluviali hanno condizionato l'andamento dei valori di salinità in superficie, soprattutto nella zona costiera meridionale, con le foci dei principali fiumi, e in particolare nell'area a sud di Chioggia (trasetti 064 - 082) che risulta caratterizzata dai più bassi valori di salinità anche nelle stazioni più esterne (Fig. 10); per contro i transetti localizzati nelle aree di costa settentrionale e antistante la laguna di Venezia hanno mostrato valori medi di salinità elevati in tutte le stazioni

- per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, i valori in superficie si sono mantenuti mediamente sopra la saturazione, nel periodo da giugno a settembre, mantenendo comunque valori superiori al 95% nelle campagne di marzo, aprile e novembre. Al fondo i valori sono rimasti sempre inferiori rispetto alla superficie (ad eccezione di aprile), mantenendosi comunque sopra l'80% di saturazione (Fig. 13); i valori di mediana sono risultati poco variabili lungo la costa e quasi sempre superiori alla saturazione (eccettuate alcune stazioni a 500m da costa), aumentando nell'area costiera meridionale ove aumenta anche la variabilità delle misure (Fig. 14)

- per quanto riguarda la distribuzione delle concentrazioni di tutti i nutrienti lungo la costa, si evidenzia come i valori più elevati siano stati rilevati come sempre nei transetti localizzati nel tratto meridionale di costa, in particolare quelli antistanti il delta del Po (601 e 082) ad ulteriore riprova dell'effetto dei fiumi sfocianti nella zona (Figg. 18, 20, 24, 28)

- di conseguenza anche la componente fitoplanctonica quantitativamente mostra abbondanze maggiori nelle stazioni localizzate a sud della foce dell'Adige (Figg. 36 e 39)

- per quanto riguarda le alghe potenzialmente tossiche non è mai stato superato il valore limite di abbondanza per *Dinophysis* spp. indicato nei D.D.M.M. 1.8.1990 e 1.9.1990, pari a 1000 cell/l (molluschicoltura); inoltre non si è verificato alcun superamento per il limite di $10 \cdot 10^6$ cell/l per *Alexandrium* spp. consigliato dal Ministero della Sanità con circolare del 31.7.1998 per la balneazione

- inoltre, sono state di scarsa entità nel periodo estivo le situazioni di anomalia dell'ecosistema indagato rilevate nel corso delle campagne in mare, con assenza di fioriture algali importanti e rara presenza di mucillagini in forma di fiocchi lungo la colonna d'acqua

- per quanto riguarda gli aspetti chimici, nella matrice acqua non sono stati osservati superamenti di SQA-MA relativamente agli inquinanti delle Tab. 1/A (acqua) e 1/B del D.Lgs. 172/2015 ad eccezione del parametro PFOS; per quanto riguarda invece la matrice biota (pesci) si rilevano superamenti del relativo SQA per i parametri mercurio e PBDE (Tab. 1/A D.Lgs. 172/2015), ma non di PFOS (Tab. 11)

- infine per quanto concerne i parametri che concorrono allo stato ecologico, è sempre l'indice trofico TRIX che influisce sullo stato finale causando il mancato raggiungimento dello stato buono in due corpi idrici (classe sufficiente) (Tab. 14 e 16).

Come sempre nella fascia costiera i cicli delle diverse variabili si differenziano notevolmente rispetto a quelli delle acque di mare aperto, per la presenza di cospicui apporti di acque interne e per la variabilità meteorologica, fattori che, in ambienti a ridotta

batimetria, influiscono marcatamente sia sulle caratteristiche chimico-fisiche del corpo idrico che sulla componente biologica in esso contenuta. Tali sviluppi sono stati riscontrati anche nell'anno 2021 seppure in modo meno marcato, le fluttuazioni meteorologiche occorse a carico del sistema costiero veneto nel periodo indagato hanno esercitato una influenza sugli andamenti specifici di alcune variabili, modificandone, talvolta in modo sensibile, le caratteristiche più tipiche.

Si riconferma comunque quanto il sistema costiero indagato sia caratterizzato da una estrema variabilità e complessità, aspetti riconducibili all'influenza di diversi fattori, tra cui le condizioni idrobiologiche e fisiche dell'intero bacino, l'alternarsi delle stagioni, le condizioni meteorologiche e la collocazione geografica delle stazioni in relazione alle pressioni del territorio retrostante.

11 BIBLIOGRAFIA CITATA E ALTRI DOCUMENTI DI APPROFONDIMENTO

Aleffi F., Della Seta G., Goriup F., Landri P., Orel G., 1996. *Fattori climatici ed edafici e popolamenti bentonici dell'Adriatico Settentrionale e del Golfo di Trieste*. Regione Emilia Romagna, Provincia di Ravenna, Autorità di bacino del fiume Po. Atti del Convegno "Evoluzione dello stato trofico in Adriatico: analisi degli interventi attuati e future linee di intervento". Marina di Ravenna, 28-29 settembre 1995.

Circolare Ministero della Sanità, 31 Luglio 1998. *Aggiornamento delle metodiche analitiche per la determinazione dei parametri previsti nel decreto interministeriale 17 Giugno 1988 concernenti i criteri per la definizione del programma di sorveglianza di cui all'art. 1 del D.L. 14 Maggio 1988 n. 155 convertito con legge del 15 luglio 1988 n. 271.*

Circolare Ministero della Sanità, 9 Aprile 1998. *Aggiornamento delle metodiche analitiche per la determinazione dei parametri previsti nel decreto interministeriale 17 Giugno 1988 concernente i criteri per la definizione del programma di sorveglianza di cui all'art. 1 del D.L. 14 Maggio 1988 n. 155 convertito con legge del 15 luglio 1988 n. 271.*

Commissione europea. Decisione 20 settembre 2013, n. 2013/480/UE. *Decisione che istituisce, a norma della direttiva 2000/60/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e che abroga la decisione 2008/915/Ce.* (GuUE 8 ottobre 2013 n. L 266)

Commissione europea. Decisione (UE) 2018/229 della Commissione del 12 febbraio 2018. *Decisione che istituisce, a norma della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e che abroga la decisione 2013/480/UE della Commissione.* (GuUE 20 febbraio 2018 n. L 47)

D.G.R. Veneto n. 1468, 7 giugno 2002. *Progetto di monitoraggio integrato dell'ambiente marino costiero e delle acque destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs 152/99 e s.m.i.).* BUR Veneto n. 69, 16 luglio 2002.

D.G.R. Veneto n. 3971, 15 Dicembre 2000. *Convenzione tra il Ministero dell'Ambiente e la Regione del Veneto per la realizzazione di un programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero prospiciente la regione.*

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 16 giugno 2008, n. 131. *Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto.* GU n. 187 del 11-8-2008 - Suppl. Ordinario n.189

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 14 aprile 2009, n. 56. *Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo».* Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 124 del 30 maggio 2009 - Serie generale

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 17 luglio 2009. *Individuazione delle informazioni territoriali e modalità per la raccolta, lo scambio e l'utilizzazione dei dati necessari alla predisposizione dei rapporti conoscitivi sullo stato di attuazione degli obblighi comunitari e nazionali in materia di acque*. G.U. serie generale n. 203 del 02/09/2009

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 8 novembre 2010, n. 260. *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, recante "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo*. Supplemento Ordinario n. 31/L alla Gazzetta Ufficiale 7 febbraio 2011 n. 30

Decreto del Ministro della Sanità, di concerto con il Ministro dell'Ambiente, 17 giugno 1988. *Criteri per la definizione dei programmi di sorveglianza algale per la rilevazione di alghe aventi possibili implicazioni igienico-sanitarie*. G.U. n. 149 del 27/06/1988 pagg. 7-8

Decreto Legislativo, 11 Maggio 1999 n. 152. *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*. G.U.29/5/1999, n.124.

Decreto Legislativo, 3 Aprile 2006 n. 152. *Norme in materia ambientale*. G.U. 14/4/2006, n. 88. Suppl. Ordin. n. 96.

Decreto Legislativo, 10 dicembre 2010, n. 219. *Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque*. G.U. n. 296 del 20/12/2010

Decreto Legislativo, 13 Ottobre 2015 n. 172. *Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque*. G.U. 27/10/2015, n. 250.

Decreto Ministero della Sanità, 1 Agosto 1990, n. 256. *Regolamento recante modificazioni al decreto ministeriale 27 Aprile 1978 concernente i requisiti microbiologici, biologici, chimici e fisici delle zone acquee sedi di banchi e di giacimenti naturali di molluschi eduli lamellibranchi e delle zone acquee destinate alla molluschicoltura, ai fini della classificazione in approvate, condizionate e precluse*. G.U. 10/9/1990 n. 211.

Decreto Ministero della Sanità, 1 Settembre 1990. *Metodi di analisi per la determinazione delle biotossine algali nei molluschi bivalvi, nonché per la determinazione quali-quantitativa dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine adibite alla molluschicoltura*. G.U. 18/9/1990, n. 218.

Forni G., Occhipinti Ambrogio A., 2004. *Applicazione del Coefficiente biotico (Borja et al., 2000) ad una comunità macrobentonica nel Nord Adriatico*. Biol. Mar. Medit. (2004), 11 (2): 202-209.

Frasconi F., Spagnoli F., Marcaccio M., Aleffi F., 2000. *Progetto PRISMA 1: I fondali*. RICERCA & FUTURO, v. 16, pag. 74-79

Gorostiaga J.M., Borja A., Díez I., Francés G., Pagola-Carte S., Sáiz-Salinas J.I., 2004. *Recovery of benthic communities in polluted systems*. In: A. Borja and M. Collins (Eds.) Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series, 70: 549–578, Elsevier, Amsterdam.

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*. ICRAM - ANPA

ISPRA, 2012. *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Classificazione dello Stato Ecologico dei Corpi Idrici delle Acque Marino Costiere*. Luglio 2012.

ISPRA, IRSA-CNR, Istituto Superiore di Sanità, 2016. *Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015)*. Manuali e Linee Guida 143/2016

- ISPRA, 2018. *Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere. Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton. Aprile 2018.*
- ISPRA, NON DATATO. *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere. EQB Macroalghe, Macroinvertebrati bentonici, Angiosperme.*
- Istituto Superiore di Sanità, 2004. *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici.* A cura di E. Menichini e G. Viviano, Rapporto ISTISAN 04/15
- Kleinbaum, D.G., Kupper L.L. e Muller K.E., 1988. *Applied analysis and other multivariable methods.* PWS – Kent Publishing Company, Boston.
- Legge 31 dicembre 1982 n. 979. *Disposizioni per la difesa del mare.* Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 16 del 18/01/1993
- Margalef R., 1958. *Information theory in ecology.* Gen. Syst., 3, 36-71.
- Morrison, D.F., 1976. *Multivariate statistical methods.* McGraw–Hill International Student Edition.
- Muxika I., Á. Borja, J. Bald, 2007. *Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive.* Marine Pollution Bulletin, 55: 16-29.
- Regione del Veneto - ARPAV, 2020. *Monitoraggio integrato dell'ambiente marino-costiero nella Regione Veneto. Gennaio-dicembre 2019. Analisi dei dati osservati nell'anno 2019.* A cura di Parati P., Zogno A.R., Bartenor A., Fassina D.
- Regione del Veneto - ARPAV, 2021. *Monitoraggio integrato dell'ambiente marino-costiero nella Regione Veneto. Gennaio-dicembre 2020. Analisi dei dati osservati nell'anno 2020.* A cura di Parati P., Zogno A.R., Bartenor A., Fassina D.
- Shannon C.E., Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication.* Urbana, Univ. Illinois Press.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G. e Rinaldi A., 1998. *Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index.* Environmetrics, 9, 329-357.

ARPAV – Dipartimento Regionale Qualità dell’Ambiente
U.O. Qualità del Mare e delle Lagune
Via Rezzonico, 41
35131 Padova – Italy
Tel. +39 049 7393726-727
e-mail: ooo@arpa.veneto.it



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale
Via Ospedale Civile, 24
35121 Padova

Italy

Tel. +39 049 8239 301

Fax +39 049 660966

e-mail: urp@arpa.veneto.it

e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it

www.arpa.veneto.it