

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA



DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA
(DISTAV)

CORSO DI LAUREA (V.O.) IN SCIENZE BIOLOGICHE

*MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO DEL PORTO DI GENOVA 2019-2020:
VARIABILITA' SPAZIO-TEMPORALE*

TESI DI LAUREA

RELATORE

Prof. **Povero Paolo**

Dott.sa **Castellano Michela**

Dott.sa **Spotorno Francesca**

(Servizi Ecologici Porto Genova s.r.l.)

CANDIDATO

Canepa Anna

Matricola: 672157

CORRELATORE

Prof. **Bavestrello Giorgio**

Anno Accademico 2020/2021

INDICE

Capitolo 1: INTRODUZIONE E OBIETTIVI.....	1
1.1 Qualità delle acque marine nei porti.....	1
1.2 Il porto di Genova.....	2
1.3 Scopo della tesi.....	3
Capitolo 2: MATERIALI E METODI.....	5
2.1 Area di studio.....	5
2.2 Piano di campionamento.....	7
2.3 Parametri chimico- fisici.....	10
2.4 Coliformi fecali.....	11
2.5 Azoto ammoniacale.....	12
2.6 Clorofilla-a.....	12
2.7 Parametri meteorologici.....	14
2.8 Situazione dei traffici porto di Genova nel 2019-2020.....	14
2.9 Trattamento dei dati.....	15
Capitolo 3: RISULTATI.....	18
3.1 Analisi Multivariata delle Componenti Principali (PCA) e ANOSIM.....	18
3.2 Variabilità intra- ed inter-annuale delle principali variabili chimico-fisiche e biologiche.....	23
3.2.1 Bacini Genova – Polcevera.....	23
3.2.2 Bacini Miltedo – Voltri/Prà.....	44
3.3 Variabilità spaziale lungo gradienti interno-esterno del porto.....	70
3.3.1 Transetto Genova Porto Antico.....	71
3.3.2 Transetto Foce Polcevera (Sampierdarena).....	76
3.3.3 Transetto Miltedo.....	84
3.4 Situazione dei traffici del porto di Genova: confronto 2019-2020.....	92
3.5 Piovosità mensile.....	98
Capitolo 4: DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	99

BIBLIOGRAFIA.....	111
SITOGRAFIA.....	113

1.INTRODUZIONE E OBIETTIVI

1.1 QUALITA' DELLE ACQUE MARINE NEI PORTI

La qualità delle acque marine dei porti è un tema che oggi riveste un ruolo molto importante ed è strettamente connesso all'inquinamento delle acque stesse. L'inquinamento delle acque portuali è l'effetto negativo principale dell'attuale sistema di gestione dei rifiuti/reflui in ambito portuale. I porti sono ambienti molto articolati in cui si ritrovano tutti gli inquinanti legati all'impatto antropico: produzione di rifiuti, acque reflue, emissioni di particelle in aria e in acqua, dragaggi, rumore, rilascio accidentale di sostanze pericolose. Le fonti di inquinamento possono includere attività che non appartengono strettamente al porto ma vi sono legate, come industrie vicine o la stessa città che sul porto insiste (Ruggieri et al. 2011). Questo accade per le cosiddette "mega-cities," città con più di dieci milioni di abitanti, alcune delle quali, infatti, hanno un sistema di controllo della qualità delle acque portuali da più di un secolo (es. New York, Taillie et al. 2020).

La complessità del sistema portuale è dovuta a diversi fattori, sia di ordine infrastrutturale che di natura ambientale. Tra i primi ricordiamo la conformazione stessa del bacino portuale, formato da banchine, moli, frangiflutti; tra i secondi si possono considerare l'azione del vento e del moto ondoso, le caratteristiche idrogeologiche e la distribuzione del sedimento di fondo, lo sbocco a mare dei fiumi e torrenti. Questi sono tutti i fattori che influenzano la circolazione della massa d'acqua e possono provocare soprattutto nella parte più interna del bacino, rallentamento della circolazione, eutrofizzazione ed anossia.

Ovviamente anche le attività di dragaggio, eseguite allo scopo di mantenere profondità agibili alle navi, hanno impatto sulla qualità della colonna d'acqua in quanto riportano a quote più superficiali sedimenti profondi, contaminati da metalli e sostanze inquinanti (Cutroneo et al. 2017).

L'obiettivo del monitoraggio delle acque portuali è quello di aumentare la protezione delle stesse, fornendo agli enti preposti strumenti per migliorare la gestione delle attività portuali. Individuando infatti le eventuali criticità

ambientali nelle diverse aree, tramite un monitoraggio sistematico delle stesse si possono ottenere informazioni utili per la realizzazione di progetti di azione specifici per la rimozione o la mitigazione delle fonti di inquinamento, ad esempio per il corretto smaltimento dei rifiuti e dei reflui che insistono sugli specchi acquei portuali. Inoltre, i monitoraggi ripetuti nel tempo permettono di tenere traccia dell'evoluzione della qualità delle acque negli anni, migliorando la comprensione dei fenomeni in atto e permettendo una tempestività della risposta nella gestione dei porti, anche in un'ottica di salute pubblica (ad esempio per quanto riguarda l'inquinamento di origine fecale: Luna et al. 2019).

1.2 IL PORTO DI GENOVA

Il Porto di Genova è uno dei più antichi ed importanti approdi del bacino del Mediterraneo. Attivo fin dal V secolo a.C. e sempre al centro dei traffici nell'antichità e nel Medioevo. Il suo primato aumenta con la nascita del Comune di Genova e si espande fortemente nel periodo delle Repubbliche Marinare così come nel '500, il cosiddetto "Secolo dei Genovesi". Lo sviluppo delle attività portuali è in seguito cresciuto a fasi alterne fino ad avere un periodo di forte espansione marittima tra fine 800 ed inizio del XX secolo, con la costruzione del nuovo porto e dai successivi importanti ampliamenti nel 1919 e nel 1945. (portoantico.it 2021).

Oggi il porto mantiene la sua versatilità grazie alla presenza di terminal attrezzati per ogni tipo di traffico: contenitori, merci varie, prodotti deperibili, metalli, forestali, rinfuse solide e liquide, prodotti petroliferi e passeggeri, integrati con una industria portuale in grado di offrire servizi complementari altamente specializzati: costruzioni e riparazioni navali, tecnologia ed informatica. Nel 2016 il Governo ha rinnovato la governance del sistema portuale italiano per renderlo più efficiente e di conseguenza per aumentarne la capacità produttiva ed occupazionale, favorendo la cooperazione tra porti vicini e semplificando le procedure. (Assoporti – L'Italia dei porti 2021). Il coordinamento nazionale dei porti è stato attribuito a 16 Autorità di Sistema Portuale, guidate da un presidente, coadiuvato da board snello ed integrato nella visione europea delle reti TEN-T (reti transeuropee di trasporto). All'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale è stata affidata la gestione coordinata dei porti di

Genova, Savona e Vado Ligure che formano il più importante polo portuale italiano, capolinea nel mediterraneo del corridoio Rhone-Alpes, la porta di accesso meridionale all'Europa.

Il Porto di Genova è attualmente il più grande ed importante porto italiano, sia per la sua estensione, con 6 mln di m² di spazi a terra, 14,5 mln di m² di specchi acquei, 25 terminal e 22 km di banchine, sia per il numero di linee di navigazione, sia per la movimentazione container, sia per il profilo occupazionale. È rimasto primo per volumi totali di traffici fino al 2013, superato poi per questo indicatore dal porto di Trieste. (Assoporti.it 2021).

Per quanto riguarda il 2019, il primo dei due anni presi in esame in questa tesi, il traffico commerciale si attestava, a 68.121.113 tonnellate, la funzione industriale a 1.934.579 tonnellate, il totale container a 2.669.917 TEU ed il movimento passeggeri (traghetti e crociere) a 4.547.264 di persone.

Nel 2020, rispettivamente, questi volumi si sono ridotti, essenzialmente per le restrizioni introdotte a causa della pandemia da COVID19 a 58.456.508 tonnellate (-14.2%), 1.313.332 (-32.1%), 2.498.850 TEU (-6.4%) e 1.546.987 (-66%), con un calo anche del 20% del totale delle navi arrivate, da 8.493 nel 2019 a 6.794 l'anno successivo. (Portsofgenoa.com – Report Traffici Q4-2020).

1.3 SCOPO DELLA TESI

Oggetto di questa tesi è lo studio dei dati chimico-fisici e biologici rilevati nel biennio 2019-2020 all'interno dell'area portuale genovese, per valutare le eventuali differenze, legate alle conseguenze della pandemia da COVID-19 sulle attività portuali nel 2020.

Le rilevazioni sono state effettuate con cadenza mensile nei diversi sottobacini (Porto Antico - Sampierdarena – foce Polcevera e Multedo – Prà – Voltri) ed hanno riguardato i parametri: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, torbidità, ph, potenziale redox, clorofilla, coliformi fecali, ammoniaca.

Utilizzando due metodi di analisi multivariata, rispettivamente l'analisi delle Componenti Principali (Principal Component Analysis-PCA) ed il test globale ANOSIM, si è andati a valutare la differenza spaziale di tutti i punti stazione

prendendo in considerazione le medie annuali (gennaio-dicembre) di ciascuna delle sei variabili ottenute con sonda multi-parametrica per il 2019-2020 e mettendo a confronto gli anni tra loro.

Inoltre, per alcune stazioni, i dati dei parametri del biennio 2019-2020 sono stati confrontati con la serie storica, in cui erano stati monitorati con costanza tra gli anni 2000-2018, sia per valutare la presenza nel biennio di valori anomali rispetto alla serie storica stessa, sia per evidenziarne l'evoluzione nel tempo. Per fare ciò, sono stati anche selezionati alcuni raggruppamenti di stazioni, definiti come "transetti", all'interno dei bacini del Porto Antico, Foce Polcevera, Multedo che sono risultati essere quelli ad aver subito il maggior impatto dal punto di vista ambientale, al fine di sottolineare la variabilità spaziale dei parametri lungo il gradiente interno-esterno dei bacini nei due anni oggetto della tesi e confrontati con i dati pregressi.

2. MATERIALI E METODI

2.1 AREA DI STUDIO

Il porto di Genova è essenzialmente formato da tre parti (sub-bacini): il bacino di Genova, il terminal petroli di Multedo ed il terminal container di Voltri-Prà (Fig.2.1).

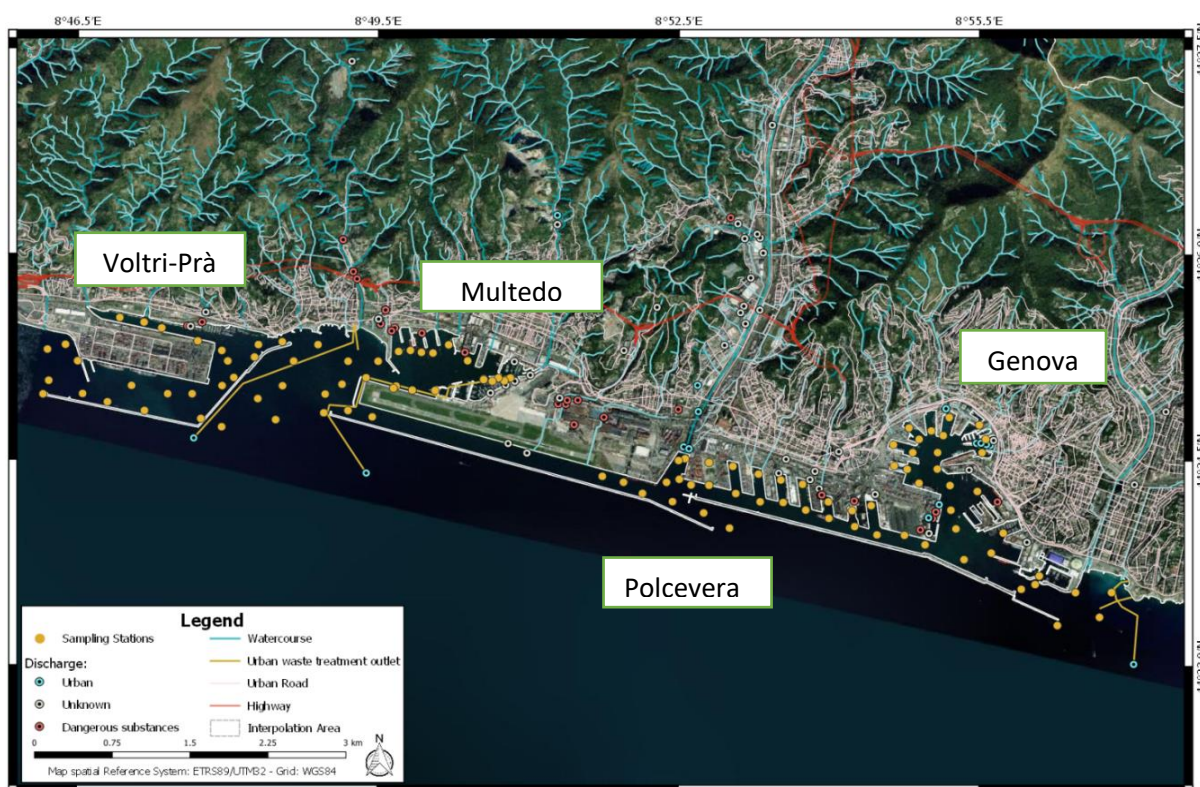


Fig.2.1 – Mappa del porto di Genova in cui sono evidenziati i principali bacini portuali e le diverse tipologie di apporti di acqua dolce e scarichi di diversa natura che insistono nel porto.

Il bacino di Genova presenta una struttura particolarmente complessa, costituita da una porzione più interna, il Porto Antico, che è poi la parte più vecchia del porto di Genova. Questa parte include al suo interno il terminal traghetti e croceristico, il porto turistico ed una zona, rimessa a nuovo anni addietro e diventata una zona turistica con al suo interno acquario, centro congressi e cinema. Le acque di questa zona hanno ricevuto negli anni grossi quantitativi di liquami ricchi in nutrienti, provenienti dalla rete fognaria della città, attraverso

un impianto di depurazione. La zona più esterna del porto, vicino all'imboccatura di levante, è sede di alcuni cantieri navali. Nella parte occidentale di questo sub-bacino troviamo invece la presenza di un depuratore che scarica direttamente nella foce del torrente Polcevera, torrente che ha trasporto solido medio di 53,920 m³/anno (Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, 2018). Questo depuratore tratta le acque provenienti dai comuni di Campomorone, Ceranesi, Mignanego, Sant'Olcese, Serra Riccò e, solo in parte Genova. L'impianto è stato recentemente adeguato a consentire anche il trattamento del percolato proveniente dalla discarica di Scarpino (comune di Genova). Oltre quest'ultimo, sono censiti in tutto 27 scarichi industriali in corso d'acqua, molti costituiti da sole acque di raffreddamento o di dilavamento. Le attività originanti tali reflui sono di diverso tipo, alcune legate alle cave, altre ancora alla produzione di pitture o di apparecchiature meccaniche, oltre a distributori ed autolavaggi; sette di questi scarichi recapitano direttamente nel torrente Polcevera. Infine, sul bacino del torrente Polcevera, insistono molti altri tipi di attività antropiche, come attività zootecniche ed agricole, nonché aree sportive e ricreativo-turistiche e reti stradali e ferroviarie (Comune di Genova, 2017).

Procedendo verso ponente troviamo in successione l'insediamento delle Acciaierie ex ILVA e i cantieri navali di Sestri Ponente (Fincantieri), uno dei centri cantieristici più importanti d'Italia e del Mediterraneo. Nel bacino di Multedo è presente la foce del torrente Chiaravagna che riceve il percolato della più grossa discarica di rifiuti della città di Genova (discarica di Monte Scarpino). Dall'anno 2000 le acque di percolazione provenienti dalla discarica di Scarpino sono state fatte confluire nel depuratore di Cornigliano. Successivamente, dal 2004 queste acque sono state convogliate in un unico scarico nel torrente Polcevera.

Nel terminal petroli di Multedo, uno dei terminal più importanti d'Italia e del Mediterraneo, vengono trattati petrolio e suoi derivati. Il ruolo del terminal petroli è quello di trasferire i prodotti petrolchimici dalle navi petroliere ai depositi e raffinerie nell'entroterra. Il terminal di Multedo è protetto dal mare aperto da un lungo sistema di frangiflutti.

A levante del Porto di Multedo, nel 2011, è stato costruito il porto turistico di Marina-Genova Aeroporto, una marina che offre più di 500 posti barca e con una parte riservata ad abitazioni e ristoranti. Questo porto turistico è stato realizzato a ridosso del riempimento su cui è costruita la pista dell'aeroporto Cristoforo Colombo, lunga di 2916 m e scalo di voli nazionali ed internazionali.

Il bacino di Voltri-Prà, invece, ospita un importante terminal container, con una superficie di 2,1 km². In questo sub-bacino non sono presenti scarichi di acque

dolci importanti, fatta eccezione per piccoli torrenti che possono diventare significativi, per le loro acque reflue, solo in conseguenza di forti precipitazioni. (Ruggieri et al. 2011).

Per quanto riguarda i venti che interessano la città ed il Porto di Genova, questi provengono da due direzioni principali: NE (il vento più frequente) e SE, con una velocità media di 3,1 m/sec da entrambe le direzioni. Il porto di Genova è posto al centro della costa ligure: quest'area è caratterizzata dalla presenza di una corrente marina permanente con formazione di vortici che si sviluppano lungo i suoi confini. Nel porto le masse d'acqua si concentrano nella maggior parte dei casi nella parte più interna dello stesso quando il vento spira da S e fluiscono all'esterno del porto quando il vento soffia da N. Quindi quando il vento soffia da NE le correnti fluiscono per SSW lungo i canali di Sampierdarena e dell'aeroporto, con una velocità al di sopra dei 50 cm/sec. In generale, i valori delle temperature sottostanno all'influenza degli scambi con il mare aperto, mentre la salinità è più legata all'afflusso dei torrenti e dagli eventi piovosi. (Cutroneo et al. 2017).

Dagli anni 2000 il porto di Genova è stato interessato da diverse operazioni importanti di dragaggio iniziate nel 2009 e terminate nel 2014 a partire dal bacino di Genova, nel canale di Sampierdarena e foce del torrente Polcevera e nel bacino di Multedo. Gli scarichi a mare dei depuratori di Darsena e Punta Vagno sono spostati più al largo mentre il percolato della discarica di Scarpino nella foce del torrente Chiaravagna è stato convogliato nel depuratore di Cornigliano (Lavagna 2019). Ulteriori attività di dragaggio con grappi e benne sono state portate avanti anche negli ultimi anni nel Porto Antico e Sampierdarena e nel bacino di Voltri-Prà.

2.2 PIANO DI CAMPIONAMENTO

L'attività di monitoraggio e di campionamento delle acque dei corpi idrici è una misura utile per avere, in particolare per acque portuali, una visione dello stato dell'ambiente acquatico ed un supporto tecnico per il piano di risanamento delle stesse. In pratica, il fine del monitoraggio dei bacini portuali è quello di aumentare la protezione degli stessi e la conseguente realizzazione di un progetto di azione per lo smaltimento dei rifiuti e dei reflui delle acque portuali. Con l'approvazione della normativa nazionale ed europea sulle acque (D.lgs. 152/99 e s.m.i. direttiva 2000/60/CE) vengono richieste ed attuate attività di monitoraggio dei porti per rilevare lo stato di qualità ambientale di queste acque.

I porti sono da considerare sistemi ambientali semplici, paragonabili ad ambienti di tipo lagunare, influenzati dalle attività antropiche e comunque ambienti dove vivono esemplari animali, vegetali e batterici che esistono, in un certo qual modo, grazie alla presenza delle attività umane. L'attività di monitoraggio del Porto di Genova è iniziata a partire dal 1998 e dal maggio 2005 viene effettuata dalla Servizi Ecologici Porto di Genova SPA (SEPG), per conto dell'Autorità Portuale. Dal 2006 è partita la collaborazione con l'Università degli Studi di Genova (Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse-DIP.TE.RIS.), che si occupa dell'analisi, elaborazione e validazione dei dati del monitoraggio ambientale del Porto di Genova. Il rapporto annuale sullo stato delle acque portuali genovesi è fatto con lo scopo di fornire tutti i dati relativi all'anno di riferimento, per mettere in rilievo i gradienti spaziali dei parametri relativi alla qualità delle acque, in rapporto alla presenza dei reflui di acque dolci, urbani ed industriali, delle variazioni dei parametri rilevati, in rapporto alle attività umane, al succedersi delle stagioni e delle condizioni meteorologiche. I dati rilevati annualmente vengono, successivamente confrontati con quelli provenienti dai monitoraggi precedenti (serie temporali), per ricercare le possibili variazioni nel corso degli anni.

Le campagne di monitoraggio avvengono mensilmente all'interno del bacino portuale. Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua portuale sub-superficiale (temperatura, salinità ed ossigeno disciolto) vengono utilizzate sonde IDRONAUT. Dal mese di luglio 2013 vengono rilevati anche i dati di PH, Red-ox e torbidità. È stato realizzato il campionamento di circa 110 punti all'interno delle acque portuali, in parte sovrapponibili ai punti relativi ai monitoraggi precedenti al 2005 e di altri 20 punti aggiunti a partire da ottobre 2010. Questi punti aggiuntivi vengono definiti con una numerazione a partire da 120, per non confonderli con i punti già presenti nei dati storici. In 20 di questi nuovi punti vengono raccolti campioni di acqua sub-superficiale per l'analisi dell'azoto ammoniacale, dei coliformi fecali e della clorofilla-a con le metodologie standard UNICHIM (Fig.2.2).

Le campagne di monitoraggio nel 2019 e 2020 sono state svolte da Servizi Ecologici Porto di Genova (S.E.P.G.) s.r.l. con la cadenza riportata in Tabella 2.1.

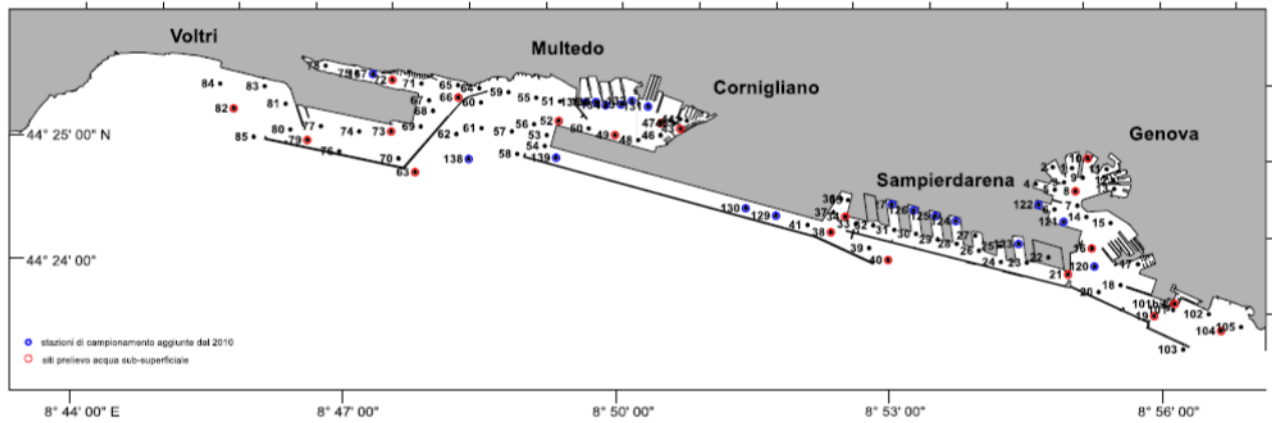


Fig. 2.2 Mappa Punti Stazione; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni di acqua sub-superficiale e in blu i punti introdotti da ottobre 2010.

Campionamento mensile	Data campionamento	Note
gen-19	22/01/2019	
feb-19	27/02/2019	
mar-19	20/03/2019	
apr-19	17/04/2019	
mag-19	22/05/2019	
giu-19	19/06/2019	
lug-19	18/07/2019	
ago-19	20/08/2019	
set-19	17/09/2019	
ott-19	29/10/2019	
nov-19	26/11/2019	
dic-19	19/12/2019	
gen-20	22/01/2020	
feb-20	18/02/2020	
mar-20	/	non effettuati causa lockdown COVID19
apr-20	28/04/2020	non prelevata acqua per Ammoniaca e Coliformi fecali
giu-20	04/06/2020	usata la media dei campionamenti di giugno
	17/06/2020	
lug-20	16/07/2020	
ago-20	25/08/2020	
set-20	22/09/2020	
ott-20	20/10/2020	
nov-20	19/11/2020	
dic-20	15/12/2020	

Tabella 2.1 – date di campionamento monitoraggio ambientale marino nell'area del Porto di Genova nel 2019 e 2020.

2.3 PARAMETRI CHIMICO-FISICI

Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, potenziale Redox e torbidità) è stata utilizzata la sonda multiparametrica Ocean Seven 316 Plus di Idronaut (Fig. 2.3) mediante profili verticali nel primo metro dalla superficie per ogni punto stazione.

La sonda multiparametrica Idronaut Ocean Seven 316 Plus contiene una elettronica avanzata e un convertitore in forma digitale da 18-bit che conferiscono alla sonda elevate accuratezza e risoluzione del sensore CTD. Questa sonda può essere utilizzata con una modalità molto conveniente per integrazioni di sistema con le boe per la rilevazione dei dati. La sonda è dotata di due connettori esterni posizionati sulla sommità che garantiscono apporto di energia esterna e scambio di dati. Inoltre, è presente una vite ad anello in acciaio inossidabile che consente l'ancoraggio ad un cavo. All'estremità opposta l'area dei sensori è protetta da danneggiamenti accidentali per mezzo di una gabbia di titanio. Il tempo di risposta dei sensori CTD (conduttività elettrica, temperatura, profondità) è di 50 ms, mentre per ossigeno, pH e Redox il tempo è 3 secondi. Per quanto riguarda la rilevazione della temperatura è fornito un software di compensazione per le variazioni della temperatura interna della sonda. Tutte le componenti elettroniche sono alloggiare in un contenitore stagno di plastica o acciaio inossidabile o titanio a seconda delle esigenze di pressione e peso. Salinità, densità e altri parametri derivati, sono calcolati automaticamente in accordo con le raccomandazioni UNESCO. (Idronaut S.r.l.,1982-2018).



Idronaut Ocean Seven 316 Plus

Tipo sensore	Range	Accuracy	Resolution
Temperatura	-3 ... +50 C	0.003 °C	0.0002 °C
Conducibilità	070 mS/cm	0.003 mS/cm	0.0003 mS/cm
Ossigeno disciolto	0 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm
pH	0.. 14 pH	0.01 pH	0.001 pH
Redox	-1000.. +1000 mV	1 mV	0.1 mV

Fig.2.3 Sonda Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus e caratteristiche dei sensori.

2.4 COLIFORMI FECALI

Il gruppo dei “coliformi fecali” rilevati in acqua marina, a cui appartiene per gran parte *Escherichia coli* e che comprende anche il genere *Enterobacter*, è strettamente correlato alla presenza di scarichi di origine fecale.

Per l’analisi microbiologica delle acque marine vengono prevalentemente utilizzate due metodologie: una a conteggio diretto, metodo della filtrazione su membrana (MF) e l’altra a matrice statistica, metodo denominato Most Probable Number (MPN).

La prima tecnica è adatta allo studio di grandi volumi d’acqua, è altamente riproducibile e consente una buona precisione del conteggio delle colonie batteriche, è poco dispendioso e veloce da effettuare consentendo di avere il risultato entro 24 h. Al contrario la metodologia MPN è meno precisa in quanto dipende da un calcolo statistico, la risposta richiede più tempo (48-96 h) ed è più costosa e laboriosa. (Bonadonna L. et al. - Istituto Superiore di Sanità, 1997).

Quindi, per l'analisi è stato utilizzato il metodo della filtrazione su membrana (MF). Con questo metodo i campioni raccolti, trasportati in contenitori refrigerati, sono stati analizzati presso il laboratorio Iren Lab entro i tempi previsti dai metodi analitici impiegati. Con questa analisi, che consiste in una prova presuntiva e in una prova di conferma, viene calcolata la concentrazione dei coliformi totali che, presenti in un campione di acqua sulla superficie di una membrana, posta su di un terreno di coltura agarizzato, hanno formato colonie tipiche prodotte dai microrganismi ricercati. Il numero di coliformi totali isolati si calcola in base al numero di colonie contate ed eventualmente sottoposte a conferma, considerando l'eventuale diluizione e riportando il valore come Unità Formanti Colonia per 100 ml di campione (UFC/100 ml). La procedura analitica viene utilizzata per acque superficiali e acque reflue anche sottoposte a trattamento. (Servizi Ecologici Porto di Genova S.r.l., 2018)

2.5 AZOTO AMMONIACALE

Le sorgenti di azoto ammoniacale provengono dal comparto agricolo e zootecnico, dalle aree urbane e da fonti provenienti dal dilavamento dei terreni determinato dalle precipitazioni atmosferiche. (ARPA Emilia-Romagna, 2019 - Report sulla qualità ambientale delle acque marine).

I campioni di azoto ammoniacale vengono raccolti in contenitori refrigerati ed analizzati presso il laboratorio Iren Lab. Per l'analisi è stata utilizzata la procedura della determinazione spettrofotometrica all'indofenolo, descritta dal manuale IRSA/CNR (Manuale IRSA/CNR sez. 4030).

L'ammoniaca per reazione con salicilato sodico e cloro forma un derivato dell'indofenolo, il quale in ambiente nettamente alcalino e in presenza di idroprussiato sodico, che agisce da catalizzatore, assume una colorazione verde-blu, misurabile spettrofotometricamente alla lunghezza d'onda di 690 nm. (Servizi Ecologici Porto di Genova S.r.l., 2018).

2.6 CLOROFILLA-a

La misurazione della concentrazione di clorofilla-a nelle acque superficiali e lungo la colonna d'acqua è molto importante perché consente di determinare

una stima indiretta della biomassa fitoplanctonica, ed è l'indicatore che mette in evidenza il livello di eutrofizzazione delle acque marine.

I campioni di clorofilla-a raccolti sono stati filtrati presso l'imbarcazione usata per i campionamenti, in seguito i filtri ottenuti sono stati elaborati ed analizzati presso il DISTAV (Università di Genova). Per l'analisi è stata utilizzata la procedura descritta nel manuale ISPRA (ISPRA 56/2010) ed è stato utilizzato il metodo spettrofluorimetrico (Holm-Hansen O. et al., 1965).

Il particolato sospeso dei campioni, contenenti clorofilla-a e pigmenti liposolubili viene concentrato in un filtro di fibra di vetro attraverso una filtrazione che permette un'estrazione a freddo dei pigmenti clorofilliani tritutando ed omogenizzando i filtri immersi in una miscela di acetone ed acqua. La provetta accuratamente chiusa con la sospensione ottenuta (10 ml di acetone al 90%) deve essere posta a 4° al buio per 24 h per completare l'estrazione.

La metodica di lettura utilizzata, mediante lo spettrofluorimetro, è quella che misura la concentrazione della clorofilla-a e dei feopigmenti, ed è quella descritta da Holm-Hansen. Questo metodo permette determinare le concentrazioni di clorofilla-a, fotosinteticamente attiva, e dei feopigmenti (feotine, feoforbidi, clorofillidi), frazione inattiva, assumendo che il rapporto tra i loro coefficienti di assorbimento specifico sia uguale a quello tra clorofilla-a e feotina-a.

La procedura di analisi prevede l'aggiunta di 50 mm³ di HCL per ogni 5 ml di estratto direttamente nella celletta dello spettrofluorimetro subito dopo le letture a 664 e 750 nm. La celletta va agitata ripetutamente ed è necessario attendere da 30 a 60 secondi prima di ripetere la lettura alle stesse lunghezze d'onda. In questo modo tutta la clorofilla-a presente nell'estratto si converte in feotina-a.

Si determina successivamente la fluorescenza dell'estratto, prima e dopo l'acidificazione e si procede a calcolare le concentrazioni di clorofilla-a e feopigmenti secondo le formule contenute nel manuale. (ISPRA, 56/2010. Metodologie di studio del Plancton marino).

Con la metodica di fluorescenza il limite inferiore di detezione della clorofilla è circa il 5% di quello richiesto per la misurazione spettrofotometrica. Grazie alla Il calcolo delle concentrazioni di clorofilla e feotina, attraverso la determinazione fluorometrica, è più veloce, affidabile e sensibile rispetto alla misurazione spettrofotometrica. (Holm-Hansen et al. 1965.)

2.7 PARAMETRI METEOROLOGICI

I dati relativi alla piovosità annuale provengono dal centro funzionale meteo-idrologico di protezione civile (CFMI-PC) e sono stati reperiti nella banca dati meteo climatica della Regione Liguria (www.cartografia.regione.liguria.it). Sono stati considerati perché possono influenzare gli apporti di acqua dolce nel sistema portuale (schematizzati nella Fig. 2.4) condizionando l'andamento delle variabili monitorate (Ruggieri et al. 2011).

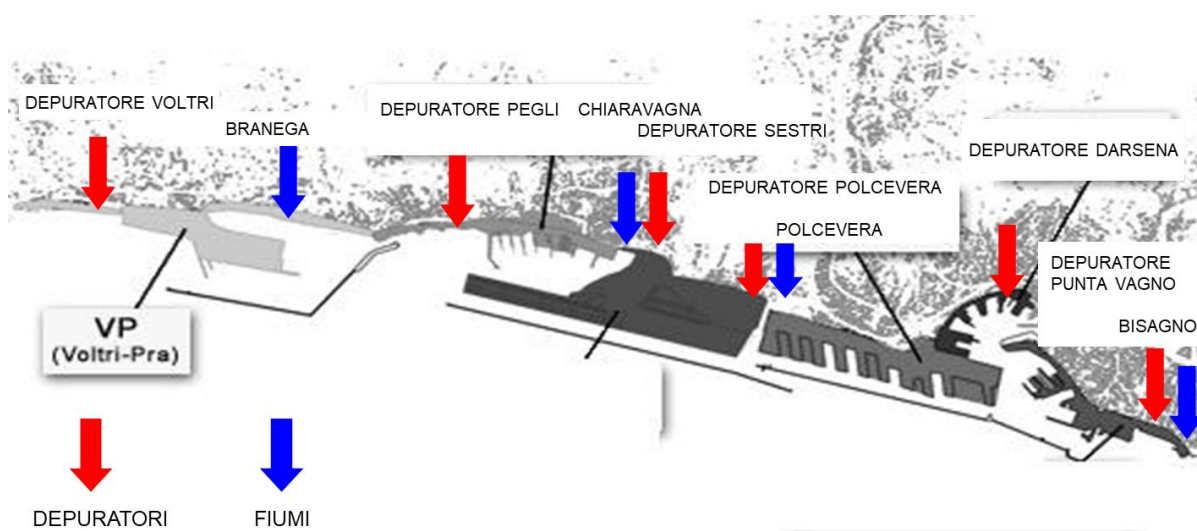


Fig. 2.4 APPORTI DI ACQUA DOLCE

2.8 SITUAZIONE DEI TRAFFICI DEL PORTO DI GENOVA NEL 2020

Per definire gli impatti dell'attività portuale nei due anni, in considerazione del grosso calo dei traffici del 2020 dovuto alla pandemia COVID19, le informazioni relative ai traffici nel porto di Genova negli anni 2019-2020 sono state reperite nel Rapporto annuale 2020 di AdS Mar Ligure occidentale (www.portsofgenoa.it).

2.9 TRATTAMENTO DEI DATI

L'analisi multivariata dei dati è stata condotta utilizzando il software PRIMER 6 β (Clarke e Gorley 2006).

Considerando i dati acquisiti con sonda multiparametrica su ciascuno dei punti stazione, si è calcolata la media annuale per il 2019 e per il 2020 (omettendo il dato mancante di marzo) e sono state eseguite delle analisi delle componenti principali (PCA) su ciascun set separato e sui due set insieme.

La PCA è un'analisi che permette di ridurre la complessità delle informazioni portate dalle variabili originali, ricombinandole in modo lineare in nuove variabili. Lo scopo dei nuovi assi (o componenti principali) è raccogliere la massima informazione possibile dalle variabili di partenza, in modo che i primi nuovi assi possano descrivere le relazioni esistenti tra i campioni di uno spazio bi o tridimensionale (invece che multidimensionale) ed agevolarne quindi l'interpretazione. La percentuale di varianza spiegata per ciascun nuovo asse descrive la variabilità dell'informazione nello spazio originale, e l'analisi è meglio riuscita quanto più la somma cumulata della varianza nei 2 o 3 nuovi assi è alta. In questo lavoro si è scelto di passare da uno spazio a 6 dimensioni (6 variabili chimico-fisico-biologiche) ad uno spazio a 2 dimensioni dove riportare le prime 2 componenti principali per investigare le differenze spaziali tra le stazioni dei diversi bacini in ciascun anno e le differenze interannuali, quando eseguite sul dataset dei due anni insieme.

Le differenze, nelle caratteristiche fisico-chimico-biologiche dei diversi punti stazione nei diversi bacini portuali o anni, sono state, inoltre, analizzate attraverso l'Analysis of similarities (ANOSIM), ossia una procedura non parametrica di interferenza statistica che consente di verificare se le differenze fra due o più gruppi (definiti a priori) di osservazioni multivariate sono significative o meno. (Clarke, 2006).

Questa procedura permette quindi di verificare l'ipotesi nulla H_0 per la quale non ci differenze tra i gruppi. La procedura ANOSIM risulta di più ampia e robusta applicazione in campo ecologico (non essendo legata alla normalità nella distribuzione dei valori). Il test ANOSIM è stato effettuato sempre sulle distanze euclidee, trattandosi di dati ambientali, dopo aver normalizzato i dati. Questo test è basato sul calcolo della statistica R (compreso tra -1 e 1) dove valori positivi di R indicano che le distanze tra i gruppi sono maggiori di quelle all'interno dei gruppi, valori vicini allo 0 indicano che non ci sono differenze tra e all'interno dei gruppi, e valori negativi che indicano maggiori differenze all'interno dei gruppi

piuttosto che tra i gruppi. Per testare la significatività della statistica R, si confronta il valore osservato con una distribuzione empirica dei valori della stessa statistica ottenuti permutando aleatoriamente righe e colonne della matrice analizzata un numero molto elevato di volte (ciò equivale a riassegnare ciascuna osservazione ad un gruppo a caso). Se il valore osservato di R è maggiore del 95% (o del 99%) dei valori ottenuti con le permutazioni casuali della matrice analizzata, si può concludere che esso sia significativo e quindi rigettare l'ipotesi nulla H_0 accettando l'ipotesi alternativa H_1 che afferma che esistono differenze tra i gruppi di osservazioni.

Si sono quindi definiti a priori quattro raggruppamenti delle stazioni per bacini portuali (considerando quanto già fatto su dataset precedenti il monitoraggio del porto di Genova – Ruggieri et al. 2011 e nella tesi triennale di Lavagna I. 2020): Genova, Polcevera, Mulledo e Prà-Voltri, e due raggruppamenti per ciascuno dei due anni 2019 e 2020.

Sono state poi analizzate nel dettaglio le 20 stazioni “complete”, quelle in cui vengono effettuate le analisi chimico-biologiche. Sono stati analizzati i risultati nei due anni per i parametri già presi in considerazione negli anni precedenti: clorofilla, ammoniaca e coliformi fecali, più temperatura, salinità e ossigeno disciolto. Per ciascuna stazione e ciascuno di questi parametri, tenendo conto della serie storica dei dati dal 2000 al 2020, sono stati individuati i valori soglia, al di sotto e al di sopra dei quali (outlier_min e outlier_max, rispettivamente, Tabelle 2.3 e 2.4) un dato valore è da considerarsi distante dagli altri della serie, cioè un valore anomalo o *outlier*. La formula utilizzata è stata:

outlier_min= $Q1 - (SI * 1.5)$ e outlier_max= $Q3 + (SI * 1.5)$,

dove Q1 è il primo quartile della serie, Q3 è il terzo quartile, SI è lo scarto interquartile (cioè la differenza tra Q3-Q1).

	10		8		16		19		21	
	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max
Temperatura	2.09	34.63	1.12	35.83	1.65	35.17	1.30	36.06	1.83	36.04
Salinità	27.90	42.90	34.87	39.15	36.18	38.65	36.26	38.81	36.33	38.76
Ossigeno disciolto %	43.51	109.25	64.73	107.07	71.30	110.23	73.19	111.13	72.29	111.35
Ammoniaca	-2.78	5.72	-135.28	225.70	-0.16	0.39	0.01	0.13	-0.03	0.18
Coliformi fecali	1.90	5.99	0.51	5.28	0.24	4.44	-1.15	4.58	-0.95	4.26
Clorofilla	-1.23	2.80	-1.39	3.08	-1.17	2.75	-0.68	1.85	-1.06	2.57
	34		38		40		101		104	
	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max
Temperatura	1.76	36.38	0.93	36.55	1.04	36.48	1.57	35.65	1.40	35.87
Salinità	31.91	40.66	31.48	40.92	35.65	39.15	36.24	38.83	35.03	39.58
Ossigeno disciolto %	58.53	114.40	66.63	112.16	73.63	110.99	74.42	109.89	78.55	107.50
Ammoniaca	-1.21	2.26	-0.60	1.21	-0.06	0.23	0.05	0.05	-0.18	0.43
Coliformi fecali	0.50	6.42	-0.14	6.29	-1.12	5.33	-1.03	4.38	-1.15	6.03
Clorofilla	-0.74	2.08	-0.80	2.13	-0.55	1.61	-0.63	1.78	-0.59	1.48

Tabella 2.3 – valori soglia (outlier_min e outlier_max) calcolati per ciascuna stazione “completa” dei bacini Genova e Polcevera rispetto alla serie storica 2000-2020 per temperatura, salinità, ossigeno disciolto, ammoniaca, coliformi fecali e clorofilla.

	43		47		49		52		63	
	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max
Temperatura	1.70	35.56	1.08	36.25	1.11	36.04	1.09	36.07	1.13	36.15
Salinità	34.04	39.17	34.81	39.24	35.94	38.79	35.58	38.96	35.82	39.13
Ossigeno disciolto %	59.03	111.78	63.72	112.84	69.40	115.80	73.47	110.42	79.23	110.09
Ammoniaca	-0.78	1.43	-0.40	0.80	-0.07	0.24	-0.07	0.25	0.02	0.10
Coliformi fecali	-1.22	6.83	-2.06	6.10	-0.83	4.04	-1.43	5.06	-0.98	4.31
Clorofilla	-1.10	3.25	-1.00	2.97	-1.04	2.87	-0.99	2.61	-0.61	1.85
	66		72		73		79		82	
	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max	outlier_min	outlier_max
Temperatura	0.60	36.68	-0.01	37.08	1.06	36.11	0.85	36.25	1.39	36.04
Salinità	35.47	39.17	35.49	38.82	36.10	38.92	36.42	38.92	36.61	38.90
Ossigeno disciolto %	73.89	111.32	72.71	112.39	75.20	113.72	76.86	111.85	78.85	110.45
Ammoniaca	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coliformi fecali	-0.28	3.13	-0.14	2.90	0.49	1.86	1.00	1.00	1.00	1.00
Clorofilla	-0.60	1.97	-0.67	2.45	-0.44	1.87	-0.17	1.33	-0.29	1.25

Tabella 2.4 – valori soglia calcolati per ciascuna stazione “completa” dei bacini Multedo e Prà-Voltri rispetto alla serie storica 2000-2020 per temperatura, salinità, ossigeno disciolto, ammoniaca, coliformi fecali e clorofilla.

Infine, in ciascun bacino, sono state selezionate alcune delle stazioni “complete” su transetti che vanno dalla parte più interna dei bacini all’esterno (o all’imboccatura del porto), basandosi sui risultati delle PCA e per confrontare quanto fatto in precedenza sulla serie storica. Per questa analisi, si è scelto di trascurare il bacino di Prà-Voltri, in quanto quello meno soggetto a impatti e variabilità.

3. RISULTATI

3.1 Analisi Multivariata delle Componenti Principali (PCA) e ANOSIM

L'analisi delle Componenti Principali sulle medie annuali (gennaio – dicembre) di tutti i punti stazione delle sei variabili, acquisite con sonda multiparametrica nel 2019 (Fig.3.1), evidenzia la maggiore variabilità sul primo componente (varianza spiegata 52,4%), dovuta, in particolare, ad un aumento di Temperatura, PH, Ossigeno Disciolto e Potenziale Redox dalla parte più interna del Porto Antico, alla foce Polcevera e ai bacini Multedo e Prà-Voltri. Potenziale Redox, Ossigeno Disciolto e PH sono altamente correlati tra loro. Sul secondo componente (varianza spiegata 18,3%) pesano le variabili salinità e torbidità che separano alcuni gruppi di stazioni del bacino di Genova e del bacino di Prà-Voltri dalle altre.

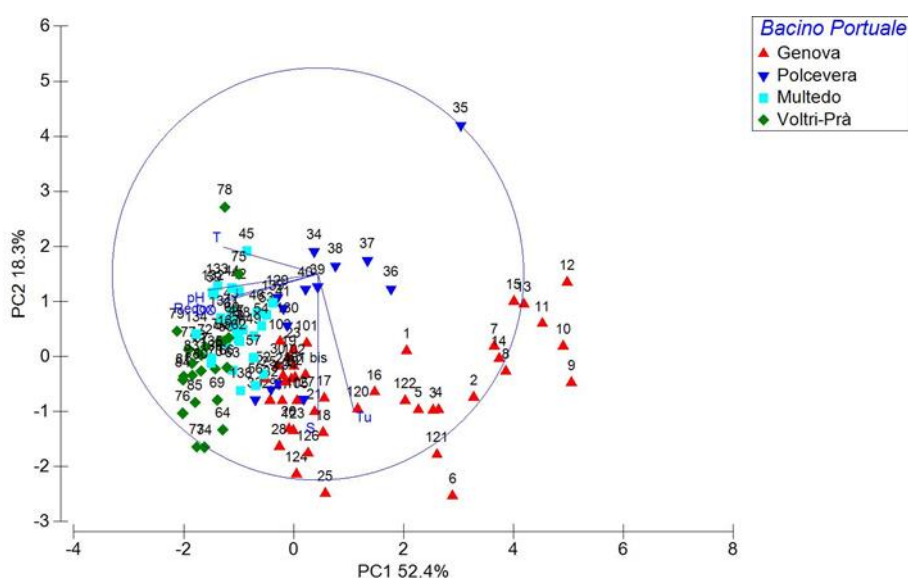


Fig. 3.1 – PCA medie annuali 2019 – 6 variabili sonda multiparametrica (T – temperatura, S – salinità, PH, Redox, DO – ossigeno disciolto, TU – torbidità).

Il test globale ANOSIM mostra una moderata differenza tra tutti i bacini portuali (Global R 0,325, $p=0,001$), che si accentua quando si confronta la foce del Polcevera con il bacino di Multedo e Prà-Voltri (R statistic > 0,5, $p=0,001$; Tabella 3.1).

Tabella 3.1 – ANOSIM Pairwise Tests: confronto tra medie annuali del 2019 nei diversi bacini portuali

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number \geq Observed
Genova, Polcevera	0.174	2.9	Very large	999	28
Genova, Multedo	0.353	0.1	Very large	999	0
Genova, Voltri-Prà	0.369	0.1	Very large	999	0
Polcevera, Multedo	0.67	0.1	Very large	999	0
Polcevera, Voltri-Prà	0.579	0.1	Very large	999	0
Multedo, Voltri-Prà	0.246	0.1	Very large	999	0

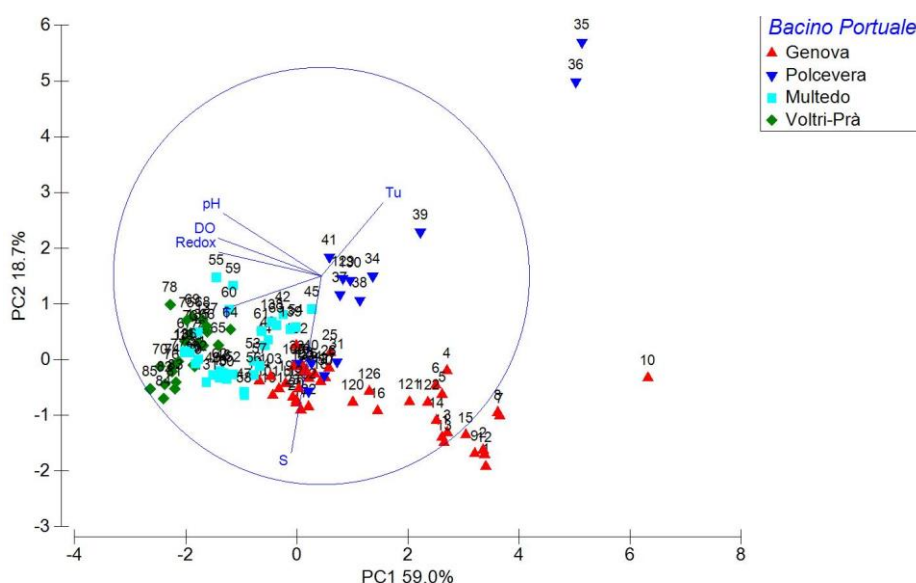


Fig. 3.2 – PCA medie annuali 2020 – 6 variabili sonda multiparametrica (T – temperatura, S – salinità, PH, Redox, DO – ossigeno disciolto, Tu – torbidità).

La PCA di tutti i punti stazione delle sei variabili acquisite con sonda multiparametrica nel 2020 (media annuale, Fig.3.2), mantiene una differenza spaziale secondo i bacini molto simile all'anno precedente, anche se con alcune differenze. Sul primo componente (varianza spiegata 59,0%) pesano temperatura, PH, ossigeno disciolto e potenziale Redox e sul secondo componente (varianza spiegata 18,7%) salinità e torbidità, che risultano inversamente correlate, indicando la principale causa della torbidità nell'arrivo delle acque dolci torrentizie o degli scarichi di quel tratto di corrente. In particolare, le stazioni più interne alla foce del Polcevera si discostano dalle altre

per elevata torbidità e bassa salinità, ma la maggior parte del bacino del Polcevera si discosta dagli altri su questa componente.

Il test globale ANOSIM condotto per il 2020 mostra una differenza tra tutti i bacini portuali leggermente maggiore che nell'anno precedente (Global R 0,9, $p=0,001$). Si osserva (Tabella 3.2) in particolare grande differenza tra il bacino di Prà-Voltri e la foce del Polcevera ($R<0,8$) ma anche tra il bacino di Prà-Voltri ed il bacino di Genova, e tra la foce del Polcevera ed il bacino di Multedo (per entrambi $R>0,5$).

Per entrambi gli anni, il bacino di Multedo mostra un'elevata omogeneità, così come il bacino di Prà-Voltri, in particolare per il 2020. Al contrario, il bacino di Genova e della foce del Polcevera mostrano un'elevata variabilità intra-bacino in entrambi gli anni, ma nel 2020 si discosta in particolare solo la stazione 10.

Tabella 3.2– ANOSIM Pairwise Tests: confronto tra medie annuali del 2020 nei diversi bacini portuali

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number \geq Observed
Genova, Polcevera	0.229	0.7	Very large	999	6
Genova, Multedo	0.37	0.1	Very large	999	0
Genova, Voltri-Prà	0.553	0.1	Very large	999	0
Polcevera, Multedo	0.58	0.1	Very large	999	0
Polcevera, Voltri-Prà	0.812	0.1	Very large	999	0
Multedo, Voltri-Prà	0.119	0.3	Very large	999	2

Analizzando i due anni insieme (Fig. 3.3) le principali differenze sono evidenziate tra bacini sul primo componente principale (varianza spiegata 46,1%), dove pesano temperatura, PH, ossigeno disciolto ed in parte potenziale Redox, ma le differenze tra i due anni (ANOSIM Global Test – R: 0,348; $p=0,001$) sono evidenziate sul secondo componente principale (varianza spiegata 22,7%), dove pesano, in particolare, la torbidità ed in parte il potenziale Redox e, che risultano più bassi in generale nel 2020. La salinità poco contribuisce a differenziare i punti stazione nei due anni.

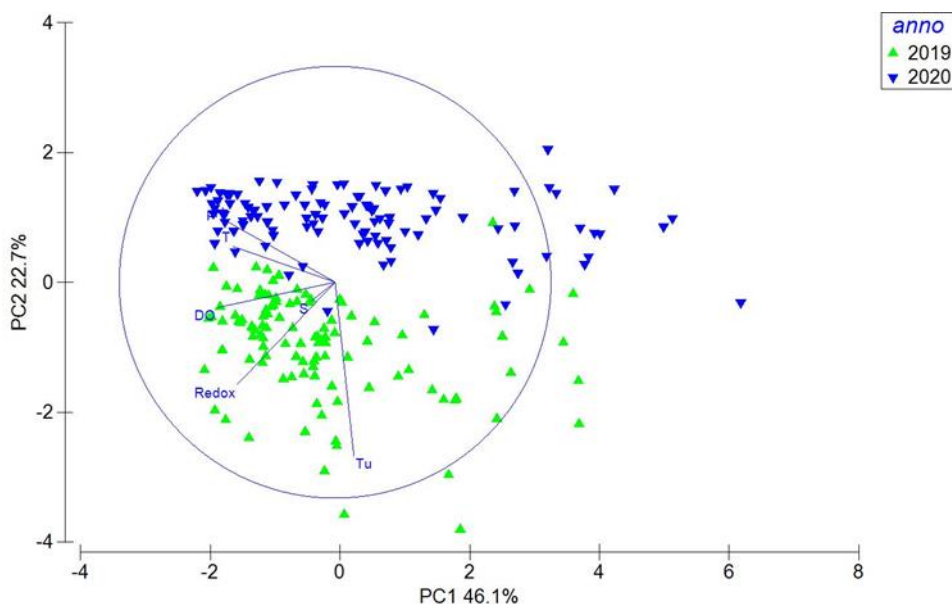


Fig. 3.3 – PCA media annuale 2019 (verde) e 2020 (blu) – 6 variabili sonda multiparametrica (T – temperatura, S – Salinità, PH, Redox, DO – ossigeno disciolto, Tu – torbidità).

La torbidità annuale nel 2020 risulta minore in tutti e quattro i bacini (Fig. 3-4 – 3.7), in particolare a Genova (con eccezione della stazione 10 che è simile all’anno precedente) e a Prà-Voltri.

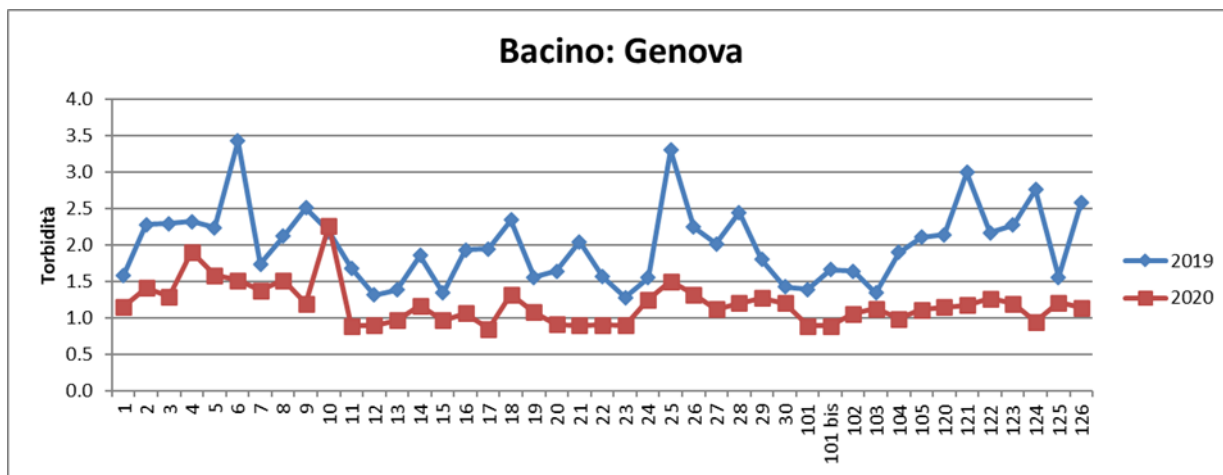


Fig. 3.4 – Media annuale torbidità (NTU) per i punti stazione del bacino di Genova per gli anni 2019 e 2020.

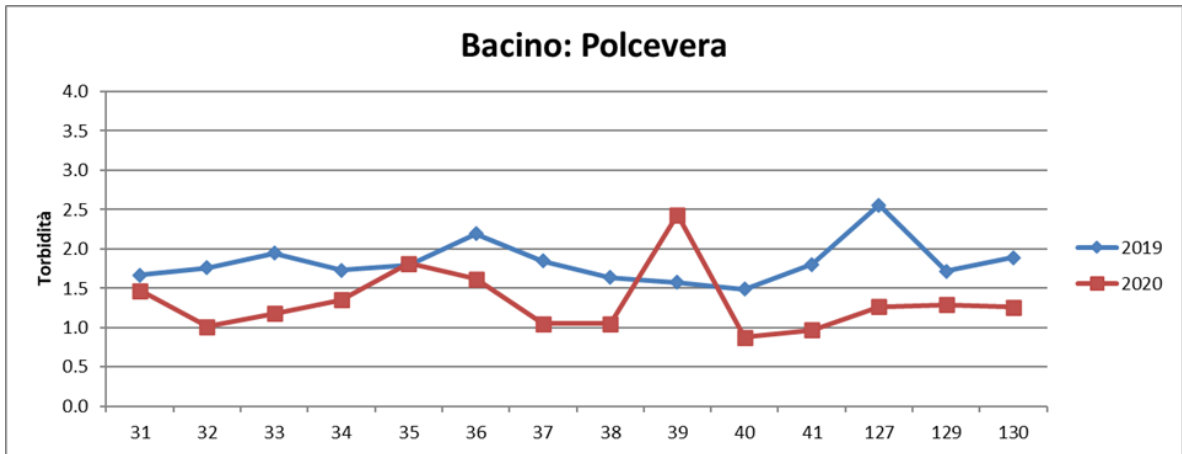


Fig. 3.5 – Media annuale torbidità (NTU) per i punti stazione del bacino della foce del Polcevera per gli anni 2019 e 2020.

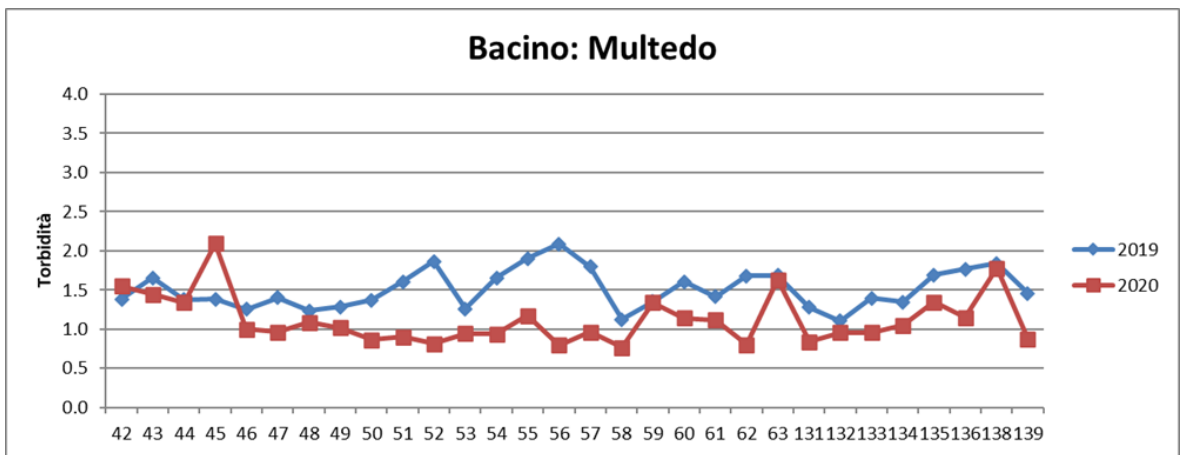


Fig. 3.6 – Media annuale torbidità (NTU) per i punti stazione del bacino di Multedo per gli anni 2019 e 2020.

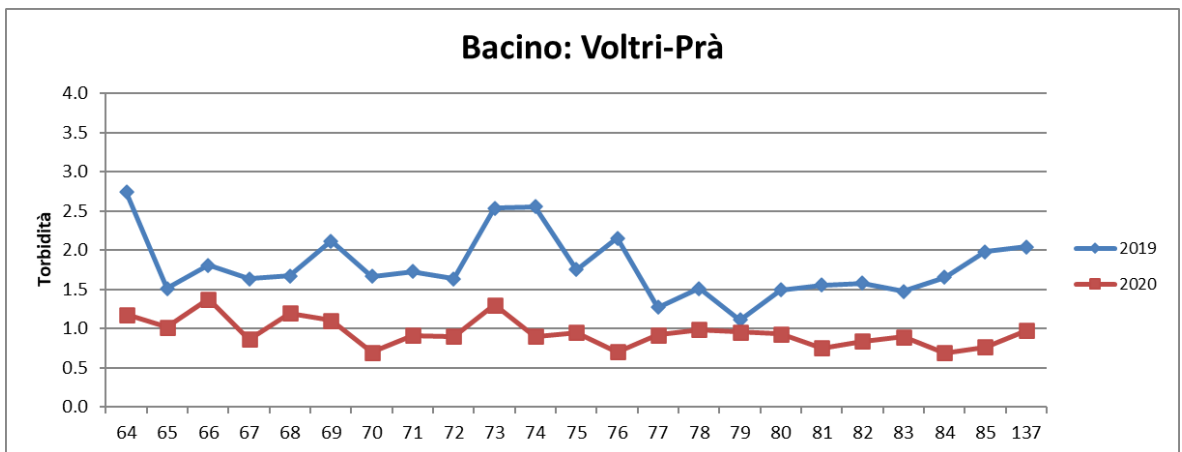


Fig. 3.7 – Media annuale torbidità (NTU) per i punti stazione del bacino Prà-Voltri per gli anni 2019-2020.

3.2 Variabilità intra- ed inter-annuale delle principali variabili chimico-fisiche e biologiche

In questo paragrafo sono stati presentati i dati mensili delle venti stazioni (10 nei bacini Genova e Polcevera e 10 nei bacini Mulledo e Voltri), prese in esame anche per il rilevamento dei parametri ammoniaca, coliformi fecali e clorofilla, allo scopo di confrontare tra i due anni presi in esame, considerando sempre la variabilità dei singoli parametri nella serie storica 2000-2020.

In tutte le stazioni di monitoraggio manca, per tutti i parametri, il dato relativo al mese di marzo 2020 a causa dell'inizio del *lockdown* nazionale dovuto alla pandemia da COVID-19, che ha impedito il rilevamento dei dati. Inoltre, per i parametri ammoniaca e batteri coliformi manca anche il dato di aprile 2020 a causa della chiusura dei laboratori sempre a causa del *lockdown*.

3.2.1 Bacini Genova Polcevera

Temperatura

I dati di Temperatura sono presentati in Tabella 3.3. Per tutte le stazioni non sono stati rilevati valori anomali rispetto alla serie storica. La Temperatura presenta un andamento sostanzialmente sovrapponibile nel 2019 e nel 2020: per la maggior parte dei due primi trimestri sono stati registrati valori leggermente inferiori nel 2019 (da gennaio a maggio), il dato si inverte nel terzo trimestre fino al picco massimo del mese di agosto (esempi per stazione 10 e 40, Figg. 3.8-3.9). Da questo punto in poi i valori di temperatura sono pressoché identici nei vari punti mensili dei due anni. Riassumendo il ciclo annuale della Temperatura presenta valori minimi nel mese di gennaio (<14°C ad eccezione delle stazioni 101 e 104) e massimi nel mese di agosto (>26°C ad eccezione delle stazioni 8 e 16).

Tabella 3.3 – valori mensili di Temperatura (°C) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera; n.d. – non determinato.

	T-10	T-8	T-16	T-19	T-21	T-101	T-104	T-34	T-38	T-40
gen-19	12.57	11.79	12.28	13.44	12.63	13.64	13.42	13.54	12.65	12.57
feb-19	13.62	12.96	13.15	12.82	13.03	13.43	13.19	12.97	12.71	13.62
mar-19	13.69	13.71	13.63	13.58	13.63	13.64	13.73	13.71	13.75	13.69
apr-19	14.82	14.86	14.67	14.66	14.62	14.62	14.75	14.87	14.84	14.82
mag-19	15.88	16.73	16.47	16.41	16.44	16.48	16.42	16.23	16.41	15.88
giu-19	23.41	22.09	21.92	22.18	22.19	21.88	22.29	22.38	22.97	23.41
lug-19	25.64	25.15	25.05	25.44	25.12	25.56	25.66	25.29	25.24	25.64
ago-19	26.24	25.93	25.95	26.41	26.31	26.43	26.45	26.12	26.05	26.24
set-19	23.63	23.67	23.81	23.86	23.83	23.97	24.16	23.95	23.84	23.63
ott-19	20.49	20.70	20.69	20.58	20.69	20.57	20.47	20.03	20.42	20.49
nov-19	16.85	16.85	17.05	16.73	17.27	16.81	16.91	15.92	15.28	16.85
dic-19	15.61	15.54	15.76	15.65	15.75	15.75	15.79	15.56	15.76	15.61
gen-20	13.54	12.86	13.40	13.58	13.60	14.07	14.33	13.57	13.18	13.54
feb-20	14.03	14.13	13.95	13.93	13.88	13.81	13.82	14.04	14.04	14.03
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	16.55	17.06	16.86	16.75	16.79	16.45	16.51	16.84	16.71	16.55
mag-20	18.38	17.96	18.04	18.19	18.21	18.27	18.40	18.60	18.42	18.38
giu-20	21.66	21.31	21.34	21.41	21.21	21.59	22.18	20.56	21.51	21.66
lug-20	23.81	23.36	22.89	24.16	23.94	24.23	24.21	23.44	23.64	23.81
ago-20	26.28	26.24	26.24	26.42	26.45	26.36	26.29	26.21	26.19	26.28
set-20	23.27	23.98	23.86	23.99	23.92	23.89	23.99	23.49	23.56	23.27
ott-20	19.24	19.28	19.36	19.55	19.42	19.52	19.39	18.81	19.26	19.24
nov-20	17.29	16.82	17.58	18.00	17.61	17.91	17.92	17.47	16.58	17.29
dic-20	14.29	13.96	14.43	14.12	14.18	14.03	14.81	14.84	14.29	14.29

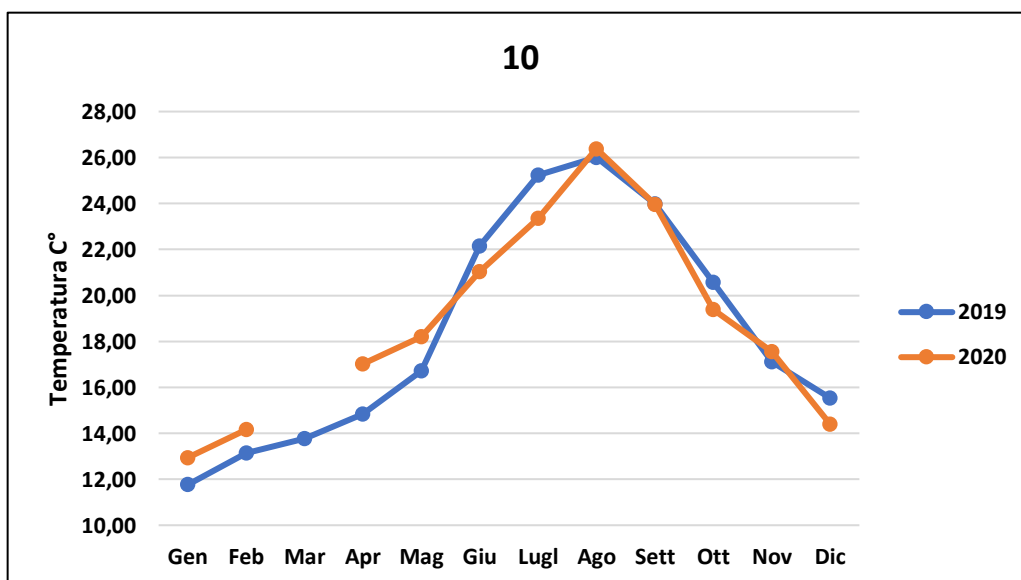


Fig.3.8 - ciclo annuale della temperatura (°C) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 10.

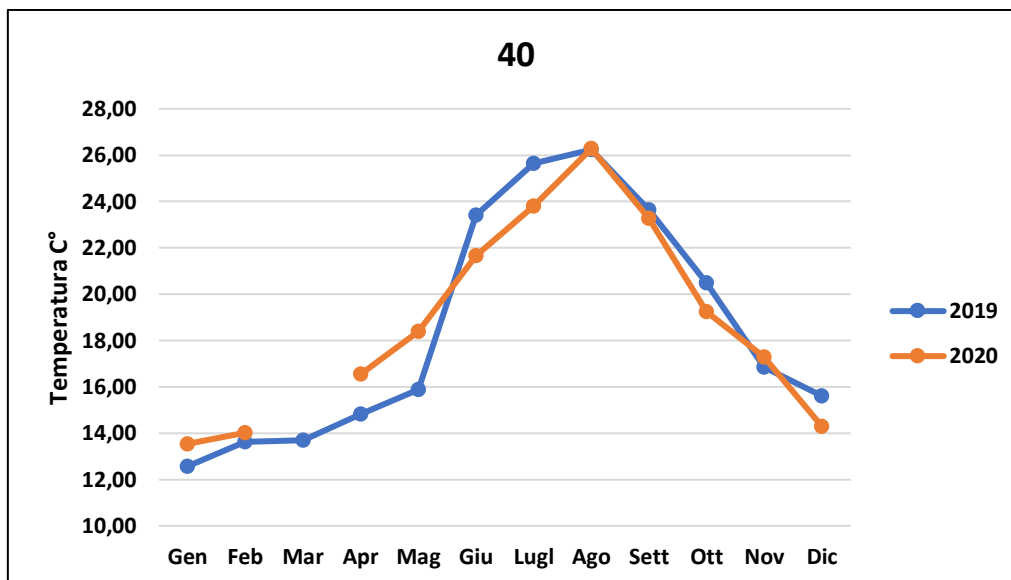


Fig.3.9 – ciclo annuale della Temperatura (°C) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 40.

Salinità

I dati di salinità sono presentati in Tabella 3.4. Nelle stazioni appartenenti ai transetti 10, 8, 16, 21 hanno un andamento sovrapponibile: per il 2019 valori uniformi intorno a 37,5 psu con minime oscillazioni da gennaio a ottobre, a novembre si assiste ad una più accentuata diminuzione del valore che poi risale a dicembre; in particolare per la stazione 16 e 21 il dato di novembre è un valore anomalo rispetto alla serie temporale 2000-2020 (Figg.3.10-3.11).

Tabella 3.4 – valori mensili di salinità (psu) nel 2019 -2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera; in corsivo grassetto i valori anomali rispetto alla serie 2000-2020; n.d. - non determinato.

	Sal. -10	Sal. -8	Sal. -16	Sal. -19	Sal-21	Sal-101	Sal-104	Sal. -34	Sal. -38	Sal. -40
gen-19	37,13	37,42	37,60	35,29	37,42	37,86	37,12	37,54	35,18	35,98
feb-19	37,51	37,39	37,52	37,23	37,56	37,71	36,32	34,61	31,44	37,97
mar-19	37,37	37,75	37,54	37,91	37,86	38,03	37,94	34,27	36,44	37,85
apr-19	37,49	37,67	37,71	37,62	37,66	37,64	37,14	35,90	35,70	35,84
mag-19	36,95	37,16	37,12	35,85	37,19	36,58	36,31	33,49	37,04	26,20
giu-19	36,29	37,33	37,37	37,22	37,18	37,35	37,25	33,06	36,63	37,26
lug-19	37,42	37,56	37,63	37,78	37,65	37,86	37,85	37,61	37,62	37,87
ago-19	37,58	37,69	37,83	37,92	37,89	37,91	37,93	37,74	37,85	37,77
set-19	37,83	38,01	38,00	38,18	38,04	38,10	38,23	38,07	38,10	38,05
ott-19	36,73	37,73	37,84	37,86	37,89	37,76	37,43	31,32	36,07	36,92

	Sal. -10	Sal. -8	Sal. -16	Sal. -19	Sal-21	Sal-101	Sal-104	Sal. -34	Sal. -38	Sal. -40
nov-19	35,32	34,53	35,95	35,69	36,33	35,70	35,92	26,58	21,93	32,97
dic-19	36,37	36,74	36,88	36,97	37,02	37,11	36,02	34,47	36,58	36,46
gen-20	36,47	37,46	37,56	37,60	37,74	37,86	37,94	37,65	34,19	36,27
feb-20	36,85	36,96	37,20	37,00	37,10	36,46	36,11	25,38	27,88	34,61
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	35,20	37,20	37,56	37,64	37,64	37,55	35,91	30,60	36,03	36,91
mag-20	37,27	37,56	37,59	37,26	37,36	37,20	37,38	36,30	32,83	37,05
giu-20	32,56	37,10	37,38	37,06	37,33	36,55	37,32	27,04	34,39	36,89
lug-20	36,67	37,66	37,71	37,92	37,98	37,86	37,88	37,17	36,02	36,41
ago-20	37,64	37,73	37,76	37,88	37,85	37,85	37,88	37,32	37,17	37,52
set-20	37,60	37,94	37,74	38,10	38,02	37,58	38,08	36,73	36,94	36,77
ott-20	37,23	37,38	37,51	37,74	37,67	37,71	37,60	33,88	37,33	37,25
nov-20	32,61	36,83	37,50	37,66	37,66	37,71	37,79	37,27	33,49	36,49
dic-20	35,43	36,77	36,88	36,66	37,09	36,15	36,13	37,24	31,80	33,56

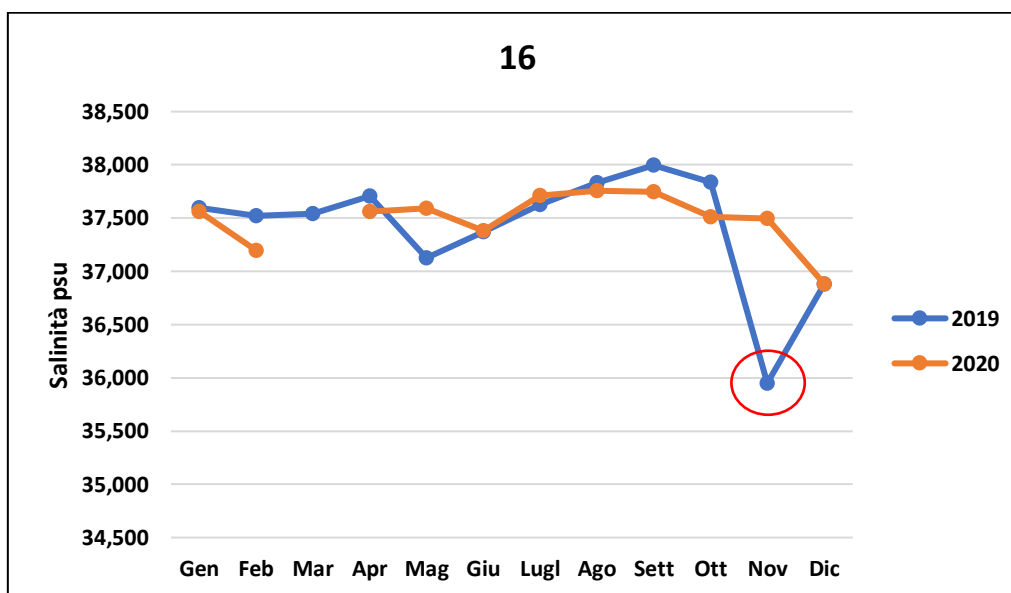


Fig.3.10 – ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e 2020 nella stazione 16.

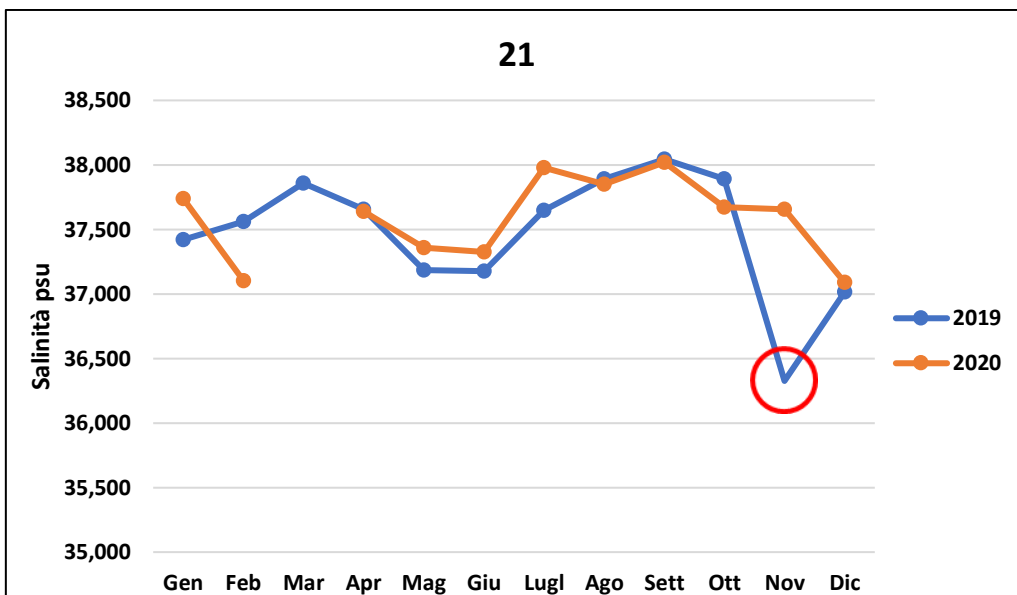


Fig.3.11 – ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e 2020 nella stazione 21.

I valori del 2020 in queste stazioni presentano un andamento ancora più uniforme, oscillando tra 37 e 38 psu con un calo nel mese di dicembre; unica eccezione la stazione 10 che presenta valori uniformi intorno a 37 psu nel 2019 con un calo a dicembre fino a 35 psu mentre nel 2020 presenta due netti cali nei mesi di giugno e novembre (Fig.3.12).

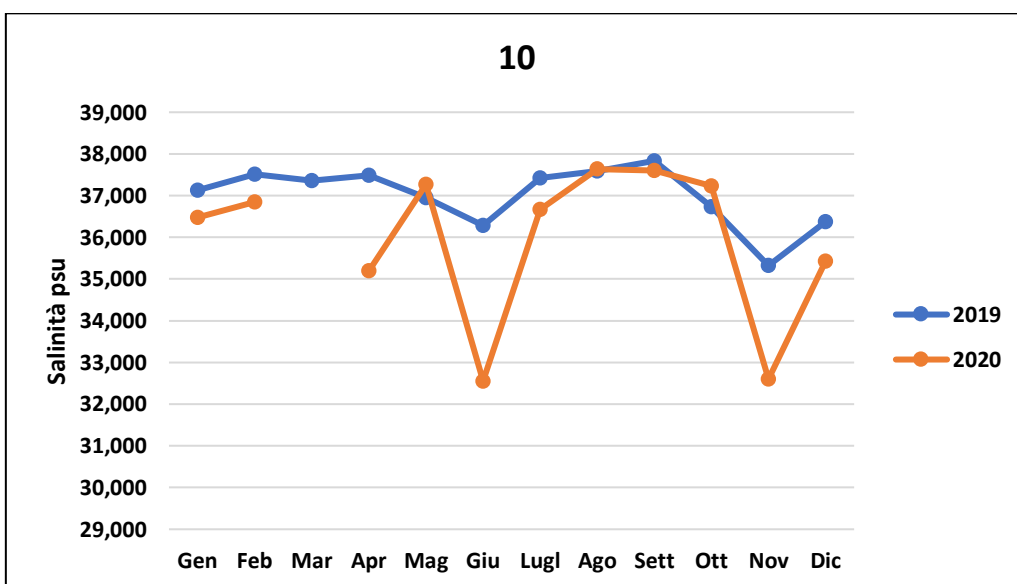


Fig.3.12 – ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e 2020 nella stazione 10.

Le altre stazioni della zona Sampierdarena-Porto antico si distinguono per la presenza di valori anomali rispetto alla serie temporale a partire dal 2000 tranne la stazione 104. In questa stazione sono stati rilevati dei cali nei mesi di febbraio, maggio, novembre 2019 e febbraio, aprile, dicembre 2020, che però non sono da considerare valori anomali rispetto alla serie storica.

Per la stazione 19 la diminuzione registrata nei mesi di gennaio, maggio, novembre 2019 raggiunge dei valori anomali rispetto alla serie temporale 2000-2020; la stazione 101 presenta nette diminuzioni nel maggio 2019 e nel gennaio e giugno 2020, inoltre i valori di novembre 2019 e dicembre 2020 sono valori anomali rispetto alla serie temporale.

Per la stazione 34 i minimi di salinità di ottobre e novembre 2019 e febbraio, aprile, giugno 2020, tutti al di sotto di 32 psu sono valori anomali rispetto alla serie temporale (Fig.3.13).

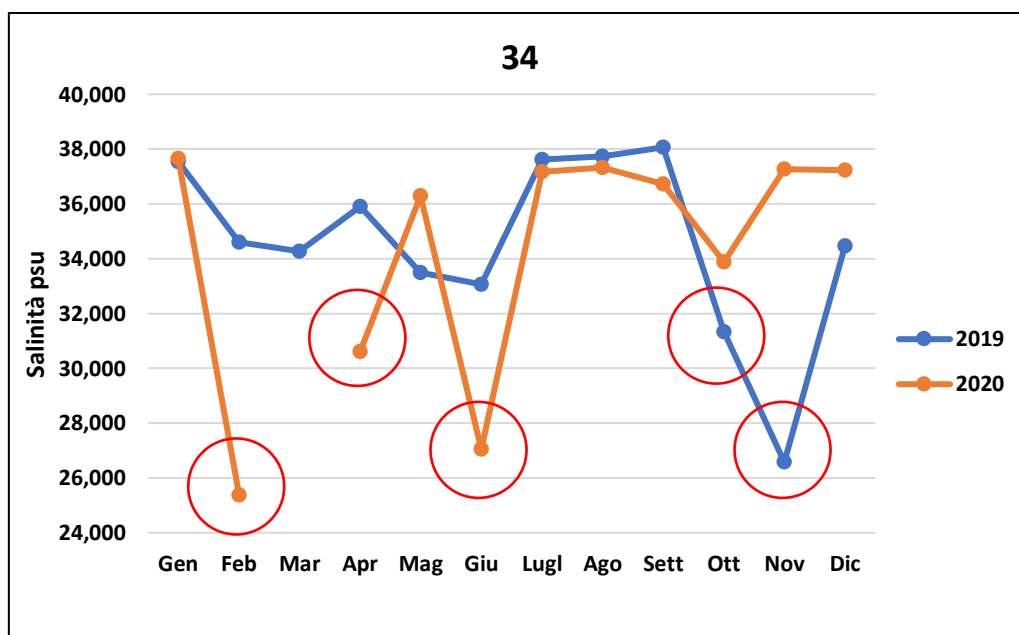


Fig.3.13 – ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e 2020 nella stazione 34.

Per quanto riguarda la stazione 38 è stato osservato un valore anomalo al di sotto di 32 psu nel mese di febbraio e di 22 psu a novembre 2019. Per il 2020 il valore anomalo si osserva nel mese di febbraio con 28 psu.

Infine, la stazione 40 presenta scarsa variabilità intra-annuale ad eccezione del valore anomalo di maggio e novembre 2019 e di febbraio e dicembre 2020.

Ossigeno disciolto

Le percentuali di ossigeno disciolto, presentati in Tabella 3.5, non mostrano valori anomali in nessuna stazione. Due stazioni, la 10 e la 34, hanno registrato variazioni del valore misurato simili tra loro e sostanzialmente differenti da quelle delle altre stazioni.

In particolare nel biennio 2019-2020 è stato registrato un calo fino ad un minimo del 60% circa a luglio 2019 per la stazione 10 e a giugno per la 34 (Figg.3.14 - 3.15), un aumento fino a un massimo del 95% circa ad agosto 2019-stazione 10 e luglio 2019-stazione 34, una diminuzione al 67% circa ad ottobre 2019 nella stazione 10 per poi risalire intorno all'80% negli ultimi due mesi mentre alla stazione 34 i valori rimangono compresi tra il 90% e il 95% circa nell'autunno-inverno 2019; infine nella stazione 34 nel 2020 si assiste a un calo al 79% a settembre seguito da un aumento a oltre il 99% a dicembre.

Tabella 3.5 – valori mensili di Ossigeno disciolto (%) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera; n.d. – non determinato.

	Oss. -10	Oss. -8	Oss. -16	Oss. -19	Oss. -21	Oss.-101	Oss.-104	Oss. -34	Oss. -38	Oss. -40
gen-19	85.3	86.8	90.4	91.8	92.8	92.9	94.9	93.0	87.3	89.3
feb-19	88.8	91.3	97.4	98.8	99.0	96.4	96.7	95.4	96.3	97.3
mar-19	88.9	92.4	95.7	95.3	95.2	97.2	96.5	93.7	94.9	96.5
apr-19	79.0	85.8	98.4	100.4	99.9	101.2	102.0	98.0	100.3	99.3
mag-19	83.9	88.2	87.1	93.4	94.6	94.0	93.7	94.8	96.2	87.1
giu-19	62.5	85.3	94.2	98.0	97.7	94.4	96.4	62.0	97.7	93.0
lug-19	57.2	72.1	82.6	91.5	87.2	87.3	89.4	95.0	92.6	90.2
ago-19	97.5	98.5	101.5	94.9	94.2	91.0	96.1	92.8	97.2	97.3
set-19	79.5	94.5	94.0	91.6	95.5	90.7	93.9	95.0	96.6	96.7
ott-19	66.9	87.1	92.3	96.9	94.5	94.5	98.9	87.7	91.8	93.0
nov-19	82.4	84.5	91.7	96.1	93.3	94.7	95.0	98.8	98.1	96.0
dic-19	74.9	86.0	92.1	92.8	91.6	94.4	97.9	93.5	94.0	94.8
gen-20	82.9	87.4	90.0	94.3	90.8	94.3	93.8	90.1	92.7	91.8
feb-20	88.37	94.35	96.53	99.30	98.33	98.67	99.33	98.78	98.20	97.70
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	67.77	74.58	87.73	89.90	89.19	91.36	91.21	82.57	86.57	88.08
mag-20	68.15	79.50	83.11	87.82	87.06	88.89	87.70	91.91	94.39	98.23
giu-20	60.13	91.57	96.68	95.27	95.84	93.63	91.89	64.66	94.06	96.97
lug-20	57.68	87.39	92.83	90.86	93.65	87.17	90.42	93.65	92.11	90.48
ago-20	65.74	74.93	81.62	86.16	84.17	84.78	82.96	86.41	82.61	83.57
set-20	68.24	82.68	79.27	86.73	84.73	85.35	86.77	76.23	80.00	79.09
ott-20	76.03	77.65	82.02	95.78	88.22	94.67	95.50	79.10	85.53	87.07
nov-20	61.29	70.86	80.95	90.86	84.38	91.52	92.73	90.19	89.06	91.60
dic-20	76.16	79.48	83.93	91.25	86.46	92.20	94.29	97.96	98.88	99.87

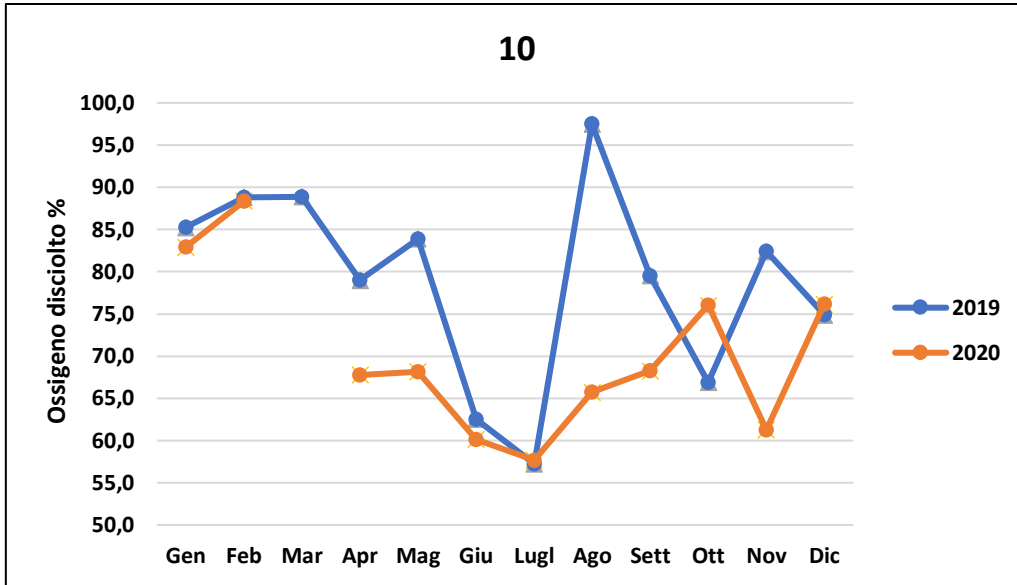


Fig.3.14 – ciclo annuale dell’Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e 2020 nella stazione 10.

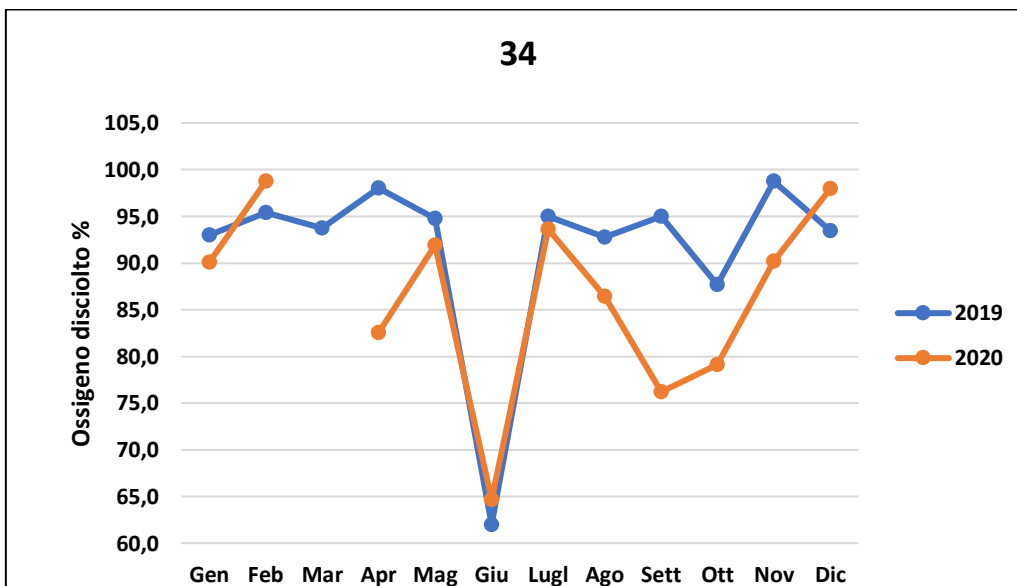


Fig.3.15 – ciclo annuale dell’Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e 2020 nella stazione 34.

Nelle altre stazioni i valori sono sempre rimasti compresi tra il 70 e il 100% nel biennio (esempio stazione 104, Fig.3.16).

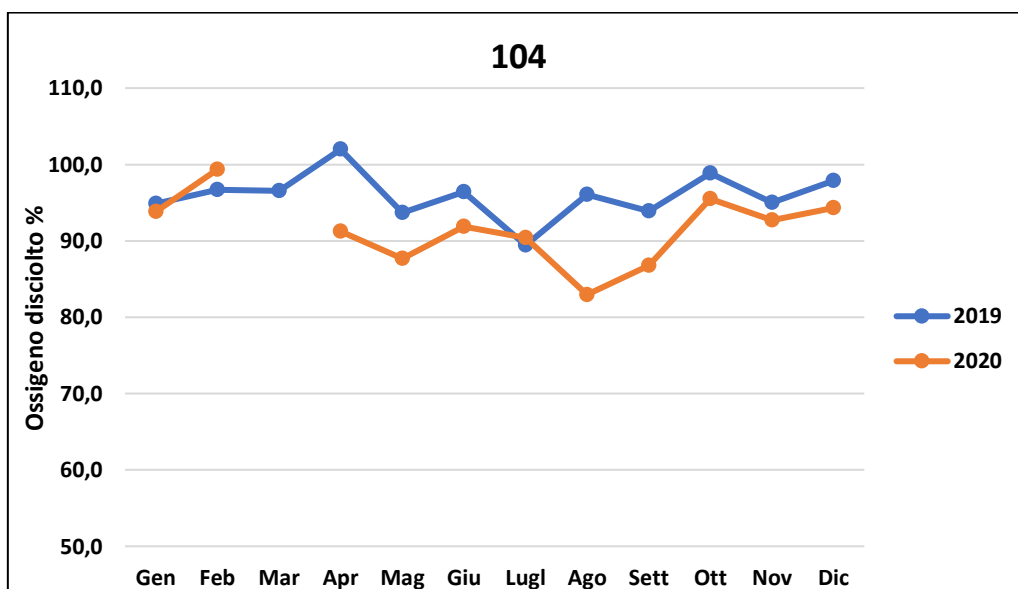


Fig.3.16 – ciclo annuale dell’Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e 2020 nella stazione 104.

Ammoniaca

Le concentrazioni di Ammoniaca (mg/l) sono riportate in Tabella 3.6.

Per le stazioni 21, 19 e 101 i valori sono rimasti sostanzialmente al di sotto del limite minimo di deteazione di 0,05 mg/l sia nel 2019 che nel 2020; analogamente la stazione 40 ha dimostrato valori al limite di 0,05 per quasi tutto l’anno sia nel 2019 che nel 2020 con l’eccezione di gennaio 2019 quando è stato registrato un valore di 0,41 mg/l e di novembre 2020 quando si è rilevato un valore di poco superiore a 0,10 mg/l (Fig.3.17).

La stazione 104 ha presentato un unico valore al di sopra del limite di deteazione a maggio 2020; la stazione 38 nel 2019 ha presentato valori costanti a 0,05 mg/l tranne che a gennaio 2019 (superando 0,5 mg/l) e ottobre 2019, mentre nel 2020

è stato sotto il livello di deteazione dello strumento solo nei mesi estivi (giugno-settembre), superando a febbraio e novembre 2020 0,10 mg/l; nella stazione 16 sono stati misurati valori al minimo per quasi tutto il 2019 tranne due rilievi a 0,07 mg/l a gennaio e a luglio mentre nel 2020 sono stati registrati valori di 0,09 mg/l a giugno, 0,07 mg/l a settembre e poi un picco a 0,19 mg/l a novembre seguito da un calo a 0,12 mg/l a dicembre.

Tabella 3.6 – valori mensili di Ammoniaca (mg/l) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera; i valori in grassetto (0,05) rappresentano i valori al di sotto del limite di rilevabilità del metodo; n.d. – non determinato.

	NH ₃ -10	NH ₃ - 8	NH ₃ - 16	NH ₃ - 19	NH ₃ - 21	NH ₃ -101	NH ₃ -104	NH ₃ - 34	NH ₃ - 38	NH ₃ - 40
gen-19	1.35	0.10	0.07	0.05	0.05	0.05		0.65	0.58	0.41
feb-19	0.15	0.27	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mar-19	0.29	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.13	0.05	0.05
apr-19	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mag-19	0.14	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.14	0.05	0.05
giu-19	4.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.33	0.05	0.05
lug-19	0.34	0.11	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ago-19	1.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
set-19	0.13	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ott-19	0.21	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.79	0.06	0.05
nov-19	0.42	0.82	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
dic-19	0.56	0.11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
gen-20	0.66	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05
feb-20	0.24	0.13	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.14	0.05
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
mag-20	0.14	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.16	0.05	0.09	0.05
giu-20	2.41	0.07	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.64	0.05	0.05
lug-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ago-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
set-20	1.59	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.44	0.05	0.05
ott-20	0.16	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.22	0.06	0.07
nov-20	4.27	0.55	0.19	0.05	0.14	0.05	0.05	0.09	0.12	0.13
dic-20	0.63	0.12	0.12	0.06	0.10	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06

La stazione 8 ha fatto registrare valori costanti nel biennio al limite minimo di deteazione da marzo a ottobre, con l'eccezione di aprile e luglio 2019 e giugno e ottobre 2020; sono stati misurati valori di 0,27 mg/l e 0,13 mg/l a febbraio rispettivamente nel 2019 e nel 2020 e di 0,82 mg/l e di 0,55 mg/l a novembre 2019 e 2020, rispettivamente.

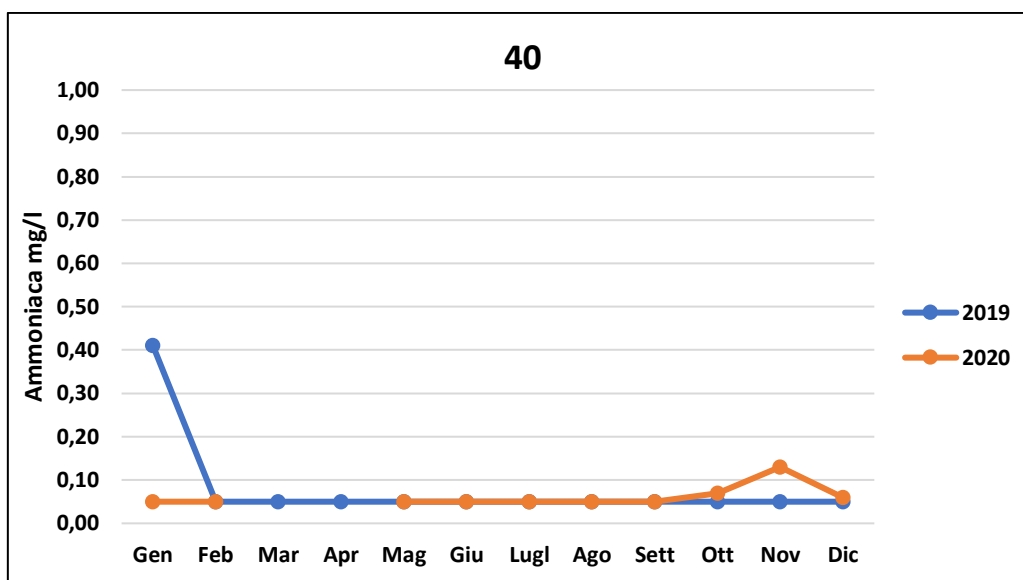


Fig.3.17 – ciclo annuale dell’Ammoniaca (mg/l) nel 2019 e 2020 nella stazione 40.

La stazione 10 mostra le concentrazioni più elevate. Ha fatto registrare a gennaio valori di 1,35 mg/l nel 2019 e di 0,66 mg/l nel 2020, il dato è rimasto di poco al di sopra del valore minimo tra febbraio e maggio; a giugno è stato registrato un primo picco a 4,20 mg/l nel 2019 (massimo annuale) e a 2,41 mg/l nel 2020; infine nel 2019 il valore è calato sotto 0,50 mg/l a luglio, risalito poco sopra a 1 mg/l ad agosto per poi ridiscendere a settembre a 0,13 mg/l e rimanere al di sotto di 0,50 mg/l nell’ultimo trimestre mentre nel 2020 è stato misurato un valore vicino al limite di detezione a luglio, agosto e ottobre con un picco di 1,59 mg/l a settembre e il massimo annuale di 4,27 mg/l a novembre seguito da un calo a 0,63 mg/l a dicembre (Fig.3.18).

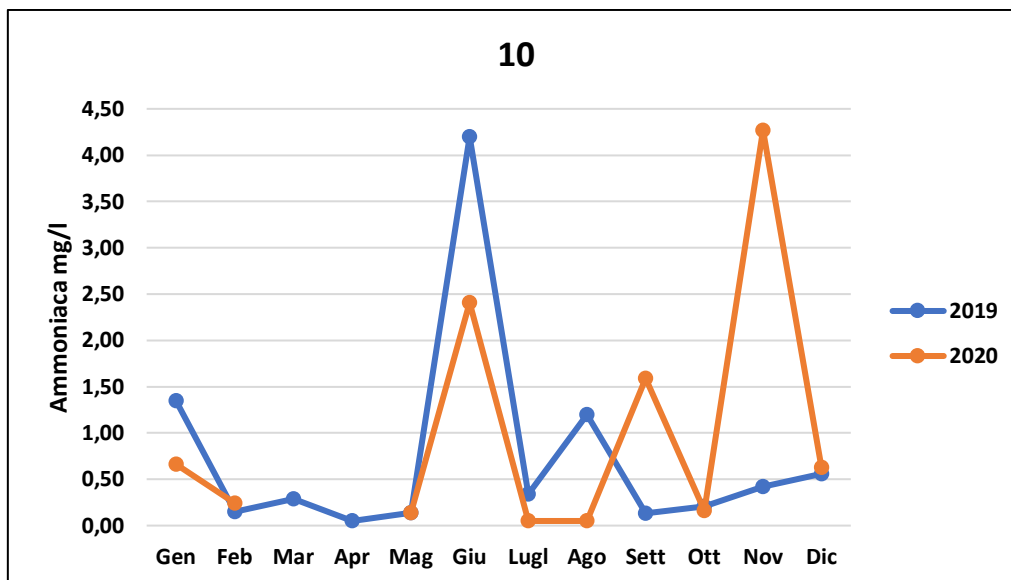


Fig.3.18 – ciclo annuale della concentrazione di Ammoniac (mg/l) nel 2019 e 2020 nella stazione 10.

Alla stazione 34 sono stati misurati valori al di sotto di 0,10 mg/l per gran parte dei due anni con tre picchi a gennaio, giugno e ottobre 2019, rispettivamente di 0,65, 0,33 e 0,79 mg/l; nel 2020 sono stati invece registrati due picchi di 0,64 e 0,44 mg/l rispettivamente a giugno e a settembre (Fig.3.19).

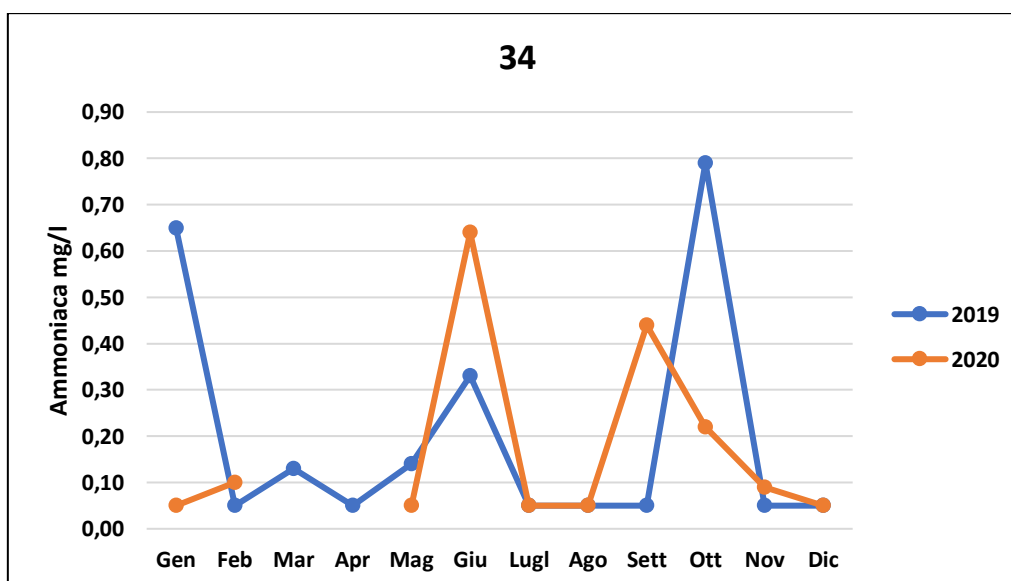


Fig.3.19 – ciclo annuale della concentrazione di Ammoniac (mg/l) nel 2019 e 2020 nella stazione 34.

Coliformi fecali

I risultati delle abbondanze batteriche sono presentati in Tabella 3.7.

Tabella 3.7 – valori mensili di abbondanza di coliformi fecali (MPN/100ml espressi in Log_{10}) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera: i valori in grassetto (1) rappresentano i valori al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (10 MPN/100ml); n.d. – non determinato

	10	8	16	19	21	101	104	34	38	40
gen-19	4.89	2.89	2.56	2.65	2.74	3.02	4.08	4.38	4.38	4.24
feb-19	3.69	4.15	2.66	1.08	2.12	2.30	2.68	3.64	3.49	1.48
mar-19	3.61	2.99	3.21	2.68	3.07	1.72	2.21	3.69	2.78	1.80
apr-19	5.15	1.88	2.77	2.13	1.49	2.50	2.39	3.03	3.27	2.76
mag-19	3.81	3.30	2.12	2.08	1.99	2.42	2.44	4.19	3.10	2.55
giu-19	5.08	2.29	2.13	1.00	1.61	1.00	1.00	3.43	1.49	1.00
lug-19	3.69	1.87	1.00	1.30	1.00	1.88	2.12	1.72	1.99	1.00
ago-19	5.08	2.16	1.72	1.49	1.30	1.00	1.00	1.30	1.93	1.61
set-19	3.64	2.30	2.27	1.61	1.61	1.00	1.00	1.00	1.00	2.67
ott-19	3.86	2.37	2.31	1.87	1.49	2.87	1.99	4.38	3.69	2.38
nov-19	4.86	3.99	3.56	2.48	2.54	2.82	3.27	3.86	4.11	3.66
dic-19	4.96	3.49	3.37	3.36	3.18	2.89	2.90	3.61	3.44	3.81
gen-20	4.69	2.76	2.38	1.49	1.80	2.20	1.30	2.49	3.86	3.07
feb-20	3.74	3.79	2.61	2.04	2.24	1.30	2.96	3.81	3.54	2.04
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
mag-20	3.66	2.56	2.17	1.93	2.16	2.18	3.42	1.61	3.38	1.00
giu-20	5.09	2.98	2.73	2.43	2.55	3.19	1.00	4.09	3.11	1.89
lug-20	4.30	3.13	2.20	1.72	1.00	3.46	3.19	2.66	2.98	2.89
ago-20	2.96	2.57	1.49	1.00	1.00	1.00	1.72	1.49	1.80	1.30
set-20	5.24	2.87	3.39	1.80	1.80	1.93	2.21	4.38	3.91	3.91
ott-20	3.51	3.27	3.01	2.12	1.98	2.34	2.45	3.01	4.38	3.32
nov-20	5.38	4.38	2.96	2.42	2.89	2.45	2.29	2.26	3.05	2.74
dic-20	4.76	2.42	3.44	2.50	3.05	2.54	2.78	2.49	3.44	3.33

Per questo parametro nel biennio 2019-2020 non sono stati rilevati valori anomali rispetto agli outliers.

Nella stazione 10, la più vicina a terra in corrispondenza del depuratore Darsena, sono stati registrati i valori più alti sia nel 2019 che nel 2020, con minime oscillazioni intra-annuali comprese tra 3,61 e 5,15 nel 2019 e tra 2,96 e 5,38 MPN/100ml – Log_{10} nel 2020 (Fig.3.20).

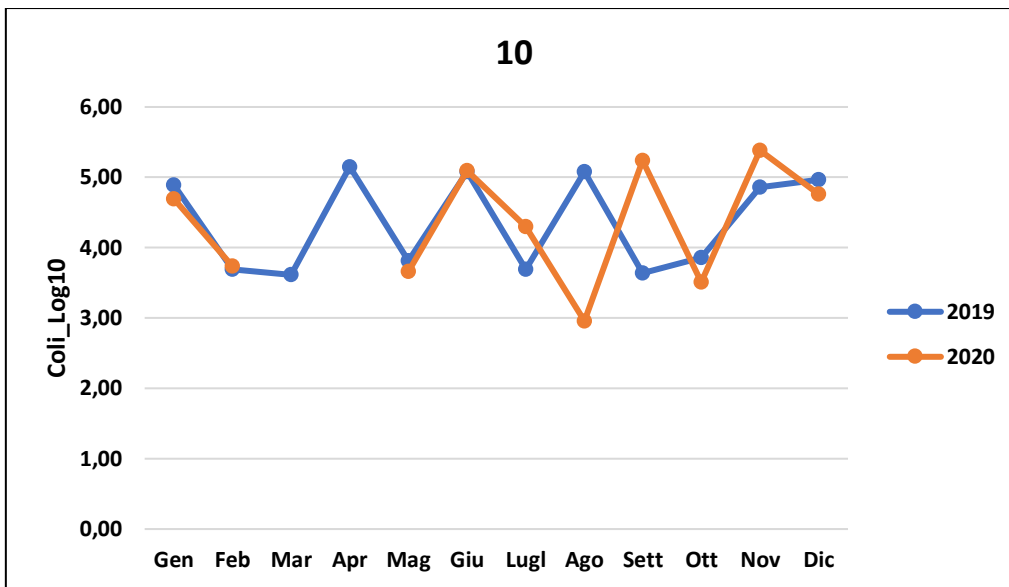


Fig.3.20 – ciclo annuale dell’abbondanza batterica (MPN/100ml -Log₁₀) 2019 e 2020 nella stazione 10.

Nella stazione limitrofa 8 è stato registrato un picco di 4,15 MPN/100ml - Log₁₀ a febbraio 2019 seguito da un minimo di 1,88 MPN/100ml – Log₁₀ in aprile e un nuovo picco a 3,99 MPN/100ml – Log₁₀ a novembre mentre nel 2020 si è rilevato un valore intorno a 4 MPN/100ml – Log₁₀ a febbraio seguito da una sostanziale stabilità del dato intorno a 3 MPN/100ml – Log₁₀ fino a ottobre per poi registrare un massimo di 4,38 MPN/100ml – Log₁₀ a novembre (Fig.3.21).

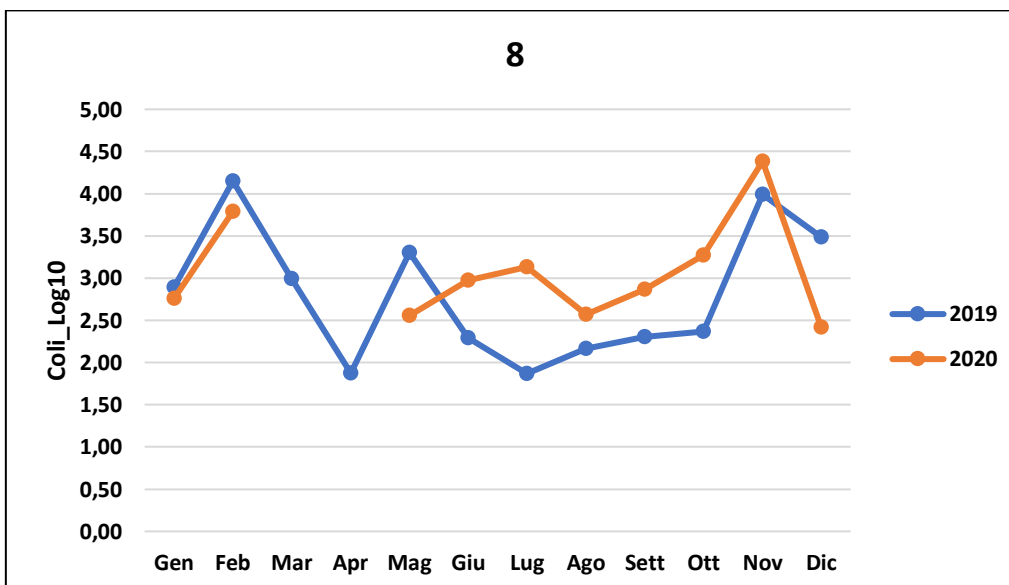


Fig.3.21 - ciclo annuale dell’abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 8.

Per le stazioni 16 e 19 invece i valori misurati hanno oscillato tra 1 MPN/100ml – Log_{10} (valore del limite di detezione) e 3,21 MPN/100ml – Log_{10} per gran parte dell'anno nel 2019 e tra 1 e 3,39 MPN/100ml – Log_{10} nel 2020, con un aumento a 3,56 MPN/100ml – Log_{10} a novembre per la 16 e 3,36 MPN/100ml – Log_{10} a dicembre per la 19 nel 2019, mentre nel 2020 l'aumento massimo è stato registrato a dicembre con 3,44 MPN/100ml – Log_{10} per 16 e 2,50 MPN/100ml – Log_{10} per la 19. Nelle stazioni 21 (Fig.3.22), 101 e 104 l'andamento dei dati misurati nel 2019 è risultato essere molto simile, con valori massimi compresi tra 3 e 4,08 MPN/100ml – Log_{10} nel primo trimestre, una diminuzione progressiva fino a raggiungere i minimi di 1 nei mesi estivi, seguita da un ritorno ai valori di inizio anno nell'ultimo quadrimestre.

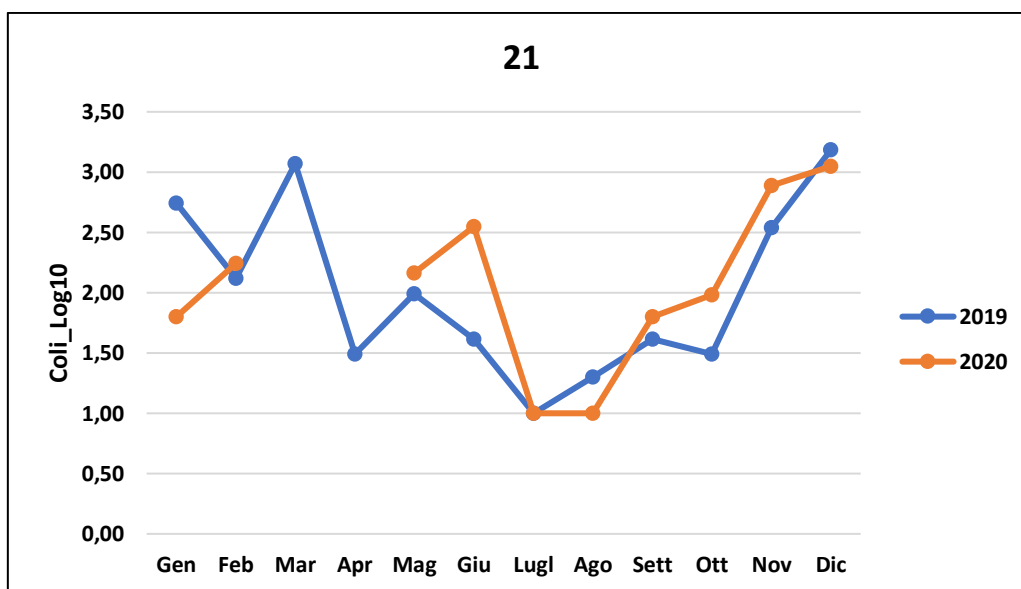


Fig.3.22 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log_{10}) nel 2019 e 2020 nella stazione 21.

Le variazioni rilevate nello stesso anno per le stazioni 34 e 38 (Fig.3.23) hanno avuto comportamento analogo dimostrando valori elevati a inizio anno a 4,38 MPN/100 – Log_{10} MPN/100ml – Log_{10} MPN/100ml – Log_{10} un calo primaverile intorno a 3 MPN/100ml – Log_{10} e un minimo annuale di 1MPN/100ml – Log_{10} a settembre seguito da un netto rialzo a 4,38 MPN/100ml – Log_{10} MPN nei mesi di ottobre-novembre.

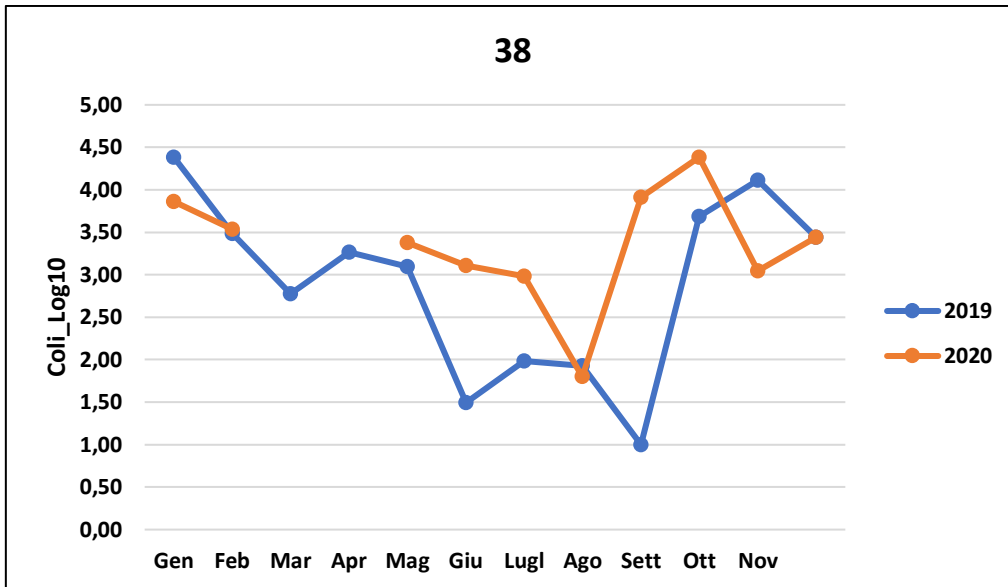


Fig.3.23 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 38.

Infine la stazione 40 (Fig. 3.24) ha evidenziato un andamento simile alle precedenti, con la sola differenza per quello che riguarda il primo trimestre, nel quale è stato registrato un valore di 1,48 MPN/100ml – Log₁₀ a gennaio con aumento a 2,76 MPN/100ml – Log₁₀ a marzo, in seguito la curva dei valori ha mostrato un comportamento analogo alle due stazioni precedenti con minimo estivo di 1 MPN/100ml – Log₁₀ e progressivo aumento fino al massimo di 3,81MPN/100ml – Log₁₀ a novembre.

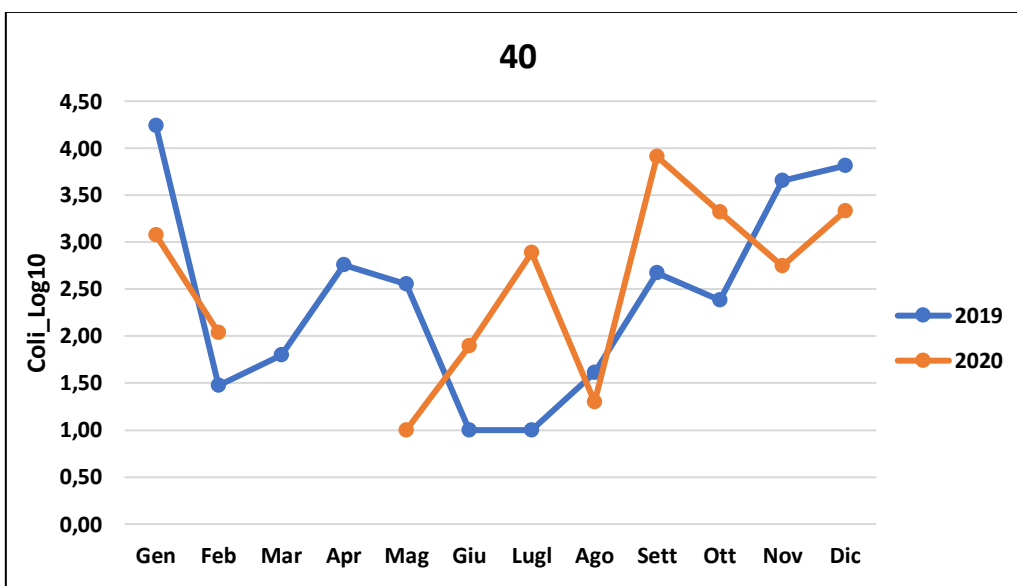


Fig.3.24 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 40.

Nel 2020 in tutte le stazioni della zona Sampierdarena-Porto Antico mancano i dati di marzo e aprile; nella 21, 104 e 34 è stato rilevato un aumento dei valori tra gennaio e febbraio mentre nella 101, 38 e 40 una diminuzione nello stesso intervallo temporale.

Le stazioni della zona Porto Antico 21 e 101 hanno mostrato un andamento simile dei valori, rispettivamente con un picco massimo di 2,50 MPN/100ml – Log₁₀ a giugno e di 3,50 MPN/100ml – Log₁₀ a luglio, un minimo di 1MPN/100ml – Log₁₀ ad agosto seguito da un graduale aumento nell'ultimo quadrimestre. Per contro alla stazione 104 è stato rilevato un valore massimo di 3,50 MPN/100ml – Log₁₀ a maggio seguito da un minimo di 1 MPN/100ml – Log₁₀ MPN/100ml – Log₁₀ a giugno, un nuovo aumento di 3,19 MPN/100ml – Log₁₀ a luglio e una diminuzione a 1,72 MPN/100ml – Log₁₀ ad agosto seguita nell'ultimo quadrimestre da un progressivo aumento a 2,78 MPN/100ml – Log₁₀ a dicembre.

Passando alle stazioni dell'area Sampierdarena, anche la stazione 38 ha mostrato a maggio un valore di 3,38 MPN/100ml – Log₁₀, seguito da un minimo di 1,80 MPN/100ml – Log₁₀ ad agosto e da un massimo di 4,38 MPN/100ml – Log₁₀ nel mese di ottobre; nell'ultimo bimestre il dato è sceso a 3-3,50 MPM/100ml – Log₁₀.

Al contrario, le stazioni 34 e 40 (Fig.3.24) hanno dimostrato un valore minimo intorno a 1 MPN/100ml – Log₁₀ a maggio, un picco rispettivamente di 4 MPN/100ml – Log₁₀ a giugno e di 3MPN/100ml – Log₁₀ a luglio, una diminuzione intorno a 1,50 MPN/100ml – Log₁₀ ad agosto seguita da un valore massimo superiore a 4 MPN/100ml – Log₁₀ a settembre; i valori si sono attestati rispettivamente intorno a 2,50 MPN/100ml – Log₁₀ a novembre-dicembre e intorno a 3,50 MPN/100ml – Log₁₀ a dicembre.

Clorofilla-a

Le concentrazioni di clorofilla-a sono presentate in Tabella 3.8.

Tabella 3.8 - valori mensili di clorofilla-a (µg/L) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Genova-Polcevera: in corsivo grassetto i valori anomali rispetto alla serie 2000-2020; n.d. – non determinato

	10	8	16	19	21	101	104	34	38	40
gen-19	0.05	0.04	0.07	0.03	0.04	0.06	0.03	0.07	0.09	0.06
feb-19	0.13	0.05	0.22	0.12	0.13	0.13	0.10	0.08	0.16	0.14
mar-19	0.38	0.35	0.31	0.21	0.19	0.06	0.11	0.39	0.21	0.05
apr-19	0.35	0.38	0.44	0.31	0.40	0.24	0.18	0.56	0.42	0.28

	10	8	16	19	21	101	104	34	38	40
mag-19	0.89	0.67	0.78	0.18	0.61	0.13	0.14	0.85	0.53	0.56
giu-19	0.93	3.44	3.53	2.54	2.81	1.94	1.80	1.34	2.28	0.63
lug-19	2.15	1.48	3.24	2.33	3.33	1.22	1.17	5.75	3.51	0.91
ago-19	2.95	2.72	1.24	0.20	0.32	0.49	0.16	0.95	0.89	0.87
set-19	2.80	1.71	2.20	0.09	1.37	0.41	0.09	1.45	1.48	0.10
ott-19	0.52	0.39	0.47	0.34	0.36	0.22	0.27	0.14	0.46	0.60
nov-19	0.14	0.12	0.19	0.27	0.22	0.19	0.17	0.11	0.07	0.12
dic-19	0.16	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.46	0.21	0.22	0.15
gen-20	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	0.09
feb-20	0.21	0.33	0.39	0.31	0.38	0.20	0.44	1.02	1.02	0.51
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	1.20	0.92	1.19	1.37	1.16	0.57	0.48	5.20	0.66	0.75
mag-20	0.27	0.09	0.12	0.10	0.15	0.17	0.05	0.20	0.91	0.37
giu-20	1.89	3.07	1.96	1.39	1.83	0.53	0.14	3.26	0.91	0.85
lug-20	0.56	0.93	0.14	0.03	0.03	0.01	0.03	0.67	0.62	0.50
ago-20	0.44	0.3	0.38	0.46	0.52	0.28	0.06	1.00	0.46	0.51
set-20	0.76	0.81	0.89	0.18	0.45	0.16	0.17	1.24	1.27	1.50
ott-20	0.30	0.30	0.32	0.13	0.38	0.12	0.12	0.77	0.36	0.39
nov-20	0.14	0.07	0.11	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.10	0.06
dic-20	0.12	0.13	0.17	0.19	0.20	0.24	0.30	0.36	0.23	0.27

Nel 2019 per le stazioni 10, 8, 16, 19, 21, 34 e 38 è stato rilevato un progressivo aumento dei valori di clorofilla-a da gennaio a maggio seguito da un picco intorno a 3 µg/l nei mesi estivi (giugno-luglio): valori anomali rispetto alla serie 2000-2020 per queste stazioni. Nel mese di agosto è stata rilevata una diminuzione seguita da un piccolo aumento a settembre, mentre i valori rimangono costanti da ottobre a dicembre (Figg.3.25-3.26).

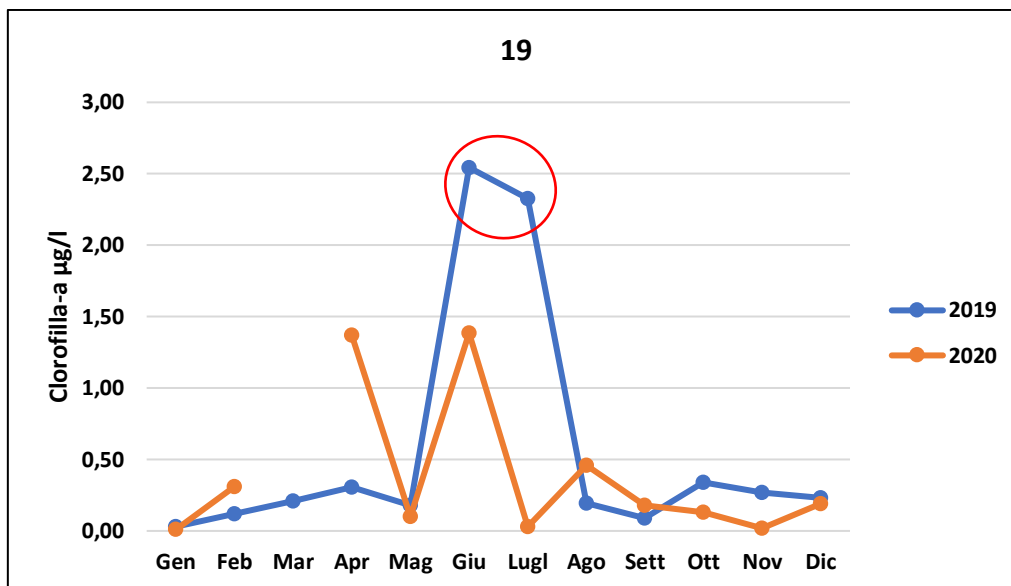


Fig.3.25 – ciclo annuale concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g/L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 19.

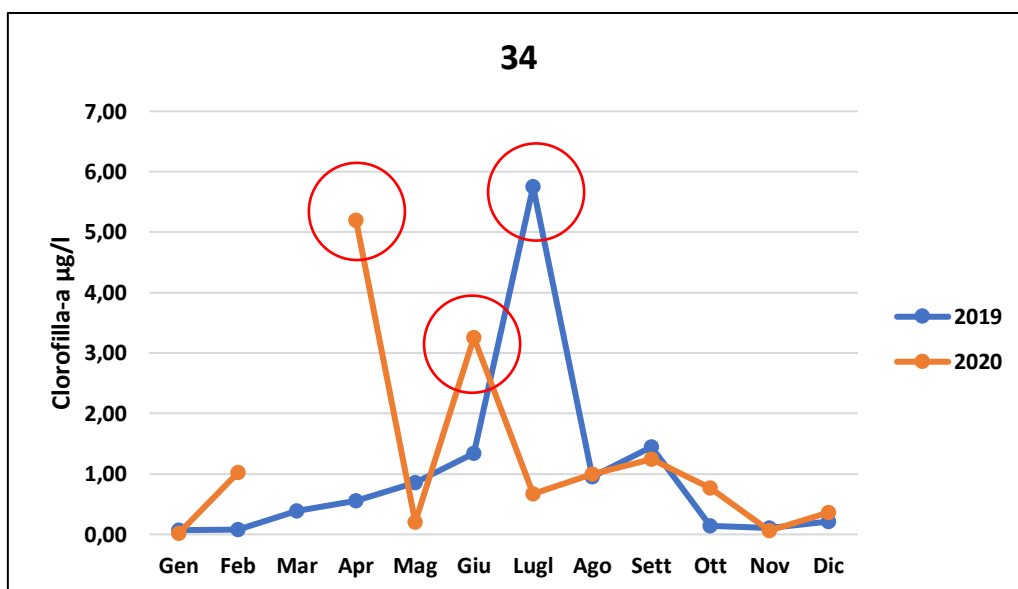


Fig.3.26 – ciclo annuale di clorofilla ($\mu\text{g/L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 34.

Fanno eccezione le stazioni 10 e 8 nelle quali è stato registrato un picco ad agosto nella prima (Fig.3.27), mentre per la seconda il picco massimo è stato rilevato a giugno (entrambi valori anomali rispetto alla serie 2000-2020), seguito da un dimezzamento del valore a luglio e da un nuovo aumento ad agosto. Nell'ultimo quadrimestre anche in queste stazioni i valori scendono sotto lo $0,50 \mu\text{g/l}$.

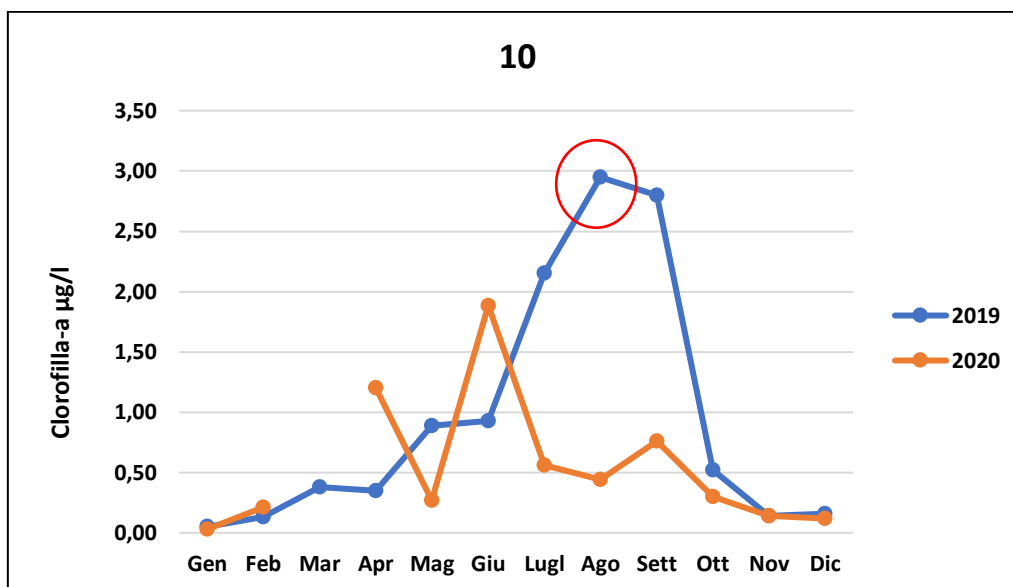


Fig.3.27 – ciclo annuale concentrazione clorofilla ($\mu\text{g/L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 10.

Infine, nelle stazioni 101 e 104 (Fig.3.28) sono stati osservati valori pressoché costanti sotto lo $0,20 \mu\text{g/l}$ da gennaio a maggio, un picco a giugno intorno a $2 \mu\text{g/l}$ e una progressiva diminuzione a valori inferiori allo $0,50 \mu\text{g/l}$ da agosto a dicembre. La stazione 40 si distingue per un comportamento diverso: progressivo aumento fino a valori massimi intorno allo $0,90 \mu\text{g/l}$ a luglio-agosto, decremento sotto lo $0,20$ a settembre, nuovo aumento a ottobre a $0,60 \mu\text{g/l}$, calo netto nell'ultimo bimestre.

Per contro, nel 2020 per le stazioni 10, 8, 16, 19, 21 (Fig.3.29), 34 e 38 è stato osservato un andamento delle variazioni dei valori mensili sostanzialmente sovrapponibile con differenze relative al valore assoluto dei rilievi: i valori sono aumentati progressivamente tra gennaio e aprile fino a $1-1,50 \mu\text{g/l}$ con l'eccezione della stazione 34 nella quale il valore misurato è stato di $5,20 \mu\text{g/l}$ ad aprile, valore anomalo rispetto alla serie 2000-2020 (Fig 3.26).

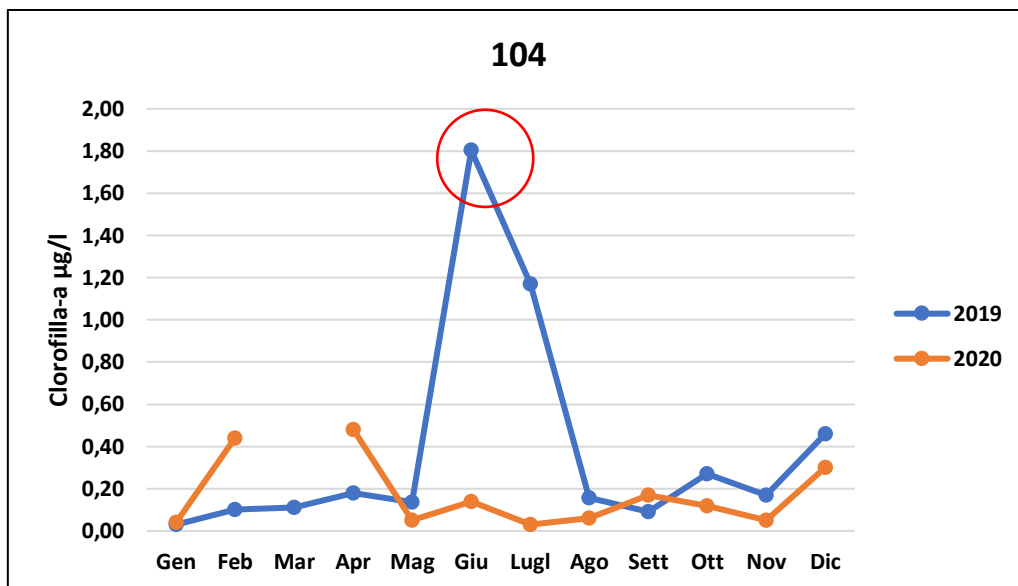


Fig.3.28 – ciclo annuale concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g}/\text{L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 104

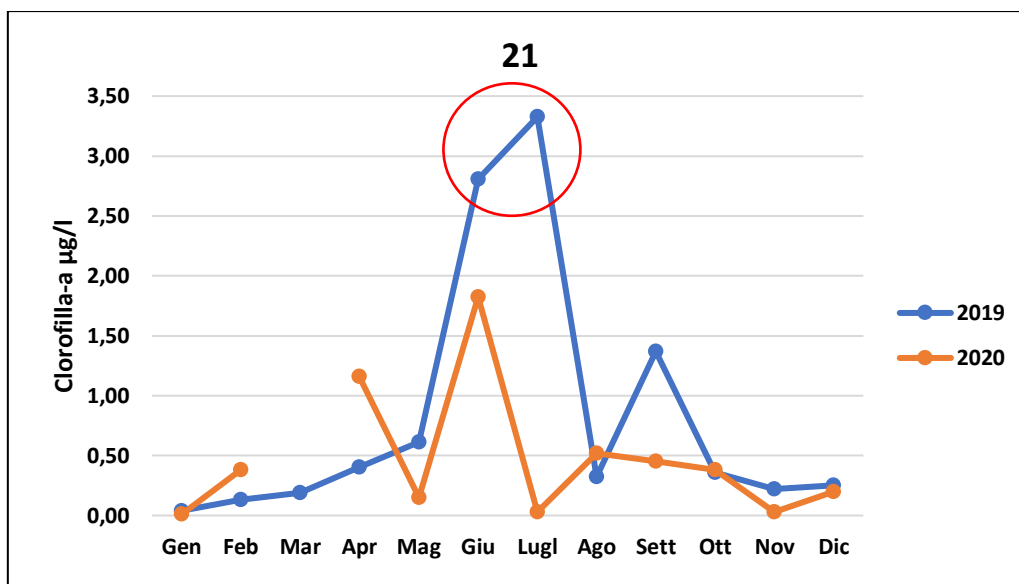


Fig.3.29– ciclo annuale concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g}/\text{L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 21.

Nel mese di maggio è stato registrato un calo fino a valori prossimi allo zero seguito da un picco nel mese di giugno fino a $2 \mu\text{g}/\text{l}$ ($3 \mu\text{g}/\text{l}$ per le stazioni 8 e 34, per quest'ultima anche questo rappresenta un valore anomalo). Successivamente per queste stazioni è stato registrato un nuovo calo nel mese

di luglio, seguito da un aumento tra agosto e settembre con valori tra 0,5-1 µg/l seguito poi da una diminuzione nell'ultimo trimestre.

Infine, alle stazioni 101 e 104 (Fig.28) sono stati rilevati valori costantemente al di sotto dello 0,50 µg/l con minime differenze intra-annuali mentre nella stazione 40 i valori hanno oscillato tra 0,40 e 0,80 µg/l con un picco di circa 1,50 µg/l nel mese di settembre seguito da un calo sotto lo 0,20 nell'ultimo trimestre.

3.2.2 Bacini Muledo-Voltri/Prà

Temperatura

Per quanto riguarda questa variabile fisica essa ha seguito la stagionalità tipica dipendente dalle variazioni della temperatura atmosferica. Non sono stati registrati valori anomali nel biennio (Tabella 3.9).

Per tutte le stazioni in entrambi gli anni, gennaio ha presentato valori intorno ai 12°C per poi gradualmente risalire fino al massimo di agosto dove si è rilevata una temperatura compresa in un range tra 26-27°C. In seguito, si è registrata una graduale diminuzione fino ai 15°C di dicembre (esempio stazione 63 in Fig.3.30).

Tabella 3.9 - valori mensili di temperatura (°C) nel 2019 – 2020 nelle stazioni complete dei bacini Muledo-Voltri; n.d. – non determinato.

	T-43	T-47	T-49	T-52	T-63	T-66	T-72	T-73	T-79	T-82
gen-19	11.89	12.42	12.50	13.06	14.37	13.62	11.79	12.51	13.24	14.04
feb-19	13.94	13.33	13.31	13.30	13.22	13.26	13.22	13.10	13.23	13.88
mar-19	14.39	14.15	13.68	13.77	13.38	13.74	13.77	13.56	13.58	13.65
apr-19	15.79	15.18	15.26	14.97	15.02	15.20	15.67	15.35	15.75	15.19
mag-19	17.21	16.85	16.80	16.54	16.49	16.87	17.25	16.98	17.53	16.92
giu-19	24.86	23.63	23.54	23.65	23.80	23.01	24.49	24.95	23.45	24.00
lug-19	26.75	26.68	25.65	25.70	25.80	25.97	26.03	26.20	26.15	25.75
ago-19	27.13	27.11	26.39	26.51	26.49	27.01	27.40	27.09	27.13	26.98
set-19	24.48	24.31	24.05	24.07	24.22	24.94	24.75	24.86	24.85	24.50
ott-19	20.95	21.09	20.88	20.83	20.68	20.49	20.72	20.67	20.48	20.53
nov-19	16.79	17.32	17.32	17.13	17.14	17.02	16.47	17.29	16.96	17.17
dic-19	15.36	15.23	15.99	15.92	15.93	14.89	15.43	15.60	15.40	15.87
gen-20	13.68	14.03	13.59	13.67	13.35	13.50	12.69	13.62	13.63	13.73
feb-20	14.50	14.14	14.29	14.21	13.92	14.33	14.59	14.30	14.31	14.14
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	17.43	16.91	16.79	16.59	16.24	17.08	17.27	16.73	16.60	16.67

	T-43	T-47	T-49	T-52	T-63	T-66	T-72	T-73	T-79	T-82
mag-20	19.58	19.50	19.44	19.56	18.95	20.17	19.85	20.40	19.81	19.68
giu-20	22.49	22.18	21.87	21.41	22.29	22.11	22.23	22.15	21.40	22.98
lug-20	24.67	24.22	24.09	24.24	24.38	24.57	25.51	25.09	24.39	24.61
ago-20	26.91	26.84	26.81	26.74	26.64	27.25	27.02	26.90	26.48	26.89
set-20	23.90	24.00	23.57	23.54	23.69	23.14	23.08	22.95	22.96	23.11
ott-20	19.43	19.51	19.65	19.36	19.78	19.44	19.40	19.30	19.59	19.59
nov-20	17.82	17.54	17.75	18.00	17.53	17.58	17.20	17.53	17.91	17.81
dic-20	14.76	14.99	15.31	14.43	14.27	14.28	13.75	14.77	14.95	15.18

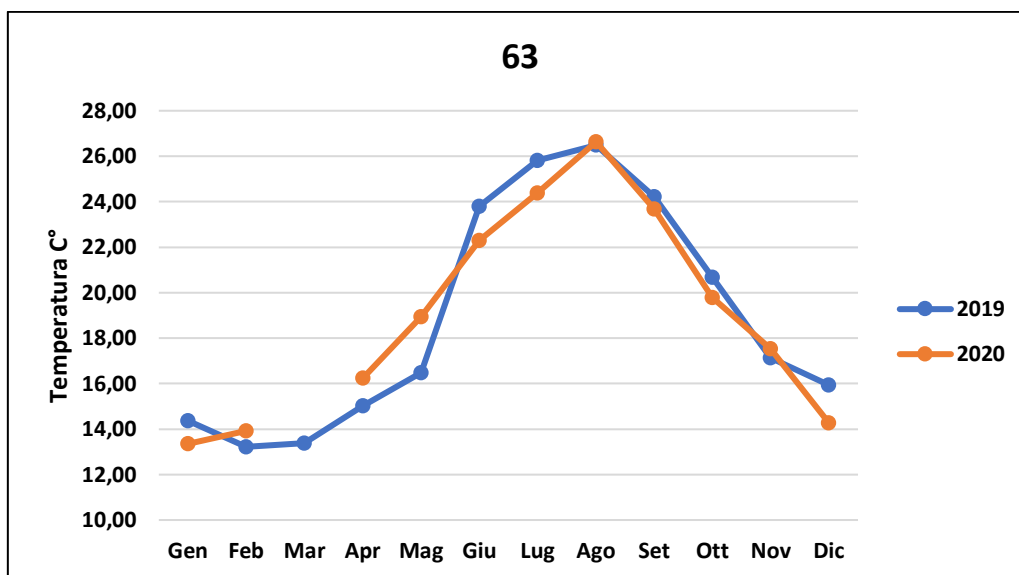


Fig.3.30 - ciclo annuale della Temperatura (°C) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 63.

Salinità

I valori mensili di salinità nei bacini Multedo – Voltri sono presentati in Tabella 3.10.

Tabella 3.10 – valori mensili di salinità (psu) nel 2019 -2020 nelle stazioni complete dei bacini Multedo - Voltri; in corsivo grassetto i valori anomali rispetto alla serie 2000-2020; n.d. - non determinato.

	Sal-43	Sal-47	Sal-49	Sal-52	Sal-63	Sal-66	Sal-72	Sal-73	Sal-79	Sal-82
gen-19	37.36	37.49	37.15	37.68	37.98	37.94	37.57	37.72	37.87	38.00
feb-19	37.69	37.72	37.67	37.40	37.67	37.84	37.20	37.73	37.89	38.04
mar-19	37.74	37.66	37.86	37.85	37.31	37.85	37.73	37.94	37.89	37.95
apr-19	37.33	37.61	37.66	37.50	37.47	37.15	37.37	37.62	37.66	37.86
mag-19	36.41	37.24	37.17	36.49	37.21	37.13	36.10	37.05	36.83	36.96
giu-19	37.09	37.19	37.22	36.93	37.19	37.38	37.24	36.98	37.46	37.36
lug-19	37.49	37.66	37.79	37.83	37.91	37.82	37.71	37.79	37.93	37.99
ago-19	37.77	37.76	37.80	37.69	37.87	37.72	37.75	37.81	37.85	37.97
set-19	37.88	37.87	37.97	38.00	37.98	37.99	37.85	38.00	38.18	38.18
ott-19	35.73	36.73	37.41	37.51	37.71	36.45	36.79	37.14	37.07	37.45
nov-19	29.31	34.46	34.95	34.07	34.92	34.37	32.08	35.95	35.65	36.16
dic-19	34.87	34.74	36.78	36.48	36.51	34.25	36.45	36.76	36.35	37.38
gen-20	36.49	37.41	36.96	37.26	37.09	37.15	36.78	37.66	37.64	37.72
feb-20	32.44	36.69	37.02	35.91	37.52	34.77	34.15	37.05	36.16	37.00
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	35.39	36.62	36.76	37.46	37.71	37.27	35.77	37.39	37.34	37.13
mag-20	37.02	37.07	37.11	36.19	36.74	37.07	36.94	36.96	37.32	37.66
giu-20	35.40	36.08	37.00	34.03	34.02	36.00	34.21	35.71	36.77	37.17
lug-20	37.58	37.63	37.63	37.57	37.88	37.56	37.56	37.61	37.83	37.88
ago-20	37.48	37.58	37.61	37.85	37.89	37.87	37.82	37.85	37.93	38.04
set-20	37.23	37.60	37.37	37.51	37.72	36.73	35.62	34.16	36.87	36.92
ott-20	37.44	37.69	37.73	37.25	37.69	37.55	37.20	37.59	37.77	37.77
nov-20	37.34	37.54	37.74	37.79	37.66	37.48	37.53	37.31	37.90	37.31
dic-20	35.55	36.50	37.44	35.81	35.80	36.71	35.12	35.92	37.45	37.50

Nell'anno 2019 tutte le stazioni di questo bacino hanno restituito misurazioni sostanzialmente sovrapponibili tra di loro: Il dato è rimasto costante tra 37 e 38 psu da gennaio ad ottobre tranne che per un minimo calo al di sotto di 37 psu nel mese di maggio nelle stazioni 43, 52 e 79; il mese di novembre è stato caratterizzato ovunque da uno spiccato calo su valori anomali rispetto alla serie 2000-2020 compresi in un range tra 29,31 (staz. 43 - Fig.3.31) e 36,16 psu (staz. 82 - Fig.3.32) tranne che per la stazione 49 nella quale il picco minimo di 34,95 non è un valore anomalo per questa stazione. Infine, a dicembre è stato registrato un lieve aumento dei valori intorno a 34 psu nelle stazioni 43, 47, 66 (in queste ultime due, valori anomali), intorno a 36 psu nelle stazioni 49, 52, 72, 73, 79 (in quest'ultima, valore anomalo), intorno a 37 psu nella stazione 82.

Nel 2020 le stazioni 43, 47, 49, 66, 79 e 82 hanno dimostrato durante tutto l'anno una certa costanza dei valori in un range compreso tra 38 e 35 psu per la stazione

43, tra 38 e 36 psu per la 47, 49, 66, 79 e tra 38 e 37 psu per la 82; inoltre la stazione 43, la 66 e la 79 hanno misurato dei cali nel mese di febbraio rispettivamente a 32,44, 34,77, 36,16 psu (valori anomali).

Diversamente dalle precedenti la stazione 52 e la 63 hanno restituito un picco minimo intorno a 34 psu (valore anomalo) nel mese di giugno che interrompe una sequenza di valori pressoché costanti; nella stazione 63 anche il dato di dicembre rappresenta un valore anomalo a 36,51 psu.

Infine, le stazioni 72 e 73 hanno presentato oscillazioni intra-annuali più accentuate con valori minimi la prima a febbraio, giugno e dicembre, la seconda a giugno, settembre e dicembre. In entrambe le stazioni questi valori minimi sono valori anomali rispetto alla serie 2000-2020 (Figg.3.31 – 3.37).

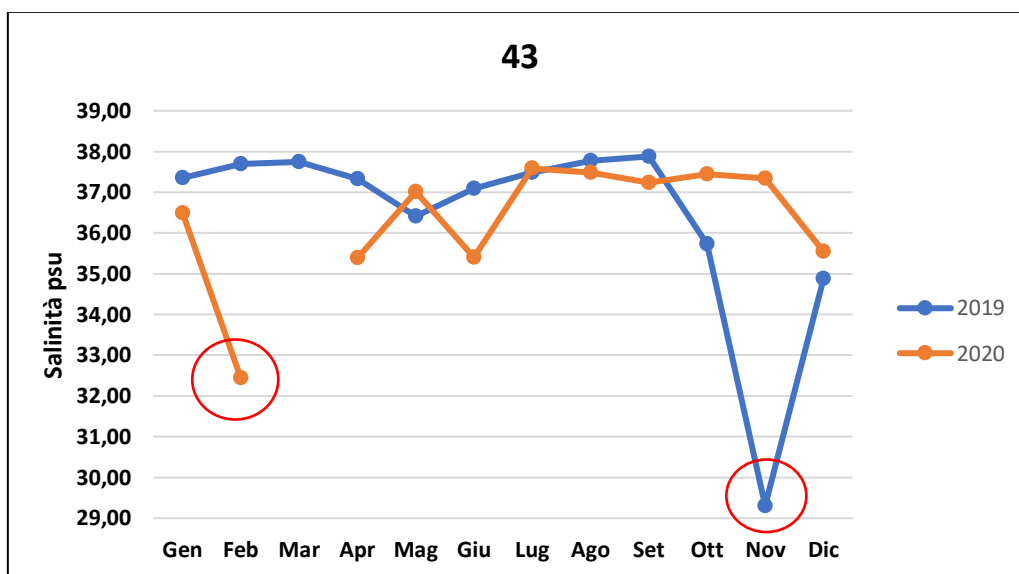


Fig.3.31 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 43

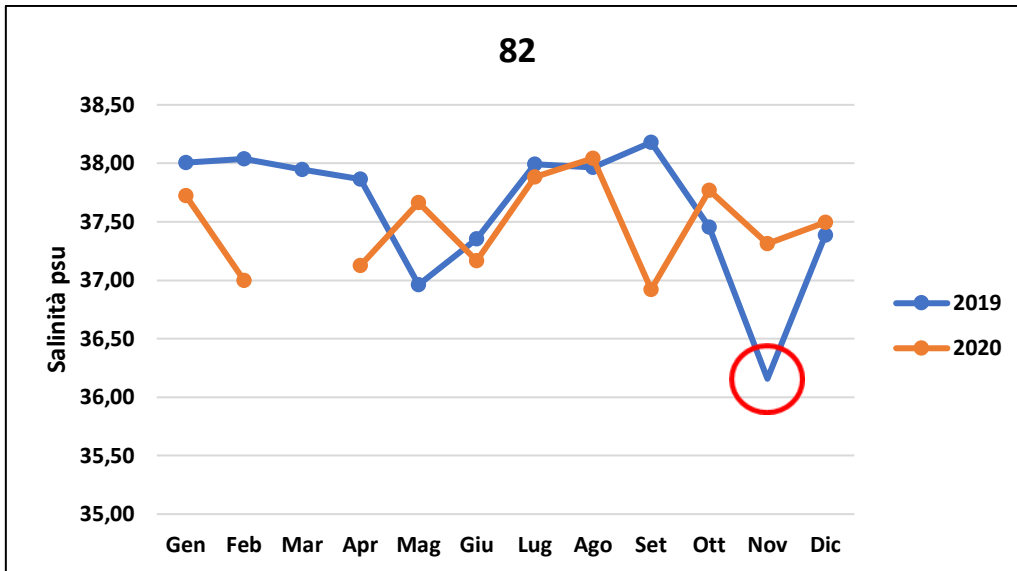


Fig.3.32 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 82

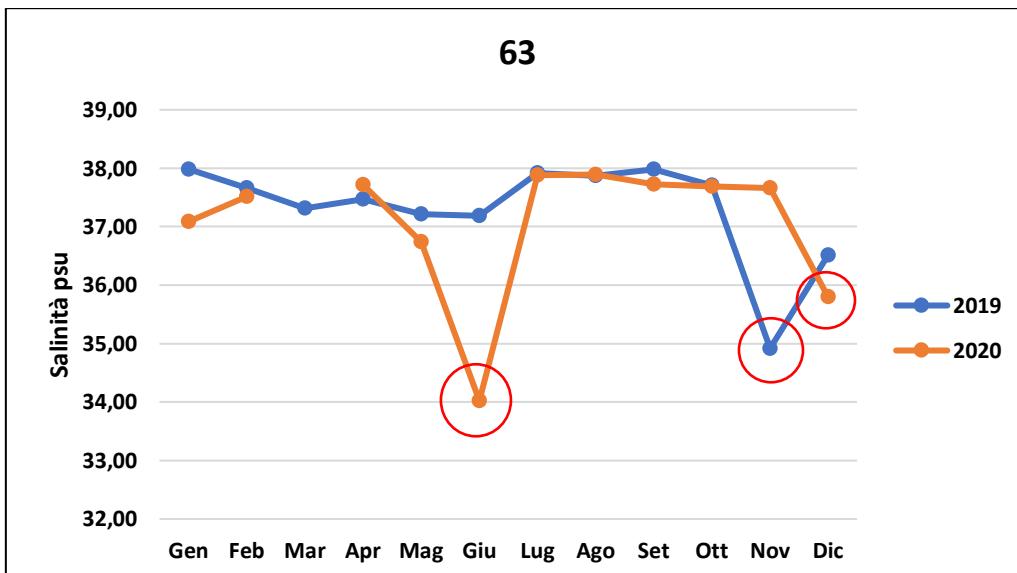


Fig.3.33 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 63

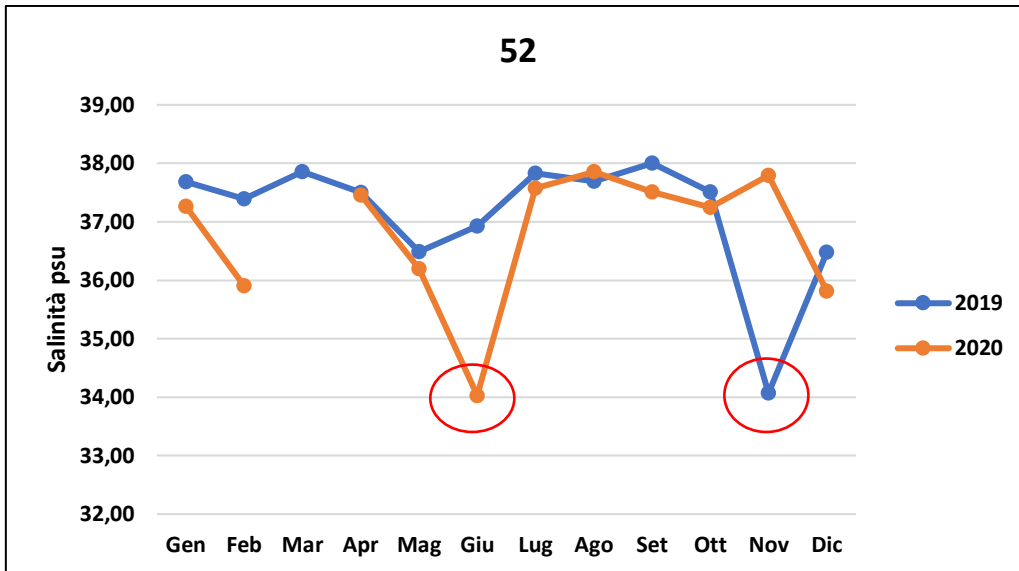


Fig.3.34- ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 52

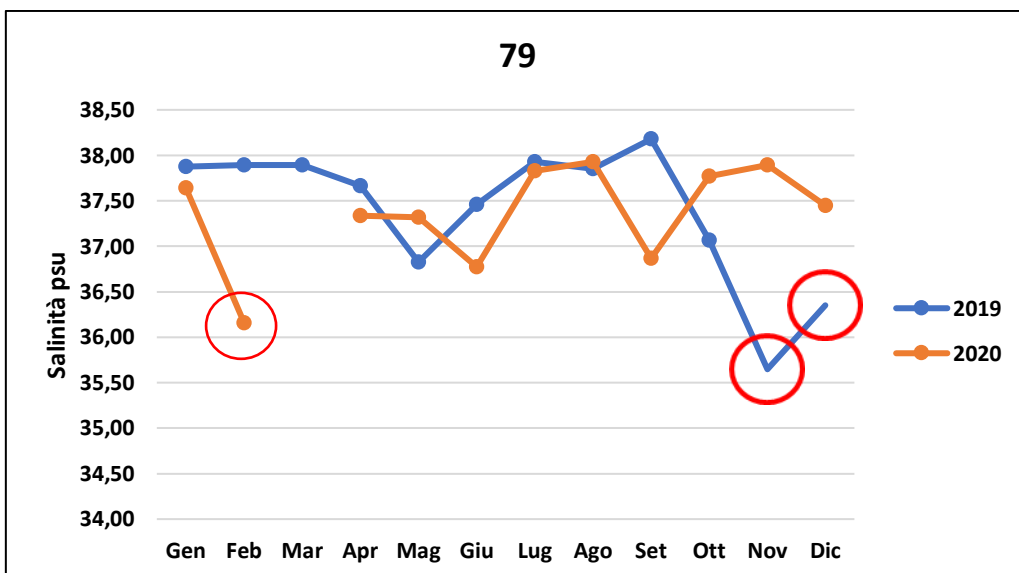


Fig.3.35 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 79

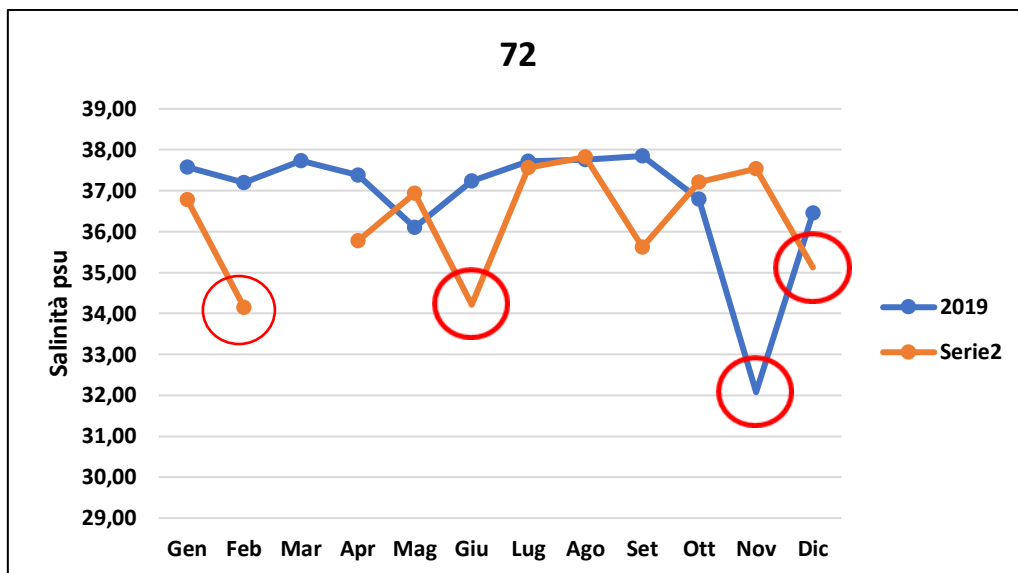


Fig.3.36 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 72

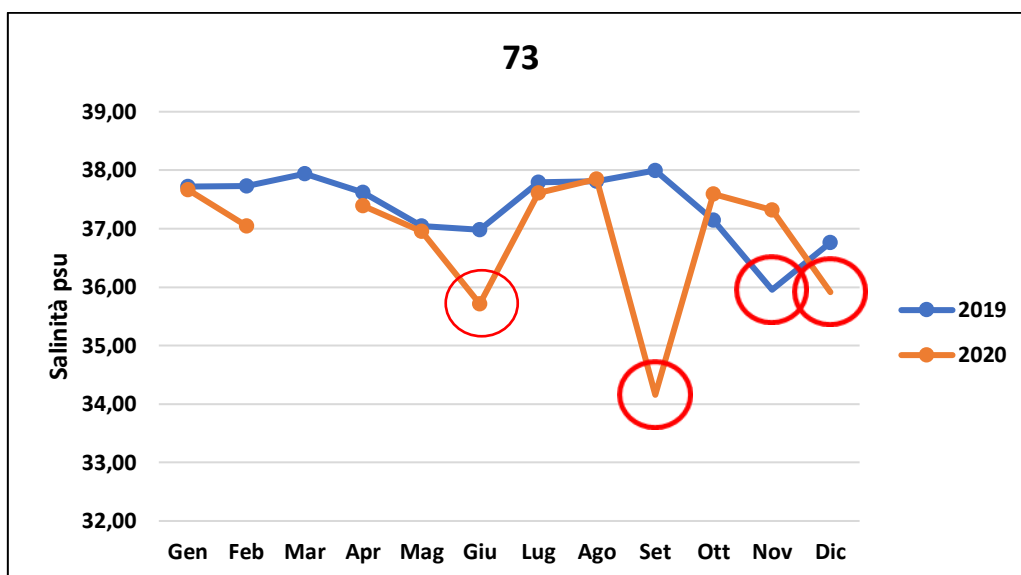


Fig.3.37 - ciclo annuale della Salinità (psu) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 73

Ossigeno disciolto

Per questa variabile chimica i valori percentuali nel biennio in tutte le stazioni non risultano mai anomali rispetto alla serie 2000-2020 (Tabella 3.11).

Tabella 3.11 – valori mensili di Ossigeno disciolto (%) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Maledo – Voltri; n.d. – non determinato.

	Os-43	OsI-47	Os-49	Os-52	Os-63	Os-66	Os-72	Os-73	Os-79	Os-82
gen-19	94.7	90.9	93.3	92.6	92.1	93.2	93.7	95.7	94.5	93.3

	Os-43	OsI-47	Os-49	Os-52	Os-63	Os-66	Os-72	Os-73	Os-79	Os-82
feb-19	99.2	102.3	102.6	97.0	100.4	103.5	103.0	102.4	102.8	97.9
mar-19	97.5	97.7	99.7	99.1	97.2	98.1	99.4	98.0	100.7	98.0
apr-19	86.3	92.0	94.3	97.2	98.6	95.6	98.0	99.5	100.4	99.1
mag-19	90.9	97.4	98.7	94.4	97.8	98.4	97.1	101.6	99.7	101.2
giu-19	102.3	90.3	88.9	88.5	89.2	85.1	86.2	87.6	86.4	83.5
lug-19	95.6	99.8	93.2	92.2	89.7	88.1	91.6	93.1	90.0	87.0
ago-19	90.6	96.3	95.1	93.1	97.1	94.8	99.8	101.5	99.4	97.5
set-19	98.7	98.5	99.6	96.8	98.6	94.2	97.8	97.6	92.1	95.5
ott-19	78.8	75.6	90.6	91.4	96.0	87.7	96.3	97.0	97.6	97.2
nov-19	83.3	91.1	92.9	92.4	96.2	94.9	93.4	96.0	96.2	95.8
dic-19	89.1	91.8	90.4	94.0	95.6	94.6	93.3	94.8	96.2	95.7
gen-20	85.9	88.4	91.9	92.6	93.1	93.5	93.5	94.5	94.5	95.2
feb-20	93.1	94.4	97.9	96.3	99.7	99.2	98.6	98.2	98.1	99.0
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	88.9	92.2	94.4	93.7	92.3	94.3	95.1	96.2	95.6	97.0
mag-20	86.1	88.8	93.2	93.0	94.9	96.6	92.1	96.0	92.7	92.3
giu-20	95.2	98.2	98.0	95.4	91.7	92.3	98.1	97.6	95.7	92.0
lug-20	98.4	94.8	99.5	93.3	93.1	92.9	101.6	99.9	96.7	94.9
ago-20	83.7	90.3	101.4	86.6	85.8	86.8	86.4	86.8	84.8	84.1
set-20	86.5	80.5	95.6	94.4	85.3	93.2	92.0	100.7	100.7	100.1
ott-20	80.5	90.0	92.7	90.1	91.4	94.4	102.8	99.0	99.9	99.9
nov-20	86.6	90.0	94.0	92.0	96.0	99.0	97.5	102.2	99.3	100.4
dic-20	81.0	88.4	97.2	99.4	101.1	99.8	99.7	103.6	101.6	100.3

Nel 2019 la stazione 43, la 47 e la 49 hanno dimostrato variabilità intra-annuali simili, con picchi massimi tra 100 e 105% nei mesi di febbraio, maggio (giugno per la 43) e settembre; cali sono stati invece registrati nei mesi di agosto e ottobre (minimo 78,8%) per la stazione 43 (Fig.3.38), giugno e ottobre per la 47 e 49, rispettivamente con minimo a 75,6% e 90,6%.

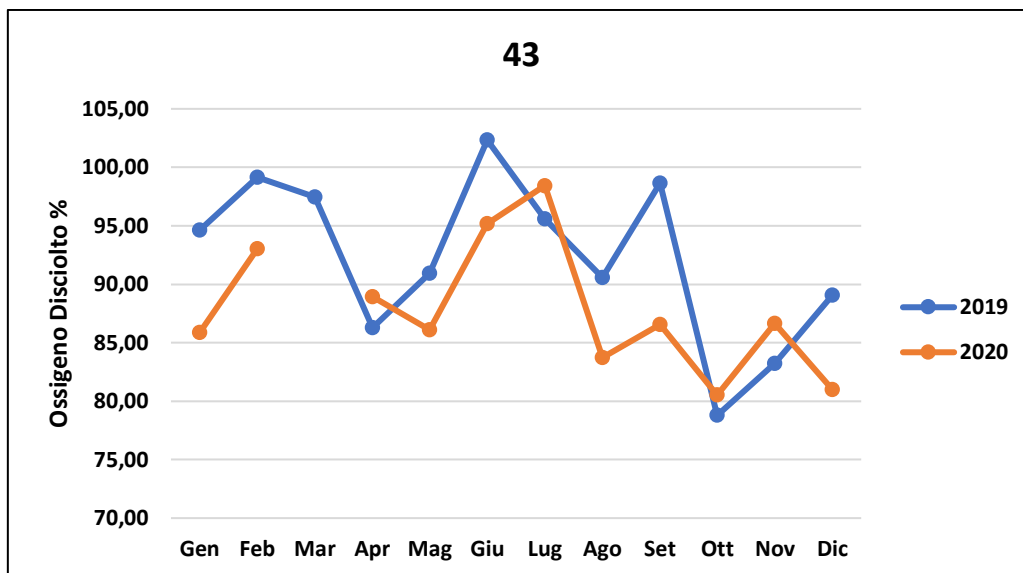


Fig.3.38- ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 43

Nelle stazioni 52 (Fig.3.39) e 63 sono stati misurati valori massimali nel mese di febbraio e marzo, rispettivamente, seguiti nel trimestre successivo da un progressivo calo nella prima e una sostanziale stabilità nella seconda stazione; in entrambe le stazioni i valori minimi intorno all' 89% sono stati registrati nei mesi estivi: a giugno per la 52 e a giugno-luglio per la 63. Nei mesi successivi i valori risalgono a settembre a valori intorno a 96-98% in entrambe le stazioni per poi rimanere costanti nell'ultimo trimestre per la stazione 63 mentre per la 52 è stato osservato un calo ad ottobre al 91,4% per poi risalire a 94,0% a dicembre.

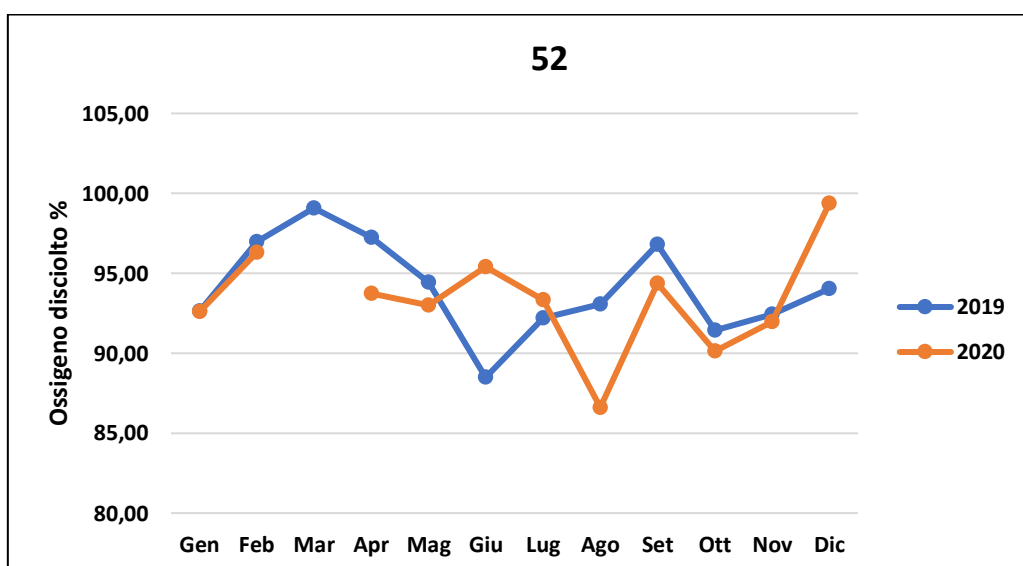


Fig.3.39 - ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 52

La stazione 66 (Fig.3.40) e la stazione 79 hanno mostrato un comportamento simile con un nuovo picco a febbraio, valori più o meno stabili in diminuzione fino a maggio, un valore minimo intorno all'85% a giugno, un nuovo aumento a 95-100% ad agosto. La prima stazione ha mostrato un nuovo calo a 87,7% ad ottobre per poi stabilizzarsi al 95% nell'ultimo bimestre mentre la seconda ha mostrato il calo autunnale a settembre e valori stabili intorno a 97% nell'ultimo trimestre.

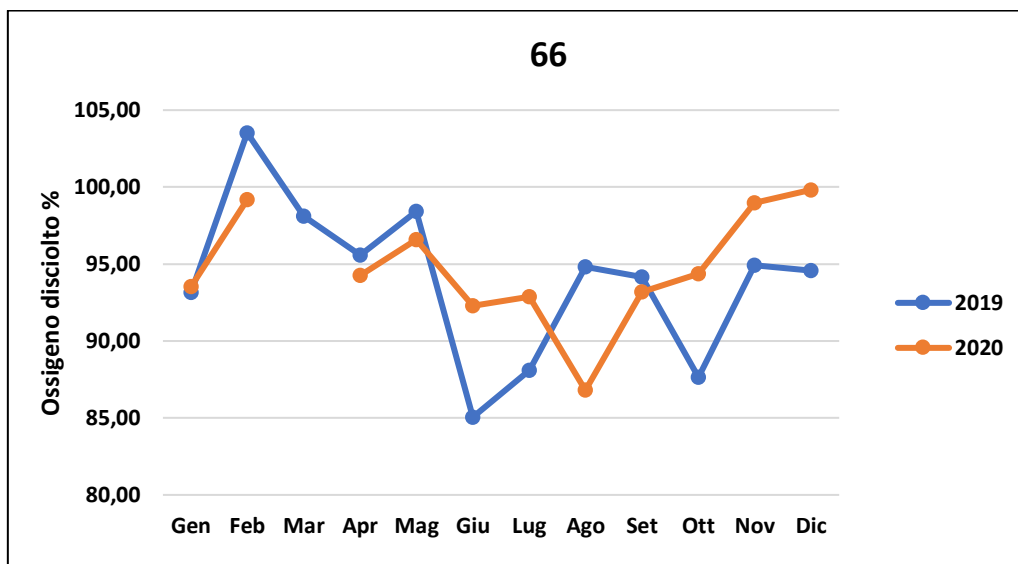


Fig.3.40 - ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 66

Per le stazioni 72 (Fig.3.41) e 73 si nota un comportamento sovrapponibile con un picco tra 100-105% a febbraio, valori intorno a 100 fino a maggio, netto calo a giugno fino all' 86-87% circa, un secondo picco intorno al 100% ad agosto e una progressiva lieve diminuzione fino a valori intorno al 95% a dicembre.

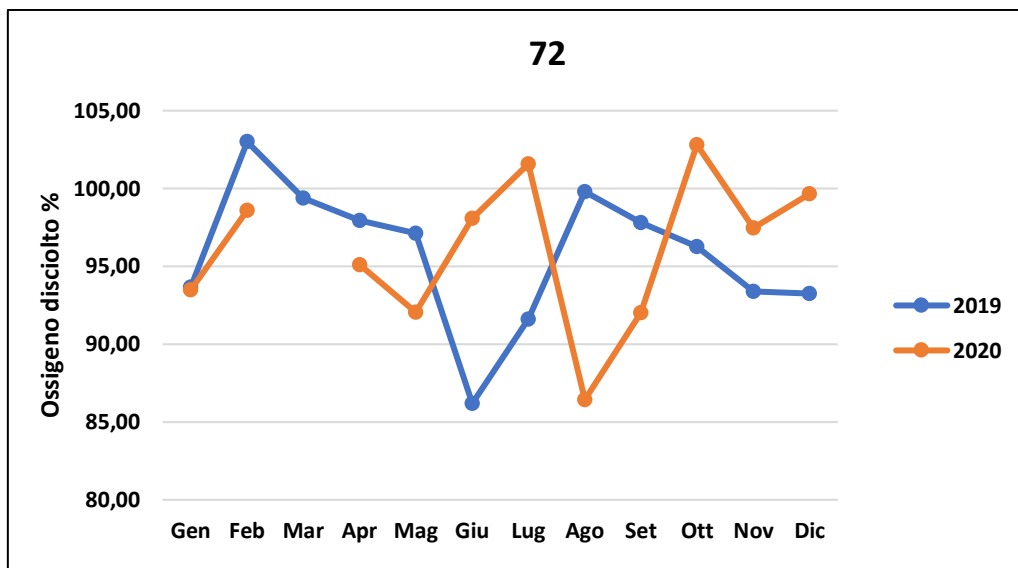


Fig.3.41 - ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 72

La stazione 82 (Fig.3.42) è l'unica di questo bacino che ha dimostrato un progressivo aumento dei valori a partire dal 93,3% di gennaio fino al picco di maggio di 101,2% mentre nella seconda parte dell'anno ha avuto un comportamento simile alle altre stazioni con un minimo di 83,5% a giugno ed una risalita ad agosto al 97% per poi mantenere valori stabili nell'ultimo quadrimestre.

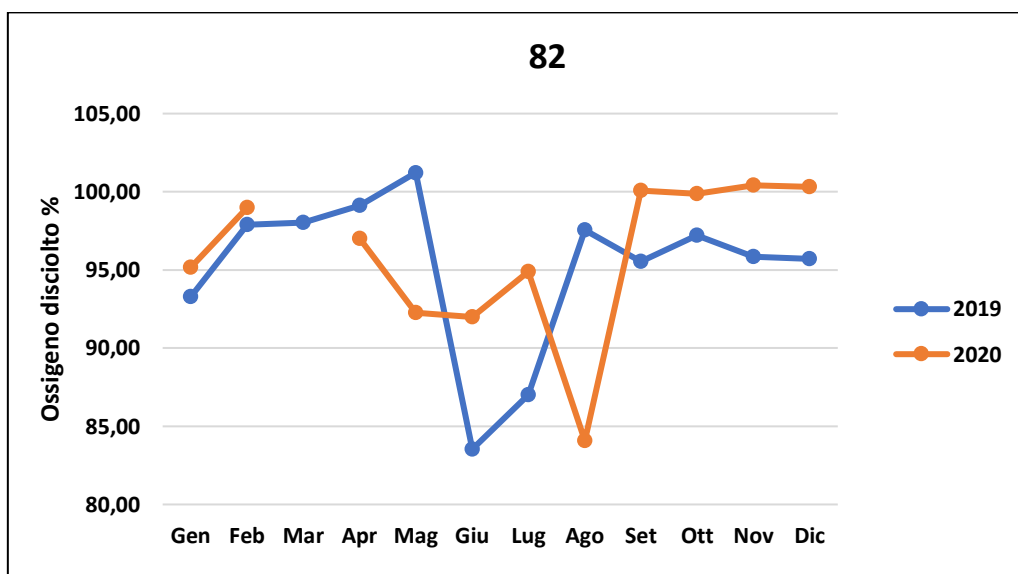


Fig.3.42- ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 82

Nel 2020 sono state rilevate variazioni dei valori percentuali dell'ossigeno disciolto almeno in parte non sovrapponibili a quelle dell'anno precedente, fatta eccezione per i mesi di gennaio e febbraio nei quali sia i valori assoluti sia l'aumento nel bimestre sono stati molto simili in tutte le stazioni. Nella maggior parte dei punti di rilevamento al picco minimo dei mesi di giugno/luglio del 2019 ha corrisposto un set di valori in aumento, con una differenza piuttosto significativa nelle stazioni 49 (Fig.3.43), 72, 73, 79 e 82; al contrario la stazione 43 ha mostrato un picco massimo nel mese di luglio che rispecchia quello di giugno del 2019. Inoltre, in quasi tutti i casi è stato rilevato un valore minimo ad agosto in controtendenza rispetto all'anno precedente. A questo fanno eccezione la stazione 47 nella quale il valore minimo è stato registrato a settembre e la stazione 49 nella quale ad agosto al contrario è stato rilevato il valore massimo di 101,5%.

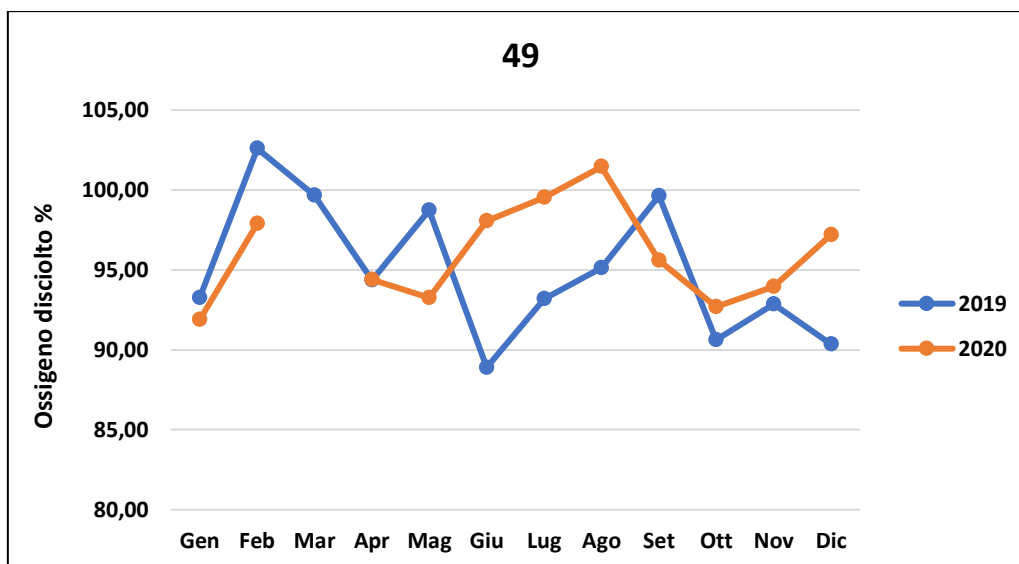


Fig.3.43 - ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 49

Nell'ultimo trimestre la stazione 43, 49 e 52 hanno rilevato un valore minimo nel mese di ottobre così come nel 2019, mentre nelle altre stazioni i valori hanno mostrato in questo mese variazioni opposte tra i due anni: nella 47, 66, 72, 73 (Fig.3.44), 79 e 82 un aumento oltre 90% con valori fondamentalmente stabili o con minime variazioni negli ultimi due mesi mentre la 63 ha rilevato un minimo

a settembre seguito da un progressivo aumento fino al massimo della stazione di 101,1% di dicembre.

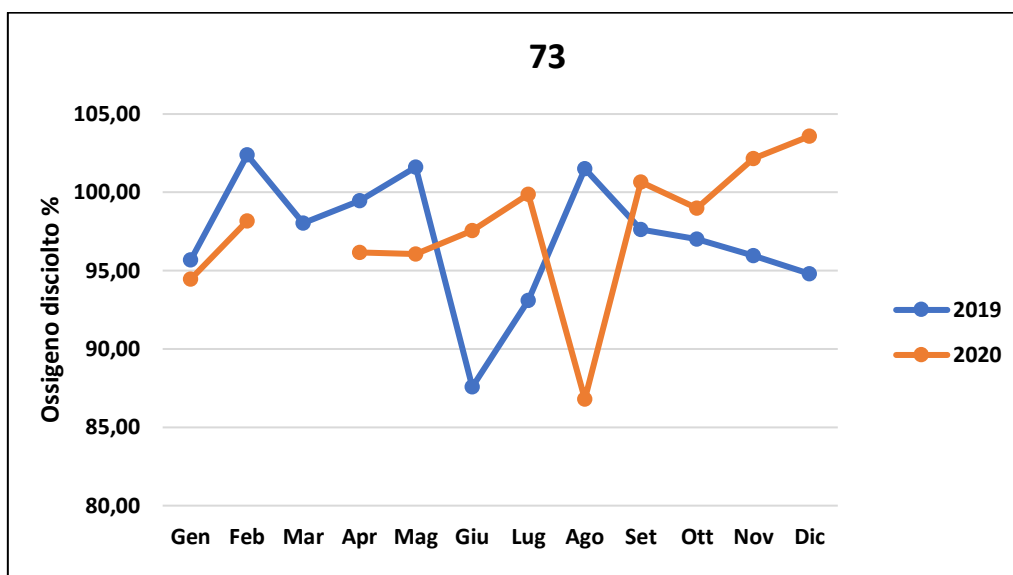


Fig.3.44 - ciclo annuale della Ossigeno disciolto (%) nel 2019 e nel 2020 nella stazione 73

Ammoniaca

Il parametro ammoniaca ha mostrato valori per lo più al di sotto del limite di rilevabilità (0,05mg/l; Tabella 3.12) nei bacini Miltedo-Voltri; fanno eccezione solo due stazioni, la 43 e la 47. Per quanto riguarda la stazione 43 (Fig.3.45) si ha un valore di 1,41 mg/l e 1,43 mg/l nei mesi di novembre e dicembre 2019, degno di nota. Per i restanti mesi i valori non sono significativi rimanendo a livello o poco al di sopra della soglia di detezione. Nel 2020 non si riscontrano valori significativamente elevati: sono al di sopra del limite a gennaio, giugno e novembre-dicembre, non raggiungendo mai 0,2 mg/l. Nella stazione 47 (Fig.3.46) sono stati riscontrati due valori anomali rispetto alla serie storica: il mese di gennaio 2019 (1,35 mg/l) ed il mese di aprile dello stesso anno (2,03 mg/l). Per i restanti mesi del 2019, solo in ottobre e novembre è stato superato il limite di detezione ma con valori contenuti (<0,4 mg/l. Nel 2020 in tutti i mesi si sono riscontrati valori poco elevati, poco al di sopra o a livello dei valori di detezione.

Tabella 3.12 – valori mensili di ammoniaca (mg/l) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Miltedo-Voltri; i valori in grassetto rappresentano i valori al di sotto del limite di rilevabilità del metodo; valori in grassetto corsivo sono outliers rispetto alla serie 2000-2020; n.d. – non determinato

	43	47	49	52	63	66	72	73	79	82
gen-19	0.10	1.35	0.07	0.05	0.05	<i>0.65</i>	<i>0.58</i>	<i>0.41</i>	0.05	0.05
feb-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mar-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
apr-19	0.05	2.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mag-19	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
giu-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
lug-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ago-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
set-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ott-19	1.41	0.32	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
nov-19	1.43	0.21	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
dic-19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
gen-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
feb-20	0.13	0.05	0.10	0.08	0.05	0.05	<i>0.25</i>	0.05	0.05	0.05
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
mag-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
giu-20	0.16	0.14	0.05	0.05	<i>0.43</i>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
lug-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ago-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
set-20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ott-20	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
nov-20	0.09	0.06	0.06	0.06	0.05	<i>0.06</i>	0.05	0.05	0.05	0.05
dic-20	0.17	0.15	0.05	<i>0.26</i>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Nelle altre stazioni i valori sono rimasti sostanzialmente al livello minimo di detezione di 0,05 mg/l o poco al di sopra tranne alcuni picchi nei mesi invernali: stazione 49 a gennaio 2020 0,10 mg/l, stazione 52 a dicembre 2020 0,26 mg/l e febbraio 2020 0,25 mg/l, stazione 73 a gennaio 2019 0,41 mg/l. Unica eccezione la stazione 63 che ha mostrato un picco estivo di 0,43 mg/l a giugno 2020. Soprattutto nella stazione esterna di Multedo (st.66) e nel bacino di Voltri, il discostamento dal valore limite di rilevabilità porta ad un valore anomalo perché negli anni tali stazioni hanno sempre presentato valori molto bassi di ammoniaca.

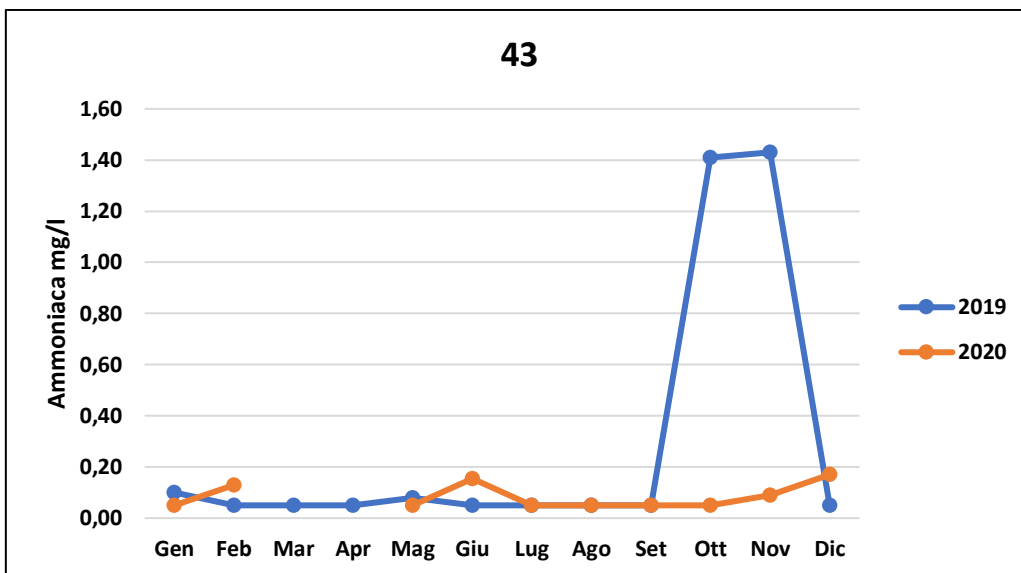


Fig.3.45 - ciclo annuale della concentrazione di Ammoniac (mg/l) nel 2019 e 2020 nella stazione 34

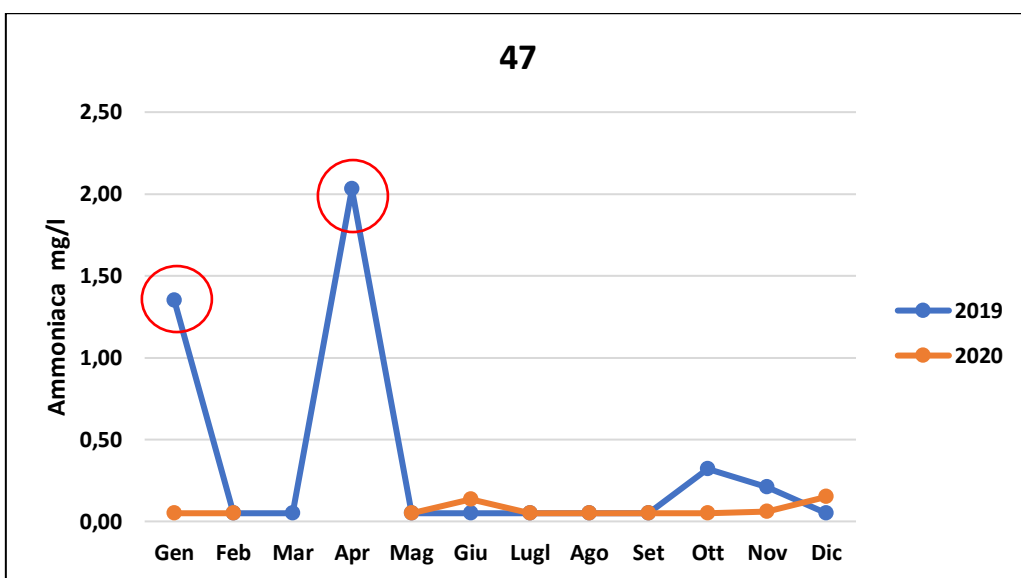


Fig.3.46 - ciclo annuale della concentrazione di Ammoniac (mg/l) nel 2019 e 2020 nella stazione 47

Coliformi fecali

I valori delle abbondanze batteriche nei bacini Multedo-Voltri sono presentati in Tabella 3.13.

Tabella 3.13 – valori mensili di abbondanza di coliformi fecali (MPN/100ml espressi in Log_{10}) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Multedo-Voltri; i valori in grassetto (1) rappresentano i valori al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (10 MPN/100ml); i valori in grassetto corsivo sono valori anomali rispetto alle serie 2000-2020; n.d. – non determinato

	43	47	49	52	63	66	72	73	79	82
gen-19	2.89	4.89	2.56	2.65	2.74	4.38	4.38	4.24	4.08	3.02
feb-19	2.42	2.53	2.52	2.20	1.71	1.00	1.80	1.00	1.00	1.00
mar-19	1.00	1.00	1.80	1.00	1.93	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00
apr-19	1.00	1.00	1.30	1.72	2.16	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
mag-19	2.78	2.50	1.61	2.04	2.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
giu-19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
lug-19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ago-19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
set-19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ott-19	2.58	1.93	2.03	2.78	2.13	2.51	1.49	1.00	1.00	1.00
nov-19	3.89	2.89	2.46	3.56	2.97	2.82	3.21	1.72	1.00	1.00
dic-19	3.29	3.79	2.96	2.67	3.11	2.83	2.65	2.27	1.99	2.08
gen-20	3.02	2.08	1.98	2.20	2.50	1.00	1.00	1.61	1.49	1.00
feb-20	2.64	2.08	1.30	2.33	1.49	1.80	1.99	1.49	1.00	1.61
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
mag-20	1.00	1.00	1.00	1.30	1.61	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
giu-20	4.09	4.11	1.93	3.37	1.00	3.26	3.44	1.90	2.13	2.88
lug-20	3.81	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	2.64	3.17	3.16
ago-20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
set-20	2.82	2.33	3.05	2.90	3.54	1.87	2.88	3.49	1.00	1.00
ott-20	1.80	1.30	1.30	2.39	1.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
nov-20	2.45	1.30	1.00	1.87	1.49	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00
dic-20	3.89	4.08	2.41	3.06	3.31	1.80	1.87	1.00	1.00	1.00

Si è riscontrato, nel 2019, un comportamento molto simile per le stazioni 43 e 47. Si è partiti da valori elevati per il mese di gennaio, (2,89 MPN/100 ml- Log_{10} per la 43 e 4,89 per la 47) per ridiscendere successivamente a valori limite di 1 MPN/100 ml- Log_{10} , riscontrabili tra marzo e settembre con l'unica eccezione del mese di maggio (2,78 e 2,50 MPN/100ml- Log_{10}). I valori sono risaliti nell'ultimo trimestre fino a raggiungere il valore 3,89 Log_{10} a novembre nella 43 e di 3,79 a dicembre nella 47. (Fig.3.47)

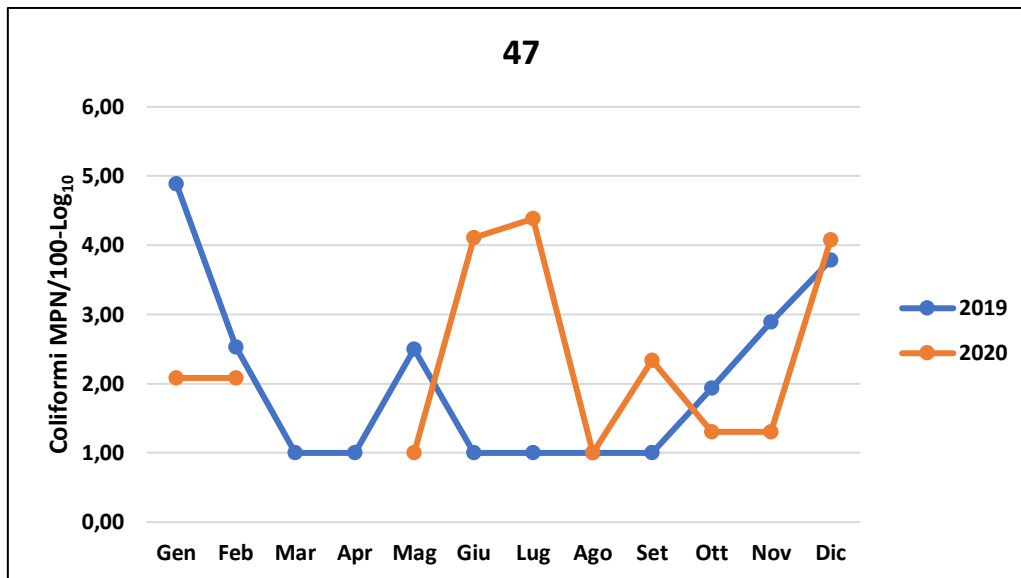


Fig.3.47 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 47.

La stazione 49 ha mostrato un comportamento diverso rispetto alle due stazioni precedenti: i valori di gennaio e febbraio, pur essendo i valori più alti della stazione si sono mantenuti su numeri più bassi rispetto alle due stazioni precedenti (2,56 MPN/100ml-Log₁₀ a gennaio e 2,52 MPN/100ml-Log₁₀ a febbraio); tra marzo, aprile e maggio le abbondanze pur rimanendo sempre al di sopra del livello di deteazione non arrivano ai massimi delle prime due stazioni, mentre rimangono al di sotto del limite in estate (giugno-settembre). Risalgono sopra a 2,96 MPN/100ml-Log₁₀ nel mese di dicembre.

La stazione 52 (Fig.3.48) ha mostrato nel 2019 un comportamento simile alla stazione 49, con la differenza del mese di marzo, quando i valori erano al di sotto del limite, e del trimestre autunnale che ha dimostrato abbondanze più elevate (massimo annuale a novembre di 3,56 MPN/100ml-Log₁₀).

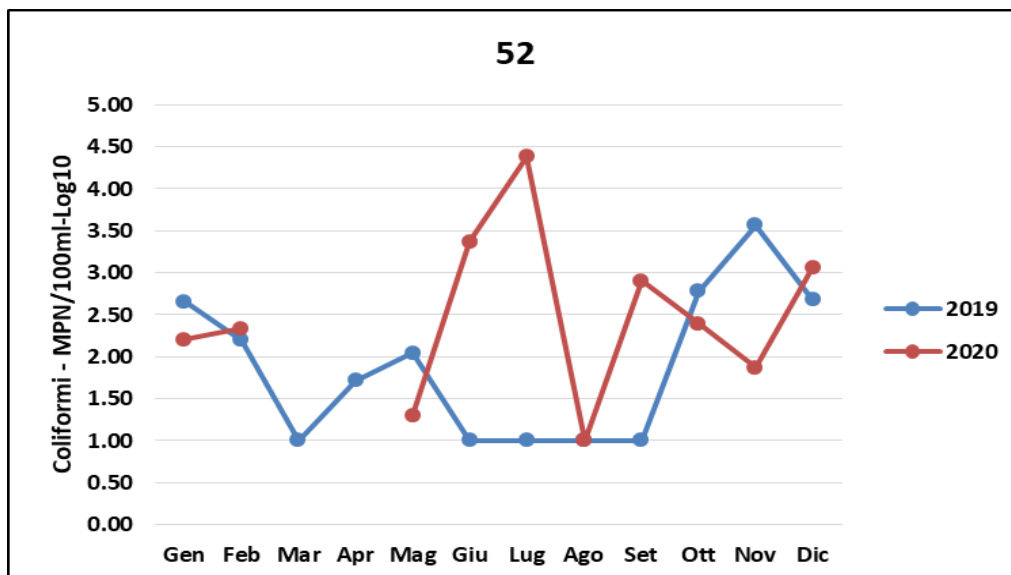


Fig.3.48 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 52

Nelle stazioni 63 e 66 si è riscontrato un comportamento per alcuni aspetti simile. La 63 ha mostrato a gennaio un valore di 2,74 MPN/100ml-Log₁₀ per poi scendere nei mesi di febbraio, marzo, aprile e maggio a valori più bassi, compresi in un range tra 1,71 e 2,16 MPN/100ml-Log₁₀ per poi raggiungere un plateau di 1 per i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre. Ad ottobre e novembre si è assistito ad una risalita dei valori intorno, rispettivamente, a 2,13 e 2,97 MPN/100ml-Log₁₀ per arrivare nel mese di dicembre ad un valore di 3,11 MPN/100ml-Log₁₀. La stazione 66 ha mostrato un valore anomalo, rispetto alla serie 2000-2020 di 4,38 MPN/100ml-Log₁₀ a gennaio, per poi scendere a valori intorno al limite di 1 tra febbraio e settembre (unico mese sopra il limite di rilevabilità aprile con 1,30 MPN/100ml-Log₁₀). Si è assistito ad una graduale risalita a partire dal mese di ottobre per arrivare al valore di 3,11 MPN/100 ml-Log₁₀ nel mese di dicembre.

Per quanto riguarda le stazioni 72 e 73 si è notato un comportamento molto simile, nell'andamento annuale, con la presenza, in entrambe le stazioni, per il mese di gennaio di due valori anomali rispetto alla serie 2000-2020, rispettivamente di 4,38 MPN/100ml-Log₁₀ per la 72 e di 4,24 MPN/100ml-Log₁₀ per la 73. Si è assistito successivamente, per entrambe le stazioni, ad un appiattimento dei valori intorno a 1 Log₁₀ per i mesi da febbraio a settembre (ed ottobre per la st.73), con successiva graduale risalita nel mese di novembre, nella

stazione 72 con un valore anomalo, rispetto alla serie 2000-2020, di 3,21 MPN/100ml-Log₁₀ e successiva discesa a 2,65 nel mese di dicembre. Nella 73 si è assistito ad una analoga risalita dei valori dal mese di novembre fino al 2,27 MPN/100ml-Log₁₀ di dicembre (valore anomalo).

Le stazioni 79 e 82 hanno dimostrato un comportamento praticamente uguale, partendo per il mese di gennaio con valori alti e anomali rispetto alla serie 2000-2020, rispettivamente di 4,08 MPN/100ml-Log₁₀ per la 79 e di 3,02 MPN/100ml-Log₁₀ per la 82. Sono stati riscontrati, in seguito, valori sul limite di 1 MPN/100ml-Log₁₀, per entrambe le stazioni da febbraio fino a novembre con risalita nel mese di dicembre a 1,99 MPN/100ml-Log₁₀ per la stazione 79 e a 2,08 MPN/100ml-Log₁₀ per la 82 (entrambi valori anomali per quelle stazioni).

Nel 2020 come nel 2019 si è notato un andamento dei dati nei mesi iniziali dell'inverno e tardo autunnali, ma al contrario del 2019 sono stati riscontrati anche massimi estivi (tra giugno e luglio) con valori anomali in diverse stazioni. Si è notato un andamento dei dati simile nelle due stazioni 43 e 47. In particolare, entrambe hanno presentato un valore minimo di 1 MPN/100ml-Log₁₀ a maggio, un picco massimo tra giugno e luglio intorno a 4 MPN/100 ml-Log₁₀ seguito da un nuovo minimo di 1 MPN/100ml-Log₁₀ ad agosto. L'andamento nel quadrimestre successivo è analogo, con un aumento nel mese di settembre rispettivamente di 2,82 MPN/100ml-Log₁₀ e di 2,33 MPN/100ml-Log₁₀, seguito da un calo ad ottobre a 1,80 MPN/100ml-Log₁₀ per la 43 e di 1,30 MPN/100ml-Log₁₀ per i mesi di ottobre e novembre per la 47. L'anno si chiude con un aumento intorno a 4 nel mese di dicembre. Al contrario nel bimestre gennaio-febbraio il comportamento delle due stazioni è diverso: mentre nella stazione 43 si parte dal valore di 3,2 MPN/100ml-Log₁₀ a gennaio per poi diminuire a 2,64 MPN/100ml-Log₁₀ a febbraio, nella 47 i valori di gennaio e febbraio si equivalgono (2,08 MPN/100ml-Log₁₀).

Analogamente, anche le stazioni 49 e 63 hanno mostrato variazioni simili tra loro: un calo tra gennaio e febbraio; due picchi a luglio e a settembre (di questi quello a 4,38 Log₁₀ di luglio per la 63 è valore anomalo rispetto alla serie 2000-2020 mentre lo stesso valore nella 49 non è valore anomalo); valori minimi di 1 Log₁₀ a maggio nella 49, a giugno nella 63 e ad agosto in entrambe; diminuzione tra ottobre e novembre e aumento a dicembre fino a 2.41 Log₁₀ nella 49 e 3,31 nella 63.

La stazione 52 ha presentato abbondanze batteriche maggiori della soglia di 1 MPN/100ml-Log₁₀ ad eccezione del mese di agosto, risultando la stazione più

impattata dei bacini anche se nessun valore è risultato anomalo per la serie storica 2000-2020.

Le stazioni del bacino di Voltri anche nel 2020 hanno presentato abbondanze mensili in gran parte al limite di detezione; la stazione 66 (Fig.3.49) ha presentato per gran parte dell'anno valori intorno a 1 MPN/100ml-Log₁₀ con l'eccezione del mese di febbraio (1,80 MPN/100ml-Log₁₀), un picco estivo a giugno e luglio, rispettivamente 3,26 MPN/100ml-Log₁₀ e 4,38 MPN/100ml-Log₁₀, valori anomali rispetto alla serie storica, settembre 1,87 MPN/100ml-Log₁₀ e dicembre 1,80 MPN/100ml-Log₁₀.

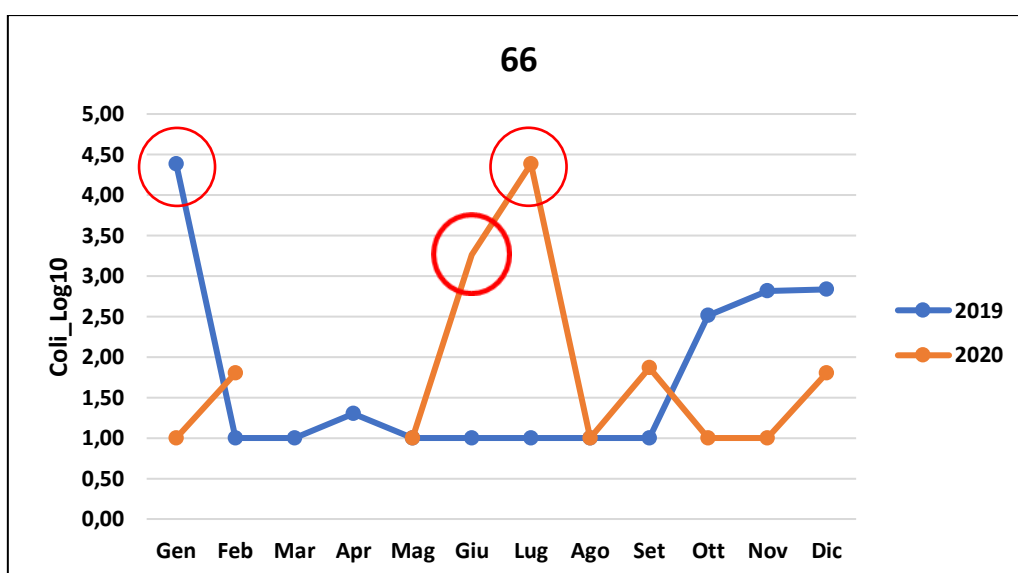


Fig.3.49 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 66

Le stazioni 72 e 73 hanno mostrato un andamento simile con valori di 1 MPN/100ml-Log₁₀ a maggio, agosto e ottobre, un picco a giugno e luglio di 3,44 MPN/100 ml-Log₁₀ e 4,38 MPN/100 ml-Log₁₀ (valori anomali) per la 72 e 1,90 MPN/100ml-Log₁₀ e 2,64 MPN/100 ml-Log₁₀ per la 73, un altro picco a settembre rispettivamente di 2,88 MPN/100ml-Log₁₀ e di 3,49 MPN/100ml-Log₁₀, quest'ultimo valore anomalo.

Al contrario nei mesi di gennaio e febbraio la stazione 72 (Fig3.50) ha mostrato un raddoppio del valore da 1 a 2 MPN/100ml-Log₁₀ mentre la 73 ha mostrato valori stabili poco al di sopra di 1,50 MPN/100ml-Log₁₀; anche nell'ultimo bimestre il comportamento delle due stazioni è stato diverso con valori di 2,20

MPN/100ml-Log₁₀ a novembre e 1,87 MPN/100ml-Log₁₀ a dicembre per la 72, mentre il valore è rimasto 1 Log₁₀ nella stazione 73.

Infine, le stazioni 79 e 82 (Fig.3.51) hanno registrato valori diversi da 1 solo nei mesi di gennaio (1,49 MPN/100ml-Log₁₀) la 79, febbraio (1,61 MPN/100ml-Log₁₀) la 82, giugno e luglio entrambe rispettivamente 2,13 e 3,17 MPN/100ml-Log₁₀ e 2,88 Log₁₀ e 3,16.

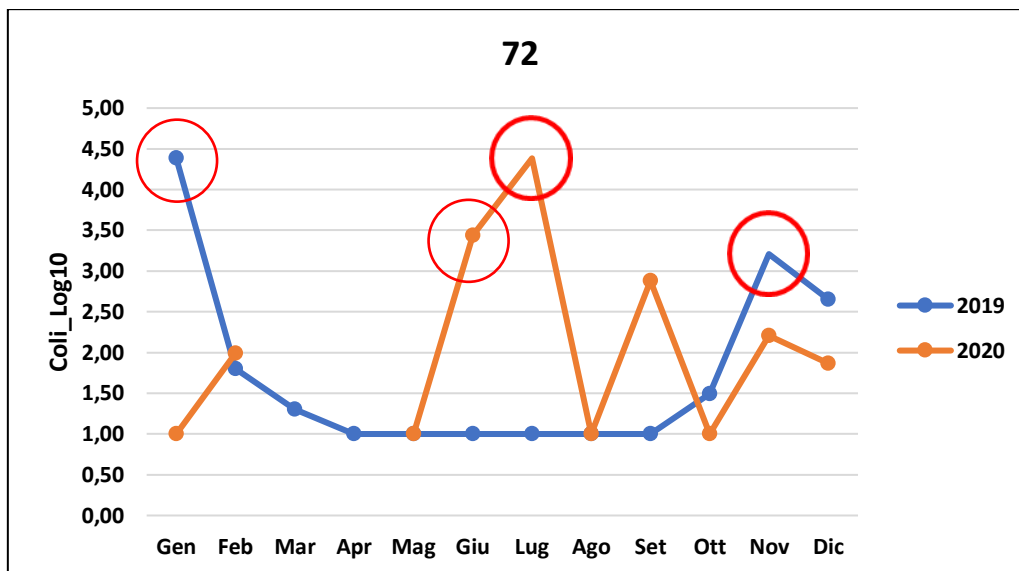


Fig.3.50 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 72

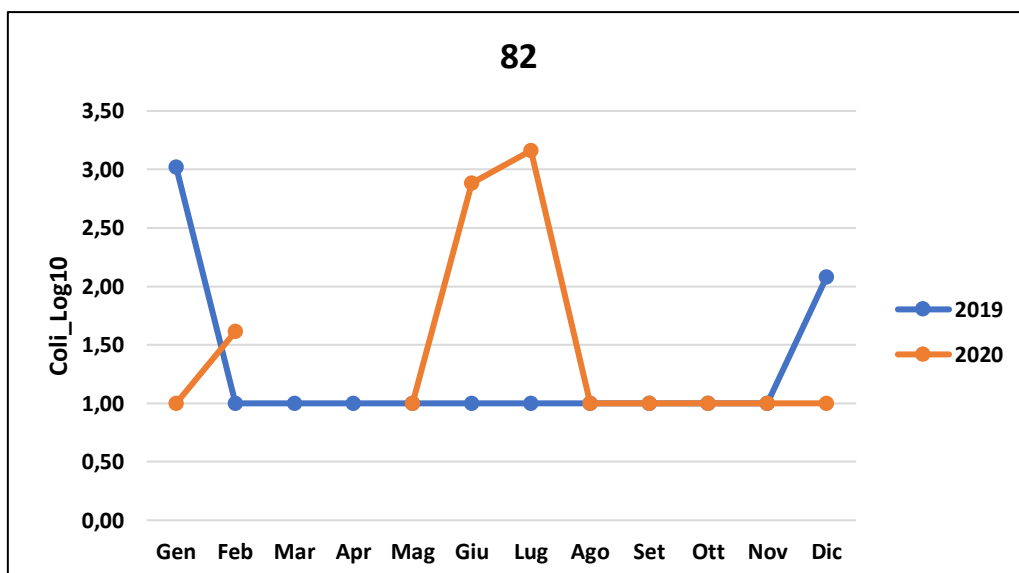


Fig.3.51 - ciclo annuale dell'abbondanza batterica (MPN/100ml - Log₁₀) nel 2019 e 2020 nella stazione 82

Clorofilla-a

I valori di clorofilla-a nel bacino Multedo – Voltri sono presentati nella Tabella 3.14.

Tabella 3.14 – valori mensili di clorofilla-a (µg/l) nel 2019-2020 nelle stazioni complete dei bacini Multedo-Voltri; in corsivo grassetto i valori anomali rispetto alla serie 2000-2020; n.d. – non determinato.

	43	47	49	52	63	66	72	73	79	82
gen-19	0.29	0.32	0.22	0.27	0.10	0.27	0.52	0.58	0.48	0.32
feb-19	0.93	0.98	0.75	0.59	0.46	1.20	0.82	0.95	1.18	n.d.
mar-19	0.89	0.73	0.52	0.52	0.30	0.59	0.52	0.61	0.55	0.53
apr-19	0.39	0.24	0.20	0.32	0.20	0.37	0.42	0.46	0.48	0.52
mag-19	0.96	1.35	1.40	1.12	0.81	0.44	1.64	0.96	1.22	1.08
giu-19	2.18	1.08	2.59	0.97	0.63	0.78	0.69	0.60	0.22	0.06
lug-19	3.62	2.55	1.40	0.91	0.33	0.60	1.48	0.81	0.41	0.15
ago-19	1.63	1.45	1.15	0.85	0.95	0.84	0.80	1.13	0.73	0.36
set-19	1.84	2.03	1.38	1.18	0.89	0.87	1.33	0.93	0.26	0.19
ott-19	0.40	0.58	0.69	0.63	0.85	0.94	1.34	0.62	0.74	0.64
nov-19	0.09	0.25	0.16	0.13	0.24	0.19	0.28	0.20	0.41	0.25
dic-19	0.47	0.53	0.25	0.29	0.31	0.89	0.31	0.39	0.29	0.24
gen-20	0.08	0.09	0.10	0.16	0.13	0.28	0.42	0.45	0.52	0.48
feb-20	0.45	0.56	0.50	0.29	0.45	0.37	0.73	0.53	0.46	0.59
mar-20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
apr-20	0.93	1.08	1.17	0.42	0.61	0.53	1.75	0.69	0.74	0.63
mag-20	0.91	0.65	0.63	0.54	0.68	1.12	1.13	1.24	0.87	0.77
giu-20	2.24	1.78	1.07	1.57	0.84	1.74	2.53	1.09	0.61	0.48
lug-20	0.87	0.53	0.35	0.40	0.47	0.39	1.19	0.76	0.38	0.28
ago-20	0.86	0.89	1.31	1.17	0.57	0.48	0.72	0.41	0.22	0.13
set-20	4.14	4.99	3.66	3.41	1.81	2.09	3.78	1.40	1.47	1.62
ott-20	0.64	0.71	0.56	0.61	0.44	1.01	1.41	1.00	0.70	0.70
nov-20	0.16	0.20	0.20	0.15	0.15	0.92	1.28	1.46	1.14	0.40
dic-20	0.36	0.38	0.40	0.55	0.50	0.81	0.76	0.74	0.42	0.49

Le stazioni limitrofe 43, 47 (Figg.3.52 – 3.53) e 49 hanno presentato nel 2019 un comportamento simile in quanto i valori nel primo quadrimestre sono sempre inferiori a 1 µg/l ed iniziano a crescere in primavera/estate, ed è sempre presente un picco estivo in corrispondenza del mese di luglio nelle prime due e a giugno nella terza; il valore massimo di luglio della stazione 43, 3,50 µg/l, è un

valore anomalo rispetto alla serie storica per questa stazione. Si sono, inoltre, osservati in tutte le stazioni un flesso nel mese di agosto, un piccolo aumento del valore a settembre con una diminuzione progressiva fino ad un minimo a novembre ed un valore finale di circa 0,50 µg/l a dicembre.

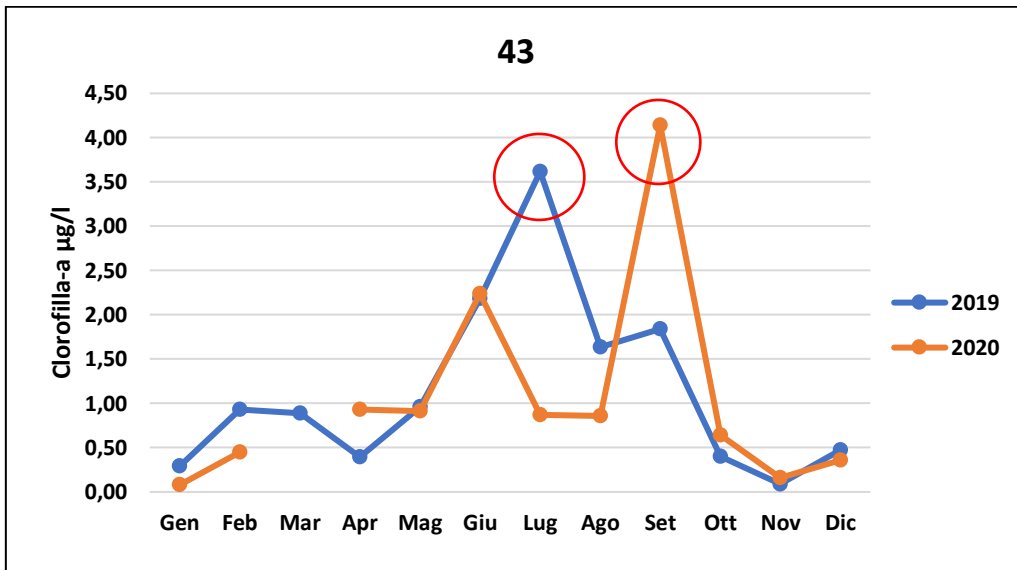


Fig.3.52 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla (µg/L) nel 2019 e 2020 nella stazione 43

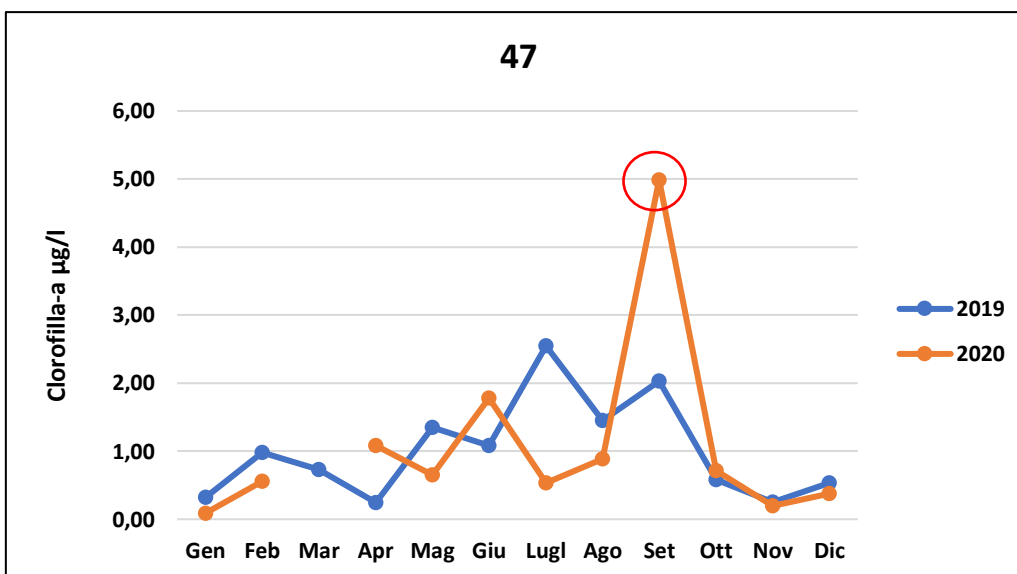


Fig.3.53 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla (µg/L) nel 2019 e 2020 nella stazione 47

Analogamente le successive tre stazioni, 52, 63 e 66 hanno mostrato nello stesso anno curve quasi sovrapponibili, pur trovandosi in bacini diversi, ma essendo in aree meno confinate. In particolare: le variazioni intra-annuali nel 2019 sono sempre state inferiori a 1,2 $\mu\text{g/l}$ in valore assoluto; nel primo quadrimestre i valori sono rimasti pressoché stabili tranne nella stazione 66 (Fig. 3.54) nella quale si è passati da un valore di 0,28 $\mu\text{g/l}$ a gennaio a 1,20 $\mu\text{g/l}$ a febbraio; nei mesi da maggio a ottobre i valori rimangono più o meno costanti tranne nella stazione 63 dove è stato registrato un sensibile calo dallo 0,81 $\mu\text{g/l}$ di maggio allo 0,33 $\mu\text{g/l}$ di luglio; a novembre è stato registrato un netto calo in tutte le stazioni seguito da un lieve aumento a dicembre nella 52 e nella 63, mentre nella 66 il valore di dicembre ritorna a 0,89 $\mu\text{g/l}$, molto vicino a quello di ottobre.

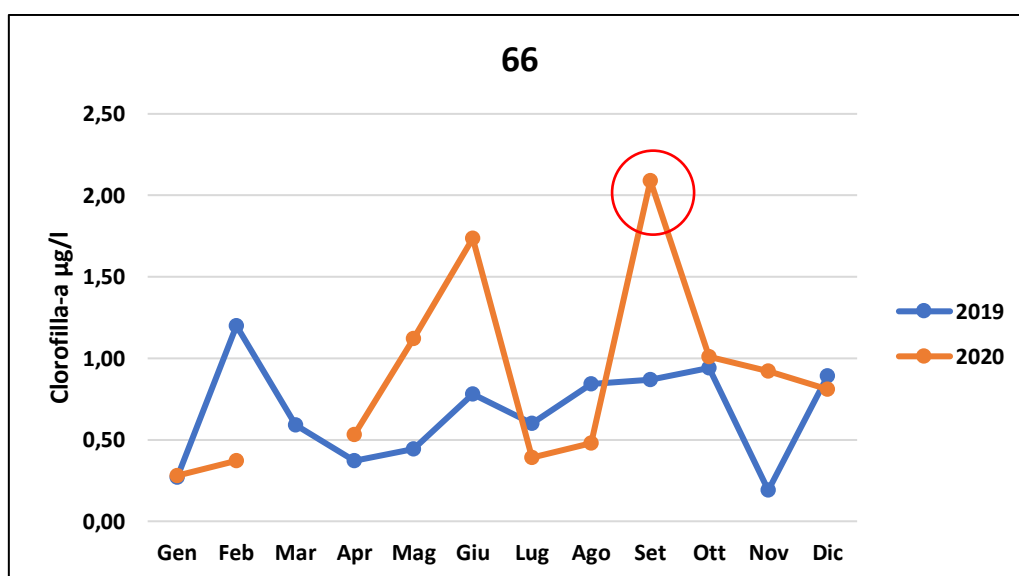


Fig.3.54 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g/L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 66

Le stazioni 72,73 e 79 hanno mostrato nel primo trimestre 2019 un comportamento molto simile, si è osservato a febbraio, per tutte e tre le stazioni un picco positivo intorno a 1 $\mu\text{g/l}$ per poi discendere a marzo tra 0,52 $\mu\text{g/l}$ -0,63 $\mu\text{g/l}$; nel secondo trimestre si è notato, in tutte e tre le stazioni un'ulteriore diminuzione ad aprile su valori intorno a 0,42 $\mu\text{g/l}$ -0,56 $\mu\text{g/l}$, per risalire a maggio ad un picco 1,64 $\mu\text{g/l}$ per la stazione 72, 0,96 $\mu\text{g/l}$ per la 73 e 1,22 $\mu\text{g/l}$ per la 79. Nel mese di giugno si è assistito ad un calo compreso tra 0,22 $\mu\text{g/l}$ e 0,69 $\mu\text{g/l}$. Nel mese di luglio si è rilevato un aumento con un picco a luglio nella stazione 72

e ad agosto per le stazioni 73 e 82 con valori compresi rispettivamente di:1,48 $\mu\text{g/l}$ per la 72 di 1,13 per la 73 e di1,62 per la 79.

Nella stazione 72 (Fig.3.55) si è notata una risalita a 1,33 $\mu\text{g/l}$ a settembre nella stazione 73 la concentrazione rimane abbastanza elevata (0,93 $\mu\text{g/l}$). Al contrario, nella stazione 79 a settembre si raggiunge il minimo annuale (0,26 $\mu\text{g/l}$). Per quanto riguarda il mese di ottobre si è rilevato, nelle stazioni 72 e 79 un aumento a valori di 1,34 $\mu\text{g/l}$ e 0,74 $\mu\text{g/l}$ rispettivamente, mentre per la stazione 73 il mese di ottobre con il valore di 0,62 $\mu\text{g/l}$ ha rappresentato una discesa verso il minimo di novembre (0,20 $\mu\text{g/l}$). Nel mese di dicembre si è osservato, invece, un piccolo aumento a 0,39 $\mu\text{g/l}$ nella stazione 73 ed una discesa a valori nettamente più bassi nelle stazioni 72 e 79.

Nella stazione 82 si è rilevato un comportamento diverso rispetto alle precedenti stazioni, per prima cosa è risultata mancante la rilevazione del mese di febbraio, si è osservato un plateau dei valori nel bimestre di marzo-aprile su concentrazioni abbastanza basse (0.63 $\mu\text{g/l}$ -0,52 $\mu\text{g/l}$) per poi raggiungere un picco intorno a 1,08 $\mu\text{g/l}$ a maggio, seguito da un crollo a giugno (<0,1 $\mu\text{g/l}$), ed una piccola risalita tra luglio ed agosto (quando raggiunge 0,36 $\mu\text{g/l}$). A settembre scende nuovamente per poi risalire ad ottobre a 0,64 $\mu\text{g/l}$ (massimo autunnale) e ridiscesa a novembre-dicembre con concentrazioni intorno a 0,25 $\mu\text{g/l}$.

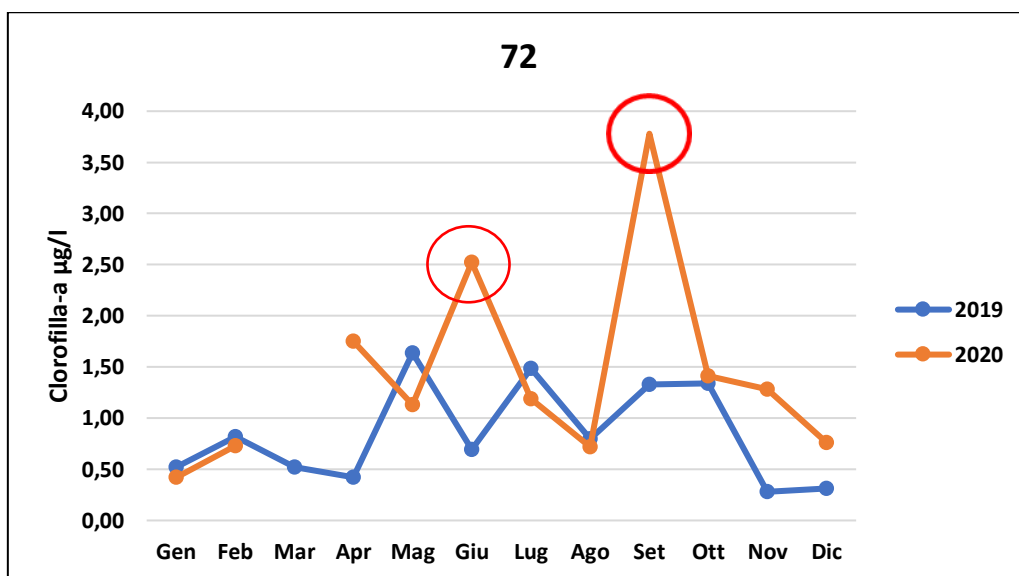


Fig.3.55 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla ($\mu\text{g/L}$) nel 2019 e 2020 nella stazione 72

Nel 2020, per quanto riguarda il parametro clorofilla, si è notato un andamento annuale molto simile delle concentrazioni nelle stazioni 43,47,49,52 e 63 con un bimestre gennaio- febbraio in cui si sono mantenute su valori molto bassi con un range compreso tra 0,08 µg/ e 0,50 µg/l. Queste stazioni del bacino di Multedo hanno fatto osservare un massimo nel mese di giugno compreso in un intervallo fra il valore più alto di 2,24 µg/ della stazione 43 ed un valore di 0,84 per la 63, nettamente più basso di tutte le stazioni prese in esame. Valori elevati (<3 µg/), anomali rispetto alla serie storica, si sono osservati nel mese di settembre per le stazioni 43, 47, 49 e 52 (Fig.3.56).

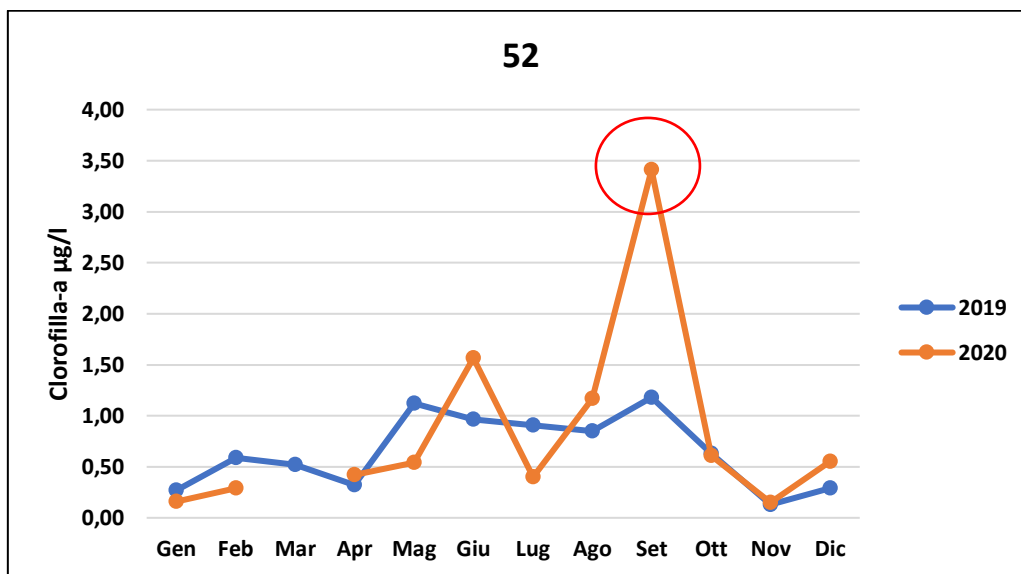


Fig.3.56 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla (µg/L) nel 2019 e 2020 nella stazione 52

Per le stazioni del bacino di Voltri si è riscontrato un andamento lievemente diverso rispetto alle cinque stazioni precedenti. Per i mesi di gennaio e febbraio si sono rilevate concentrazioni contenute sempre al di sotto di 0,8 µg/l, più basse a gennaio che a febbraio ma le concentrazioni di gennaio sono decisamente più elevate rispetto a quelle del bacino di Multedo. Ad aprile iniziano ad aumentare e si nota in particolare nella stazione 72 (Fig. 3.55) un aumento di rilievo di 1,75 µg/l. Le stazioni 66 e72 raggiungono il massimo tardo primaverile-inizio estivo a giugno (per la stazione 72 la concentrazione di 2,53 µg/l è anche valore anomalo rispetto alla serie storica), mentre per le restanti tre stazioni viene raggiunto a maggio. Il vero massimo annuale viene però raggiunto anche in questo bacino a settembre (dal più elevato nella stazione 72, 3,78 µg/l al meno elevato nella 73, 1,40 µg/l. Per tutte le stazioni ad eccezione della 73, la concentrazione di settembre è un valore anomalo rispetto alla serie storica. Le concentrazioni

rimangono ancora abbastanza elevate nei mesi di ottobre e novembre (nelle stazioni più interne rimangono intorno o poco sopra 1 µg/l), mentre diminuiscono a dicembre.

La stazione 82 (Fig3.57), più esterna, presenta le concentrazioni più contenute, mentre la stazione 72 ha in generale le concentrazioni di clorofilla più elevate per il bacino di Voltri.

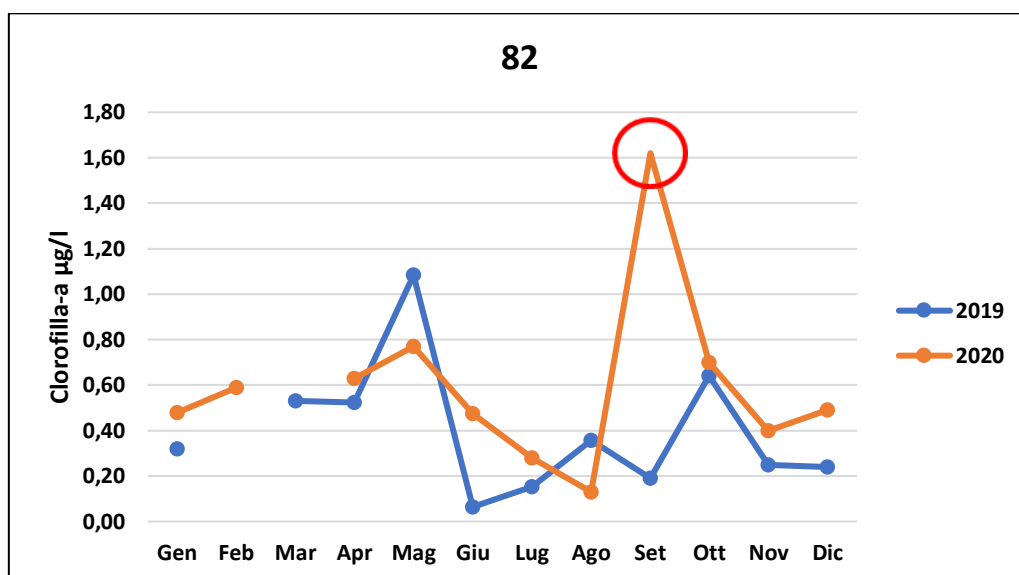


Fig.3.57 - ciclo annuale concentrazione di clorofilla (µg/L) nel 2019 e 2020 nella stazione 82

3.3 Variabilità spaziale lungo gradienti interno-esterno del porto. Presentazione dei risultati dei parametri fisico-chimico-biologico dei transetti.

In questo paragrafo sono state riportate le variabilità spaziali di alcuni parametri selezionati lungo i gradienti interno-esterno del porto a seconda dei bacini più impattati (Porto Antico-imboccatura di levante, Foce Polcevera, Multedo Porto petroli). Il bacino di Prà-Voltri non è stato considerato poiché il quadro mostrato dalle variabili prese in esame per il monitoraggio non ha evidenziato valori allarmanti in questo bacino.

3.3.1 Transetto Genova Porto Antico

Per quanto riguarda il bacino del Porto Antico di Genova, sono state scelte 4 stazioni, 10 – 8 – 16 – 19, dalla più interna tra i moli (stazione 10) alla stazione centrale prima dell'imboccatura di levante (stazione 19) (Fig. 3.58).

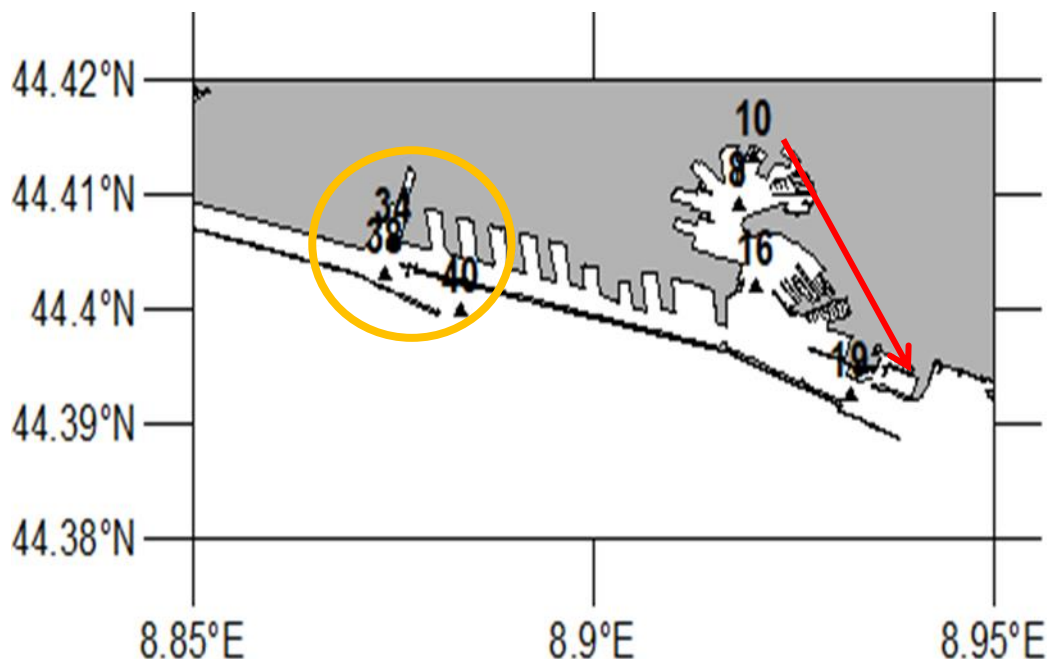


Fig. 3.58 – Transetti interno – esterno nei bacini di Genova e Sampierdarena: la freccia rossa indica il gradiente nel porto Antico (stazioni 10 – 8- 16 – 19) e il cerchio giallo evidenzia tre stazioni alla foce del torrente Polcevera (34 – 38- 40).

Temperatura

Per quanto riguarda la variabile temperatura negli anni 2019 e 2020 ha pesato di più la variabilità stagionale che quella spaziale (Fig.3.59). Infatti, è stato osservato un andamento simile nei due anni presi in esame, per le tre stazioni sul gradiente interno - esterno del porto, con un andamento tipico della stagionalità, minimi a gennaio e massimi ad agosto. La temperatura si è mantenuta su valori minimi, a gennaio 2019, nelle tre stazioni più interne al di sotto dei 13 °C mentre nel gennaio 2020 è stata >13°C in tre stazioni su 4. La stazione più fredda è stata la 8, che ha raggiunto 11,8°C nel 2019 e 12,9°C nel 2020. L'aumento delle temperature è stato graduale fino al massimo di agosto, sebbene nel 2019 fino ad aprile la temperatura è cresciuta poco e si è verificato un grosso aumento nel mese di giugno. Al contrario nel 2020 l'aumento è stato più graduale e distribuito nei diversi mesi, col risultato che i mesi estivi di giugno e luglio hanno mostrato temperature più elevate nel 2019 che nel 2020. I

massimi estivi sono stati sostanzialmente simili, intorno ai 26°C, anche se nel 2020 tutte le stazioni hanno superato questa temperatura mentre nel 2019 solo le stazioni più interna e più esterna del transetto. Si è osservato poi un graduale calo di questa variabile fino al minimo di dicembre (15,5-15,8°C dicembre 2019 – 14,0-14,8°C dicembre 2020), anche se nel 2019 i mesi autunnali sono risultati più caldi di quelli del 2020.

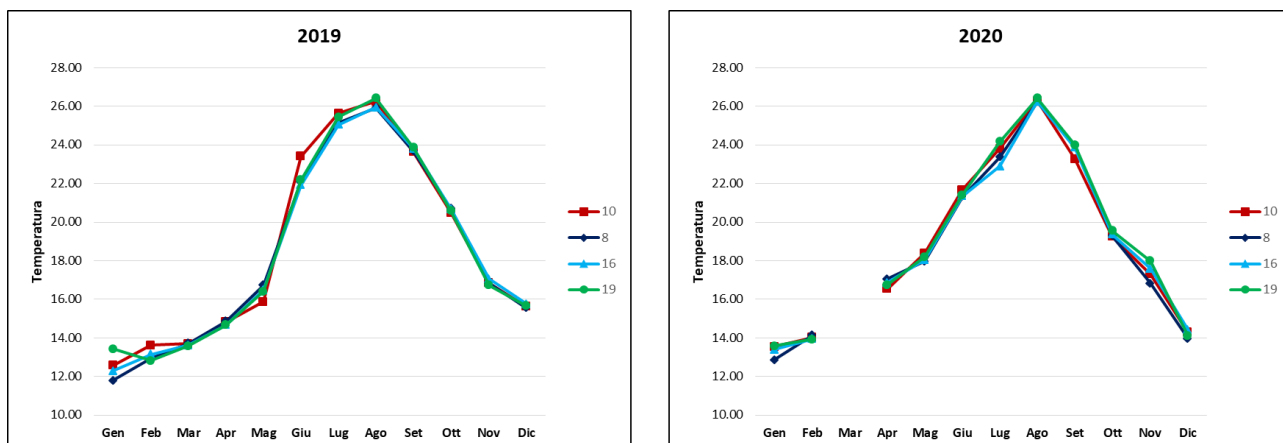


Fig. 3.59 - andamento della temperatura lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

Salinità

La salinità nel bacino del Porto Antico (Fig.3.60) nei due anni è soggetta a variazioni ascrivibili agli input di acqua dolce dai rii e dagli scarichi che insistono nel porto e generalmente oscilla tra valori più bassi rispetto alle acque di mare aperto. Nel 2019 un minimo comune a tutto il bacino, se pur con valori differenti, si verifica nel mese di novembre, in concomitanza con forti piogge. Se valori di salinità inferiori a 36 psu sono normali per le stazioni 10 e 8, non è così per st.16 e 19. Infatti, i valori di salinità di novembre per queste due stazioni sono valori anomali per la serie storica. Nel 2019 la stazione 19 presenta altri due minimi di salinità (<36psu), anomali per la serie, a gennaio e a maggio. In questi due mesi è l'unica stazione del bacino ha mostrare valori bassi, pertanto è plausibile che gli input di acqua dolce arrivino al di fuori del porto (presumibilmente dal torrente Bisagno che sfocia in vicinanza dell'imboccatura). Nel mese di giugno, così come in ottobre, è invece la stazione più interna che mostra un minimo di salinità (36,29 e 36,73 psu rispettivamente) mentre le altre stazioni oscillano tra 37,22 e 37,37 psu a giugno e tra 37,73 e 37,86 psu a ottobre.

Nel 2020 sono più evidenti rispetto al 2019 le inferiori salinità della stazione 10, interna ai moli, vicino agli scarichi. Questa stazione a giugno e a novembre ha

raggiunto valori inferiori a 32 psu. In tutto il 2020, le altre tre stazioni hanno valori più simili tra loro mostrando in alcuni mesi un lieve gradiente con salinità crescente verso l'imboccatura del porto. Tuttavia, anche la stazione 19, all'imboccatura, raggiunge valori intorno a 38 psu (simili al mare aperto) solo nei mesi estivi.

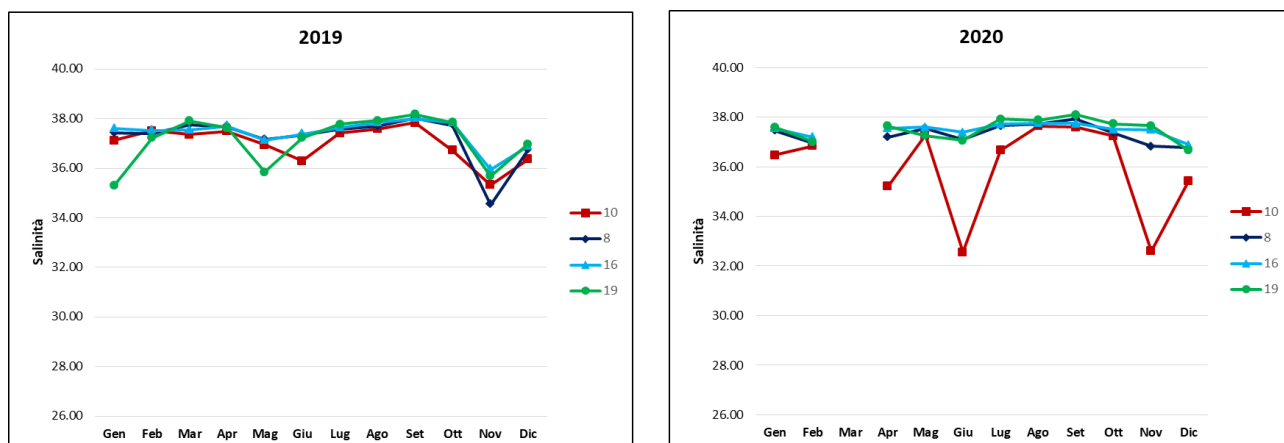


Fig. 3.60 - andamento della salinità lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

Ossigeno disciolto

Nel bacino del Porto Antico è evidente in entrambi gli anni un gradiente crescente dell'ossigeno disciolto tra l'interno (con percentuali anche <70%) e l'imboccatura (con percentuali generalmente tra 90 e 100%). Nel 2019 nella stazione 10 i minimi sono osservabili a giugno-luglio e poi ottobre, mentre la stazione 8 ha un minimo di 72,1% solo a luglio e il resto dell'anno ha valori <90%. Nel 2020 è particolarmente evidente la diminuzione di ossigeno disciolto nella stazione più interna, che assume valori <70% tutta la primavera ed estate, e poi di nuovo a novembre, discostandosi dall'andamento delle altre tre stazioni, che pur con una variabilità tra interno e esterno porto, assumono valori vicini o superiori al 90% a giugno e luglio. Anche l'altra stazione interna, la 8, nel 2020 assume più che nel 2019 valori inferiori all'80% (aprile, maggio, agosto e in autunno).

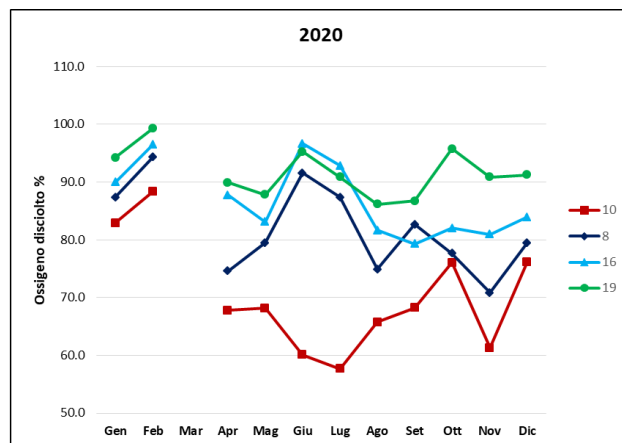
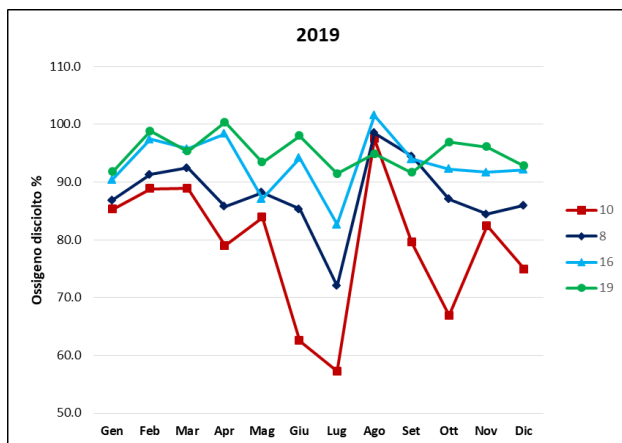


Fig. 3.61 - andamento dell'ossigeno disciolto (%) lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

Coliformi fecali

Come per l'ossigeno disciolto, anche le abbondanze batteriche mostrano in entrambi gli anni un gradiente tra interno ed esterno porto (Fig.3.62), con le abbondanze maggiori nella stazione 10 e minori all'imboccatura. In particolare, la stazione 10 non mostra variabilità stagionale ma le abbondanze batteriche oscillano tra 3,61 e 5,15 nel 2019 e tra 2,86 e 5,38 MPN/100ml – Log_{10} nel 2020, superando in diverse occasioni il valore limite 12000MPN/100ml per i coli (4,08 in Log_{10}) indicato nella normativa vigente. Per quanto riguarda le altre stazioni si osserva invece una diminuzione nei mesi estivi e autunnali. La stazione 16 raggiunge un valore al di sotto del limite di rilevabilità a luglio 2019 mentre la stazione 19 mostra valori al di sotto della rilevabilità a febbraio e giugno 2019 e ad agosto 2020.

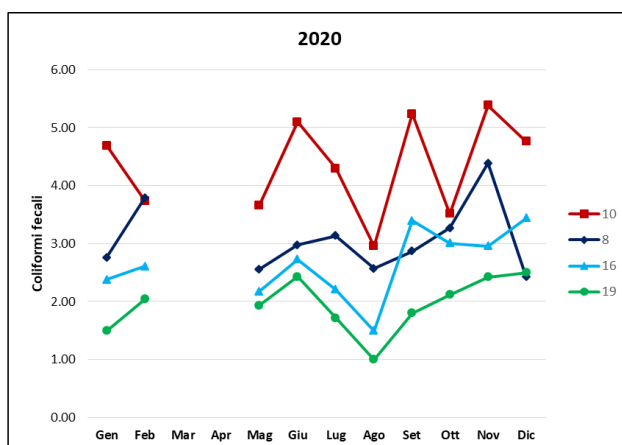
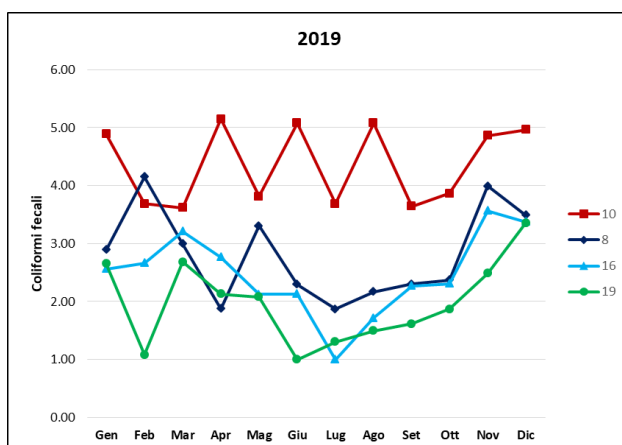


Fig. 3.62 - andamento dell'abbondanza batterica (MPN/100ml-Log₁₀) lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

Ammoniaca

Le concentrazioni dell'ammoniaca sono generalmente contenute in tutto il bacino nei due anni, ad eccezione della stazione più interna tra i moli, stazione 10, e mostrano un gradiente decrescente verso l'imboccatura. Non superano mai il valore di 15 mg/l imposto dalla normativa vigente per gli scarichi nei porti. La stazione 19 all'imboccatura ha sempre valori al di sotto del limite di deteazione (0,05 mg/l) ad eccezione di dicembre 2020, quando lo supera di pochissimo (0,06 mg/l). La stazione 10 in entrambi gli anni presenta valori elevati a gennaio, giugno e novembre-dicembre, più un picco ad agosto 2019 e settembre 2020. L'altra stazione interna, la 8, ha valori più contenuti ma presenta un picco in entrambi gli anni a novembre, anche se al di sotto di 1 mg/l.

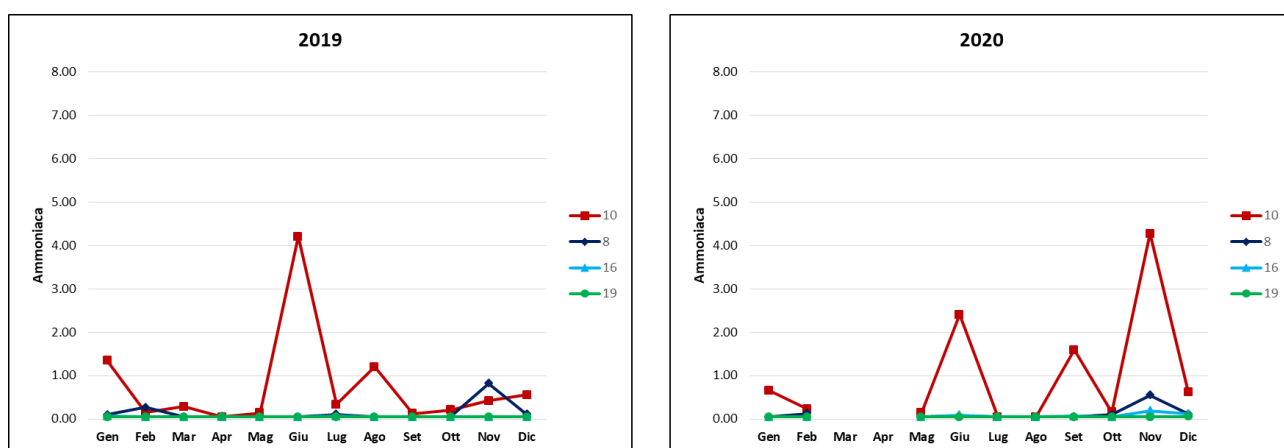


Fig. 3.63 - andamento dell'ammoniaca (mg/l) lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

Clorofilla-a

Le concentrazioni di clorofilla nel 2019 (Fig. 3.64) mostrano una stagionalità che porta ad avere i massimi tra giugno e settembre con tempi differenti nelle diverse aree del bacino. La stazione più interna ha i massimi vicino a 3 µg/l in tarda estate. Il massimo di settembre è anomalo per la serie storica di questa stazione. Invece la stazione 8 (altra stazione interna al bacino), ha il massimo a giugno (3,44 µg/l) e poi un secondo inferiore ad agosto. Anche le stazioni 16 e 19 hanno un massimo a giugno e luglio, per entrambe valori anomali rispetto alla

serie storica. Al contrario, nel 2020 le concentrazioni di clorofilla sono generalmente inferiori e il massimo annuale si verifica in tutto il bacino a giugno, pur con concentrazioni differenti (maggiore di 3 $\mu\text{g/l}$ nella 8 e tra 1,39 e 1,96 nelle altre stazioni). Un picco secondario si osserva in primavera, ad aprile omogeneo in tutto il bacino, e a settembre, ad esclusione della stazione all'imboccatura di levante. Questa stazione in entrambi gli anni mostra generalmente le concentrazioni inferiori.

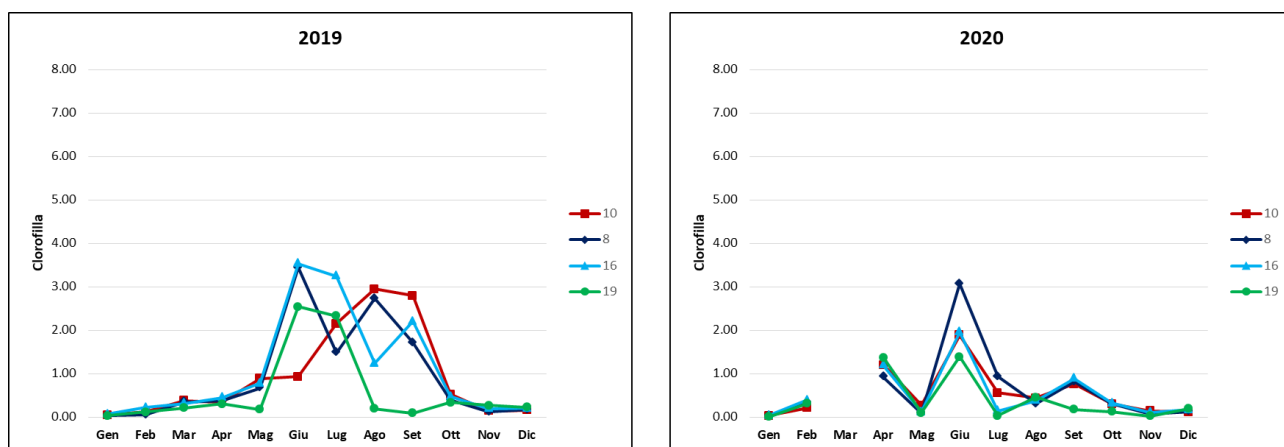


Fig. 3.64 - andamento della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) lungo il gradiente Porto Antico (st.10) e imboccatura di levante (st.19) nel 2019 e nel 2020.

3.3.2 Transetto foce Polcevera (Sampierdarena)

Per quanto riguarda la foce del Torrente Polcevera, le stazioni considerate per comporre il transetto dall'interno all'esterno del porto (Fig. 3.58) sono la 34 (foce), 38 e 40 (imboccatura del porto di ponente).

Temperatura

Anche in questo transetto per quanto riguarda la variabile temperatura negli anni 2019 e 2020 (Fig. 3.65) ha pesato di più la variabilità stagionale che quella spaziale. Infatti, è stato osservato un andamento simile nei due anni presi in esame, per le tre stazioni sul gradiente interno - esterno del porto, con un

andamento tipico della stagionalità, minimi a gennaio e massimi ad agosto. La temperatura si è mantenuta su valori minimi, a gennaio, intorno a 12,7-13,6°C per gennaio 2019 e 13,2-13,6°C per gennaio 2020 per poi gradualmente aumentare nei mesi successivi fino al massimo di agosto sopra i 26°C per entrambi gli anni. Anche in questo bacino si è osservato un aumento di temperature più graduale nel 2020 rispetto al 2019, dove i mesi fino a maggio mostrano temperature inferiori, per poi salire bruscamente nel mese di giugno. Da settembre in avanti si è osservato poi un graduale calo di questa variabile fino al minimo di dicembre ancora sopra i 15°C nel 2019 e tra 14,3-14,8°C nel 2020).

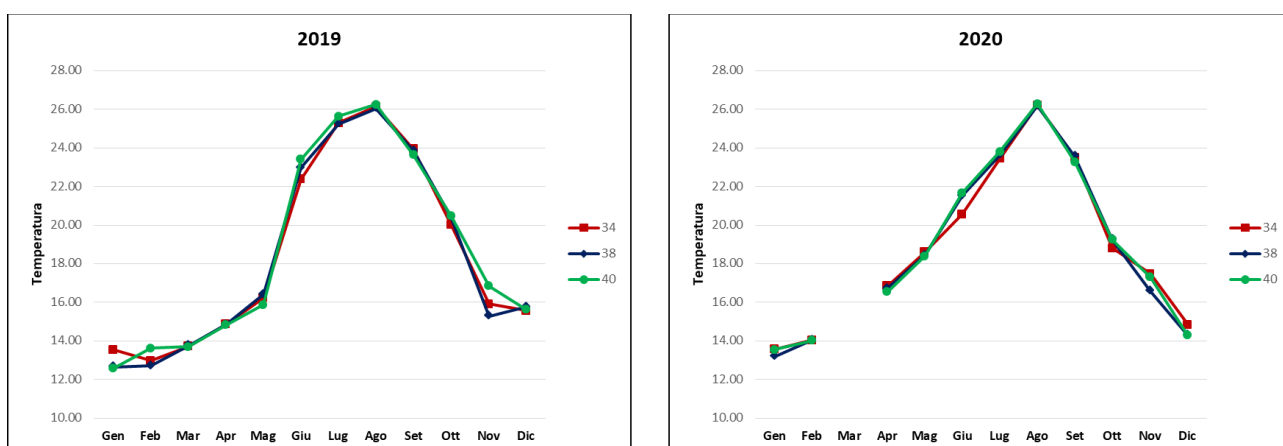


Fig. 3.65 – andamento della temperatura lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

Salinità

La salinità alla foce del torrente Polcevera (Fig. 3.66) nel 2019, ha mostrato valori molti variabili, anche se la stazione 40 all'imboccatura, ha in generale valori maggiormente simili a quelli del mare, risultando meno influenzata dall'acqua del torrente Polcevera. Ci sono delle eccezioni nei mesi di gennaio, maggio e novembre, che sono il risultato di processi diversi. In particolare, a maggio la stazione 40 ha il minimo annuale di salinità (26,2 psu) mentre le stazioni interne hanno valori maggiori. La circolazione dell'acqua in tale bacino subisce modificazioni a seconda del regime dei venti, creando anche questi paradossi. Nel 2020 la salinità ha mostrato meno sbalzi, soprattutto nella stazione 40 che in generale presenta valori più elevati rispetto a quelle interne, anche se mai

sopra 37,5 psu ad eccezione di agosto. Infatti, la salinità del bacino è in generale minore rispetto all'anno precedente.

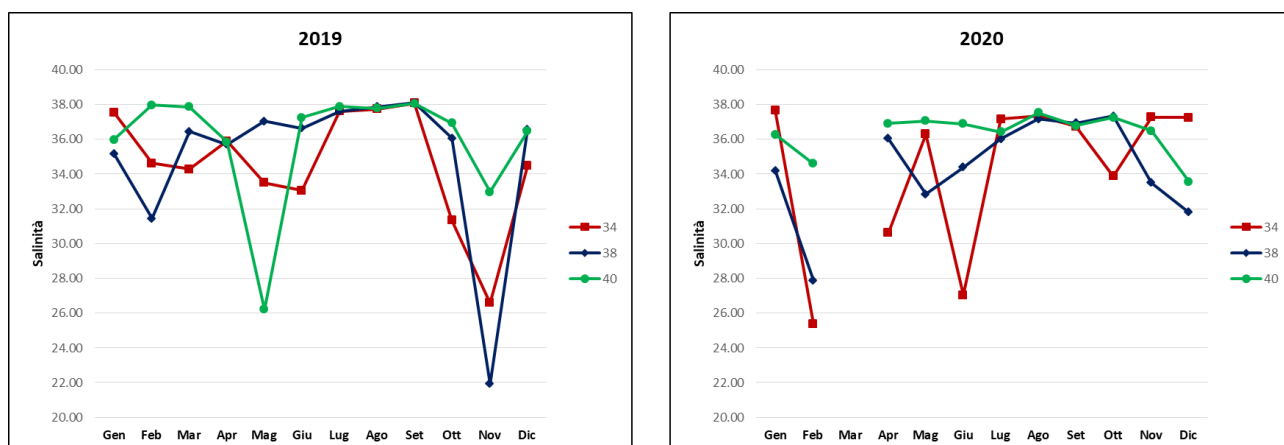


Fig. 3.66 – andamento della salinità (psu) lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

Nel 2019 a gennaio la stazione 34 ha valori maggiormente elevati rispetto alle altre due, probabilmente perché il flusso del torrente alla foce non è omogeneo e si rischia di non campionare l'acqua di origine continentale. Questo fatto si è verificato anche a gennaio-20 e novembre - dicembre-20. In generale per entrambi gli anni le salinità più elevate in tutte le stazioni del bacino sono state riscontrate nei mesi estivi e inizio autunnali (luglio-ottobre, range 36-38 psu), mentre i minimi in inverno, primavera o autunno, secondo il regime delle piogge, con variazioni nei due anni. Da notare per entrambi gli anni in ottobre, la stazione 34 alla foce ha valori molto bassi (31,3 e 33,9 psu rispettivamente nei due anni), mentre le altre due stazioni non risultano grandemente influenzate dall'acqua dolce. Nel mese di novembre 2019 è stato registrato un picco minimo, per la stazione 38 (21,9 psu) ma anche le stazioni 34 e 40 mostravano valori contenuti, sebbene più alti (34,4 per la stazione 34 e 32,9 per la stazione 40) mentre le salinità non sono così basse nel novembre dell'anno successivo.

Ossigeno disciolto

La variabile ossigeno disciolto nelle stazioni transetto alla foce del torrente Polcevera (Fig. 3.67) nell'anno 2019, ha mostrato valori maggiori dell'85% con un'unica eccezione nella stazione della foce a giugno (62,0%). Al contrario, l'anno successivo in più occasioni la saturazione dell'ossigeno disciolto è risultata

inferiore a 85%, in particolare nella stazione più interna (aprile, giugno – minimo annuale 64,7%, settembre, ottobre), ma nei mesi tardo-estivi di agosto e settembre anche nell'intero bacino.

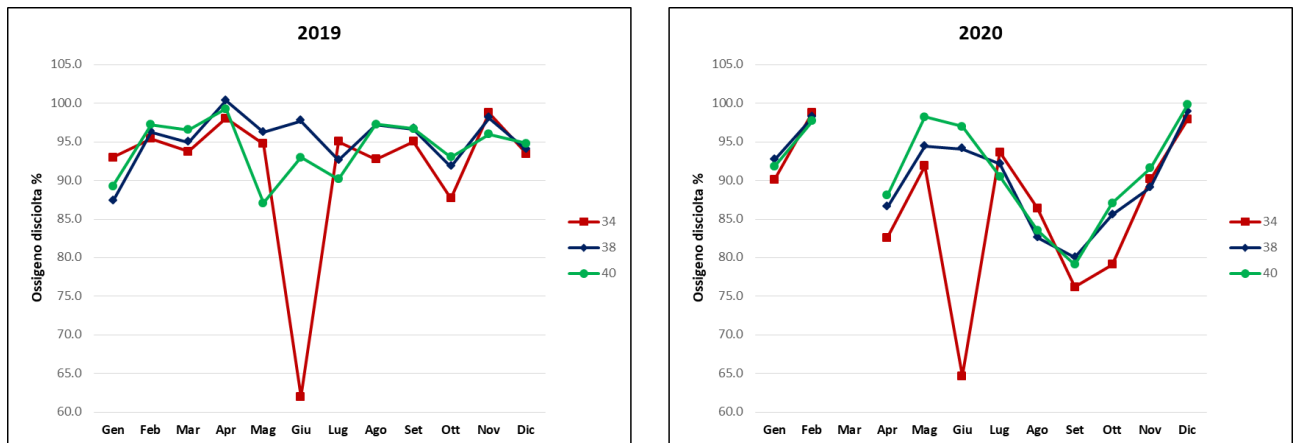


Fig. 3.67 – andamento dell'ossigeno disciolto (%) lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

La stazione 40 all'imboccatura ha, invece, mostrato due comportamenti differenti nel 2019 e 2020 nei mesi di maggio e giugno. Nel 2019 ha presentato valori più bassi della stazione immediatamente più interna, al contrario, nel 2020, l'ossigenazione migliorava dall'interno verso l'esterno del porto come sarebbe più logico aspettarsi.

Valori superiori al 97% in tutto il bacino, sono stati riscontrati nei mesi di aprile-2019, febbraio e dicembre-2020. Ma in generale una ossigenazione buona del bacino si è riscontrata nei mesi invernali e autunnali di entrambi gli anni.

Coliformi fecali

Nel 2019 l'abbondanza batterica di origine fecale ha mostrato valori in generale meno elevati nella stazione all'imboccatura rispetto a quella alla foce del torrente Polcevera (Fig. 3.68), pur essendo quasi sempre al di sopra della rilevabilità. Nel mese di gennaio si è assestata per tutte e tre le stazioni del transetto su valori superiori a 4 MPN/100ml – Log_{10} rispettivamente 4,38 MPN/100ml – Log_{10} per la stazione 34, 4,38 MPN/100ml – Log_{10} per la stazione 38 e 4,24 per la stazione 40. Successivamente, nel mese di febbraio si è assistito ad una discesa dei valori, soprattutto per la stazione 40 che si attestava a 1,48 MPN/100ml – Log_{10} mentre le stazioni 34 e 38 rimanevano su valori più alti (3,64

MPN/100ml – Log₁₀ la 34 e 3,49 MPN/100ml – Log₁₀ la 38). Nel mese di marzo si è assistito ad una piccola risalita dei valori specialmente per quanto riguarda la stazione 34 che si assesta a 3,68 MPN/100ml – Log₁₀. Le stazioni 38 e 40 rimangono su valori più bassi (2,78 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 1,48 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40. In aprile le stazioni 34 e 38 rimangono su valori poco superiori a 3 MPN/100ml – Log₁₀, mentre la 40 aumenta a 2,76 MPN/100ml – Log₁₀. Nel mese di maggio la stazione che presenta i valori più alti è la 34 con 4,19 MPN/100ml – Log₁₀ mentre la 38 e la 40 rimangono assestate su valori più bassi (3,10 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 2,55 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40. A giugno la stazione 34 diminuisce un poco i valori fino a 3,43 MPN/100ml – Log₁₀ mentre la 38 e la 40 diminuiscono più sensibilmente a valori rispettivamente di 1,49 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 1 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40. Nel mese di luglio i valori in tutte e tre le stazioni si sono fermate a valori intorno ad 1 MPN/100ml – Log₁₀ o poco al di sopra (1,99 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34, 1,72 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 1 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40). Nel mese di agosto i valori si assestano poco al di sopra di 1 MPN/100ml – Log₁₀. A settembre le stazioni 34 e 38 hanno registrato sempre valori intorno a 1 MPN/100ml – Log₁₀ mentre la stazione 40 è salita fino a 2,67 MPN/100ml – Log₁₀. Ad ottobre si è tornati su valori più alti, soprattutto per la stazione 34 che si assesta a 4,38 MPN/100ml – Log₁₀, mentre la 38 e la 40 presentano valori più bassi rispettivamente di 3,69 MPN/100ml – Log₁₀ e 2,38 MPN/100ml – Log₁₀ mostrando un gradiente decrescente verso l'esterno del porto. A novembre i valori rimangono elevati in tutto il bacino (3,86 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34, 4,11 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 3,66 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40). Il mese di dicembre ha presentato valori molto simili al mese di novembre. Riassumendo la stazione 34 ha registrato 2 picchi massimi a maggio ed ottobre ed un calo minimo a settembre. La stazione 38 ha presentato un picco massimo a gennaio ed un calo minimo nel mese di settembre. La stazione 40, invece, un calo minimo nel mese di febbraio e in quelli di giugno e luglio ed un picco massimo nel mese di dicembre.

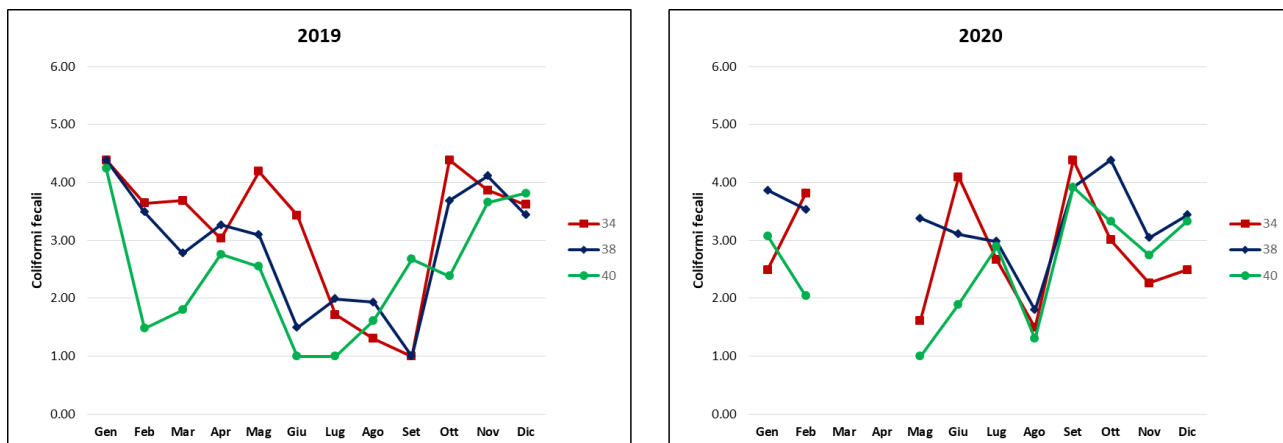


Fig. 3.68 – andamento dell'abbondanza batterica (MPN/100ml-Log₁₀) lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

Nel 2020 il gradiente decrescente interno – esterno del porto è risultato meno chiaro, se non addirittura inverso in alcuni mesi, e le abbondanze batteriche nel bacino sono risultate sempre maggiori del limite di rilevabilità, ad eccezione del dato di maggio della stazione 40. Nel mese di gennaio 2020 la stazione che ha presentato il valore più basso è la 34 con un 2,49 MPN/100ml – Log₁₀ mentre le stazioni 38 e 40 si sono attestate su valori rispettivamente di 3,86 MPN/100ml – Log₁₀ e di 3,07 MPN/100ml – Log₁₀. Nel mese di febbraio le stazioni 34 e 38 rimangono su valori simili a quelli di gennaio, 3,81 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34 e 3,81 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38. La stazione 40 scende invece più in basso a 2,04 MPN/100ml – Log₁₀. Nel mese di maggio le stazioni 34 e 40 scendono rispettivamente a 1,61 MPN/100ml – Log₁₀ e 1 MPN/100ml – Log₁₀. A giugno la 34 sale a 4,09 Log₁₀, la 38 rimane su un valore di 3,11 MPN/100ml – Log₁₀, la stazione 40 rimane sempre su valori bassi: 1,89 MPN/100ml – Log₁₀. Nel mese di luglio la stazione 34 scende a 1,30 MPN/100ml – Log₁₀, la 38 e la 40 scendono ma rimangono su valori più alto: 2,89 MPN/100ml – Log₁₀. Ad agosto l'intero bacino raggiunge valori molto bassi (1,90 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34, 1,80 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 1,30 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40). Nel mese di settembre si registra un aumento per tutte e tre le stazioni transetto: più spiccato per la 34 (massimo annuale 4,38 MPN/100ml – Log₁₀), 3,91 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e la 40. Ottobre presenta valori maggiori di 3, con un picco raggiunto dalla stazione 38 di 4,38 MPN/100ml – Log₁₀. Il mese di novembre ha registrato valori più bassi (2,26 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34, 3,05 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e 2,74 MPN/100ml – Log₁₀ per la 40). Dicembre si è assestato su

valori molto simili al mese di novembre (2,49 MPN/100ml – Log₁₀ per la 34, 3,33 MPN/100ml – Log₁₀ per la 38 e la 40).

Ammoniaca

La variabile ammoniacca, nel 2019, presenta un quadro piuttosto uniforme per le tre stazioni transetto (Fig. 3.69), con molte rilevazioni al di sotto del limite di deteazione, in particolare per le stazioni centrale ed esterna (38 e 40). Con l'esclusione di gennaio quando in tutto il bacino ha assunto valori tra 0,7 e 0,4 mg/l, con concentrazioni decrescenti dall'interno verso l'esterno, i restanti mesi è sempre rimasta intorno al limite di deteazione 0,05 mg/l, tranne che per la stazione 34, che ha presentato due aumenti più evidenti, in giugno (0,33 mg/l) e ad ottobre (0,79 mg/l).

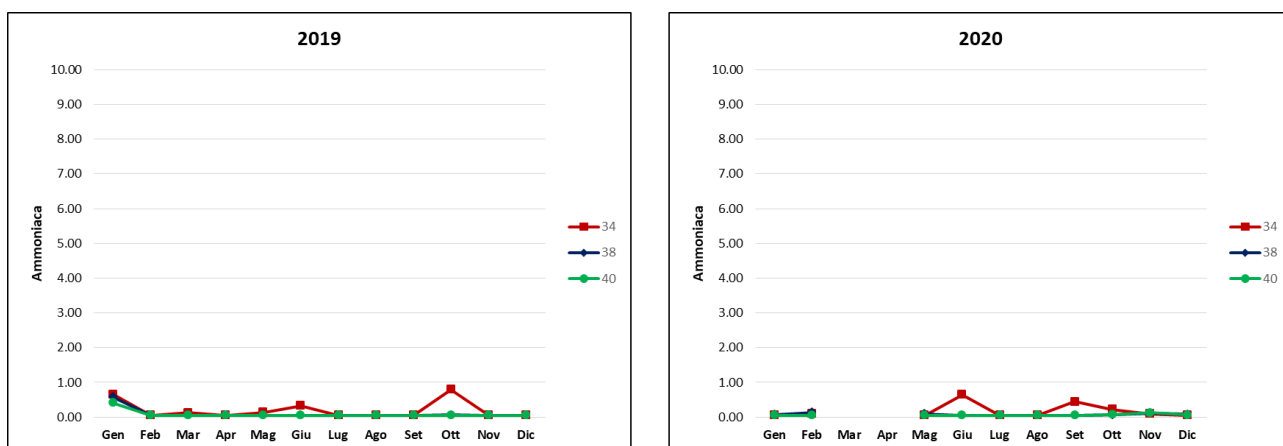


Fig. 3.69 – andamento dell'ammoniaca (mg/l) lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

Anche nel 2020 il parametro ammoniacca è rimasto assestato su valori intorno al limite di deteazione 0,05 mg/l o comunque al di sotto di 0,15 mg/l nei mesi invernali e autunnali. Due aumenti si sono avuti nella stazione più interna, 34, a giugno (0,64mg/l) e a settembre (0,44mg/l).

Clorofilla-a

Nel 2019 la clorofilla ha mostrato un andamento di tipo stagionale in tutto il bacino (Fig. 3.70), con i massimi estivi che presentano concentrazioni decrescenti dall'interno all'esterno del porto. Nei mesi invernali e primaverili la variabile clorofilla ha registrato valori poco sopra lo 0. Nel mese di giugno si sono registrati aumenti per la stazione 34 (1,34 $\mu\text{g/l}$) e per la 38 (2,28 $\mu\text{g/l}$), mentre la stazione 40 rimane al di sotto di 1 $\mu\text{g/l}$ (0,63 $\mu\text{g/l}$). A luglio per la stazione 34 è stato registrato il picco massimo di 5,75 $\mu\text{g/l}$ mentre la stazione 38 aumentava, ma raggiungendo un valore inferiore alla 34, 3,51 $\mu\text{g/l}$. La stazione 40 invece rimaneva ad 0,91 $\mu\text{g/l}$. Ad agosto i valori per tutte e tre le stazioni erano simili tra 0,87 e 0,95 $\mu\text{g/l}$. Nel mese di settembre le stazioni più interne aumentavano fino ad un valore comune di 1,45-1,48 $\mu\text{g/l}$, mentre la stazione 40 mostra concentrazione di clorofilla vicina a 0. Ad ottobre al contrario, concentrazioni vicine a 0 si riscontrano nella stazione più interna, fino a crescere alla 40 che registrava 0,60 $\mu\text{g/l}$. Nei mesi successivi, novembre e dicembre, le concentrazioni rimangono contenute nell'intero bacino, in particolare a novembre i valori sono al di sotto di 0,15 $\mu\text{g/l}$.

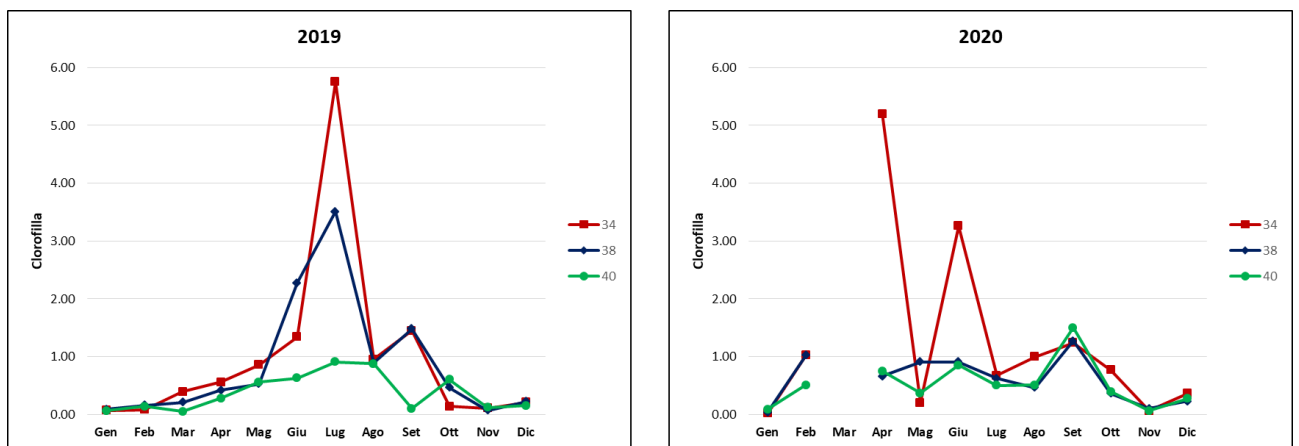


Fig. 3.70 – andamento della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) lungo il gradiente foce Polcevera (st.34) e imboccatura di ponente (st.40) nel 2019 e nel 2020.

Anche nel 2020 la clorofilla presenta un andamento stagionale per la stazione 34, che, comunque, presenta due picchi positivi, anticipati rispetto all'andamento annuale del 2019: il primo ad aprile (5,20 $\mu\text{g/l}$) ed il secondo a giugno (3,26 $\mu\text{g/l}$). Le stazioni 38 e 40 hanno un andamento molto simile lungo l'anno e concentrazioni al di sotto di 1 $\mu\text{g/l}$, a parte febbraio per la stazione 38 (1,02 $\mu\text{g/l}$) e settembre, quando raggiungono concentrazioni simili alla 34 (1,27 e 1,50 $\mu\text{g/l}$ rispettivamente per 38 e 40).

3.3.3 Transetto Multedo

Nel bacino di Multedo sono campionate 4 stazioni all'interno del porto (Fig. 3.71): 43 (la più interna), 47, 49, 52 (all'imboccatura del porto).

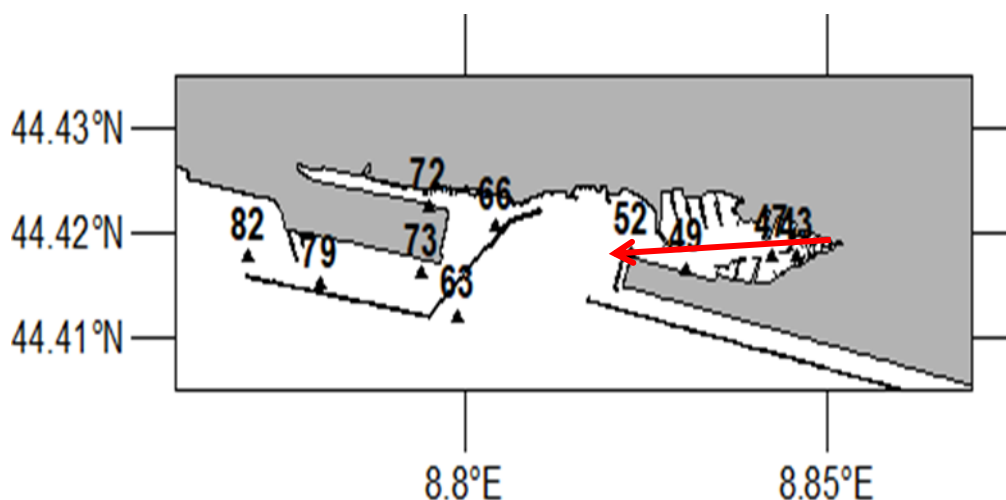


Fig. 3.71 - Transetto interno – esterno nel bacino di Multedo, indicato dalla freccia rossa (st. 43 – 47 – 49 – 52).

Temperatura

La variabile temperatura ha mostrato nel 2019 un andamento stagionale sostanzialmente uniforme nell'intero bacino (Fig.3.72). Valori lievemente più elevati sono stati riscontrati nelle due stazioni più interne tra febbraio e settembre, mentre al contrario in autunno le stazioni 43 e 47 hanno mostrato temperature lievemente inferiori. Nel mese di gennaio per tutte le stazioni la temperatura ha registrato un valore intorno agli 11-12°C per poi aumentare gradualmente fino al picco positivo di agosto che ha registrato per tutte e quattro le stazioni un valore intorno ai 27°C. Da questo mese la variabile temperatura scende poi gradualmente fino al minimo del mese di dicembre di circa 15°C.

Anche nel 2020 il parametro temperatura ha presentato un andamento tipicamente stagionale. Gennaio ha registrato nel bacino valori tra 13,59 e 14,03

°C per salire, più gradualmente rispetto al 2019, fino al picco massimo di 26,91°C nella stazione 43 ad agosto. I valori scendono poi gradatamente fino ai 14-15°C di dicembre. Nei mesi estivi, le stazioni più interne e in particolare la 43 hanno temperature lievemente maggiori che le altre del bacino.

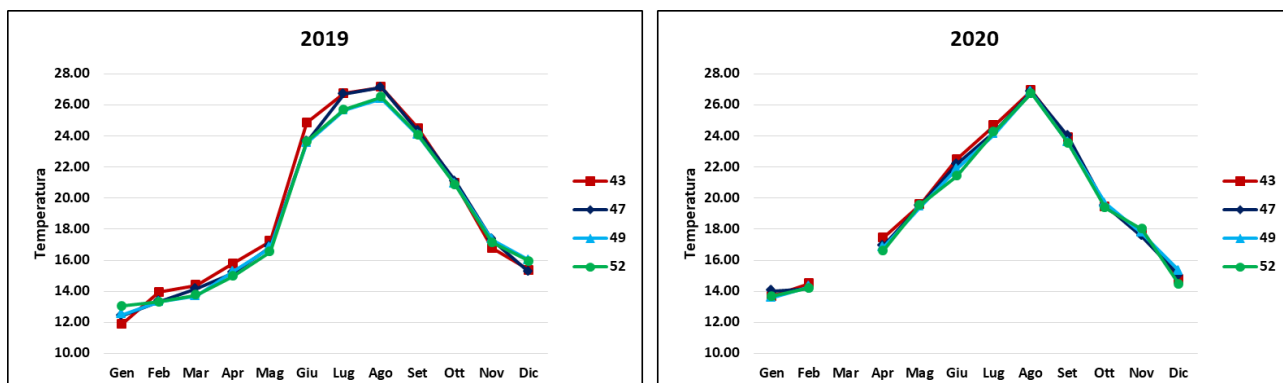


Fig. 3.72 – andamento della temperatura lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Salinità

Nel 2019 il parametro salinità si è mantenuto simile e abbastanza costante, per tutte le quattro stazioni (Fig. 3.73), da gennaio fino a aprile tra 37,15 e 37,86 psu. Nel mese di maggio si è assistito ad una piccola diminuzione anche al di sotto dei 37 psu per le stazioni 43 e 52. Si assiste a un progressivo aumento fino a settembre quando raggiunge anche 38 psu nella stazione 52. Ad ottobre si ha una diminuzione di salinità legata agli input di acqua dolce all'interno del porto (gradiente crescente dalla 43 alla 52) mentre nel mese di novembre si assiste ad un picco negativo particolarmente significativo per la stazione 43 (29,31 psu) ma anche le altre stazioni del bacino diminuiscono notevolmente (tra 34,07 e 34,95 psu) sebbene non in maniera graduale. Tutti i valori di salinità riscontrati nel novembre 2019 sono valori anomali per la serie storica delle stazioni del bacino. Nel mese di dicembre le salinità rimangono inferiori a 35 psu nelle due stazioni più interne (43 e 47) e crescono lievemente per le altre stazioni, pur rimanendo al di sotto dei 37 psu.

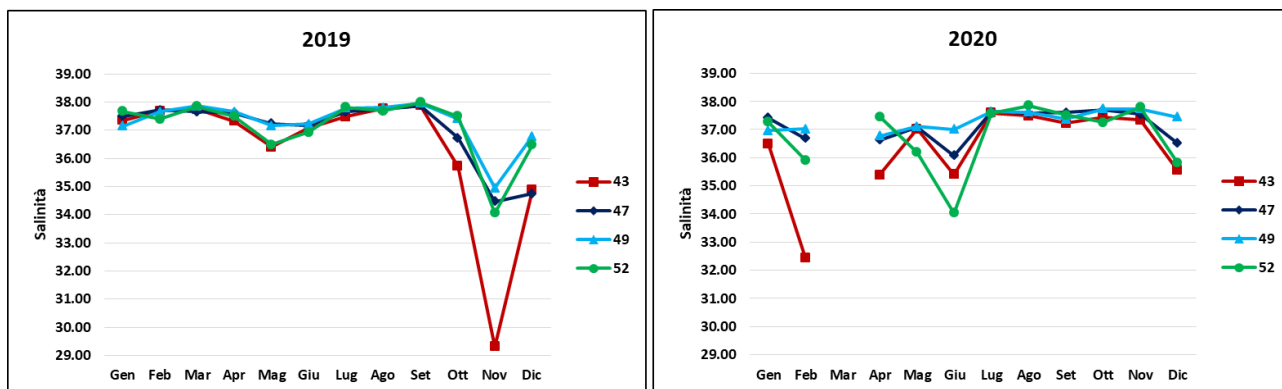


Fig. 3.73 – andamento della salinità (psu) lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Anche nel 2020 la stazione più interna presenta salinità inferiori generalmente delle altre stazioni, in particolare durante i minimi, anche se la stazione all'imboccatura in alcuni mesi mostra valori inferiori, evidenziando che anche le stazioni più esterne possono essere soggette ad arrivi di acqua dolce probabilmente esterni al bacino. Il bacino nel mese di gennaio 2020 ha registrato valori tra 36,49 e 37,41 psu. A febbraio si osserva una generale diminuzione per tutte le stazioni ad eccezione della 49. In particolare, nella 43 si verifica una diminuzione fino a 32,44 psu. Ad aprile le stazioni risalgono a dei valori compresi tra 35,39 e 37,46 psu con un chiaro gradiente interno – esterno del porto. Al contrario a maggio le stazioni dalla 43 alla 49 hanno salinità intorno a 37 psu, mentre la 52 mostra salinità lievemente inferiori (36,19). Nel mese di giugno si osserva nuovamente una diminuzione generale della salinità nel bacino, con salinità che variano da 35,40 a 37,00 psu tra la stazione 43 e 49, ma la diminuzione maggiore è stata osservata nella stazione 52 (34,03 psu). Nei mesi estivi e autunnali (luglio – novembre) la salinità rimane generalmente sopra 37,5 psu, variando in un range tra 37,23 e 37,85 psu. A dicembre si assiste di nuovo a una diminuzione, e come nel mese di giugno, si osserva un gradiente interno – esterno dalla 43 alla 49, mentre la 52 mostra valori più bassi (<36 psu), simili alla 43.

Ossigeno disciolto

In generale, in entrambi gli anni i valori più bassi di ossigeno disciolto nel bacino si osservano nelle stazioni più interne (43 e 47) ma si verificano anche situazioni inverse (Fig. 3.74).

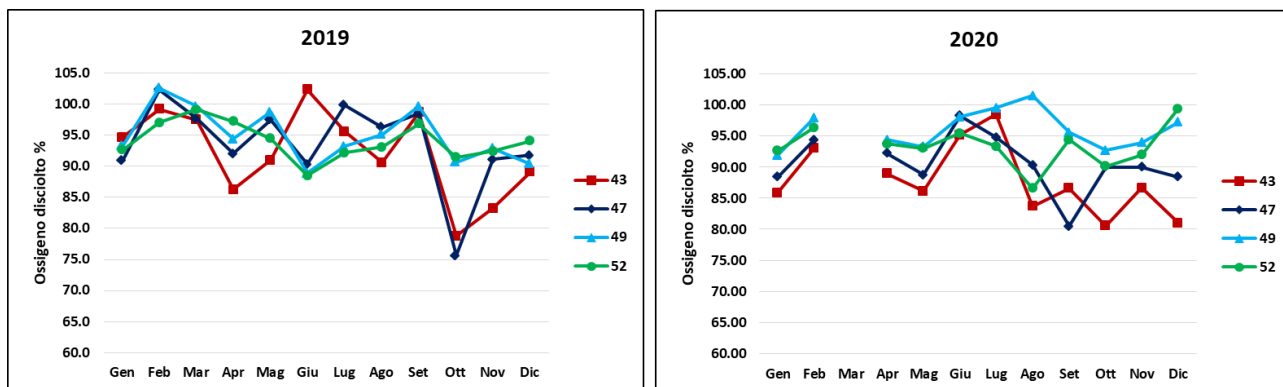


Fig. 3.74 – andamento dell’ossigeno disciolto lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Il 2019 si apre con un gennaio che si assesta su valori che partono da 94,7% per la stazione 43, passano ad un 92,6% nelle stazioni 49 e 52, per arrivare ad un 91% nella stazione 47. Febbraio si presenta su valori più alti, anche di lieve sovrasaturazione per le stazioni interne al porto e 97% per la stazione 52. Marzo si assesta su valori intorno a 97% per 43 e 47 e intorno a 9% per le restanti stazioni. Aprile presenta un lieve calo a partire dal valore più alto di 97,2% per la stazione 52 fino a scendere a 86,3% per la 43. Il mese di maggio si assesta su valori tra 90,9-98,7% con i minimi nelle stazioni più interna e più esterna. Nel mese di giugno si assiste ad un lieve aumento a 102,3% per la stazione 43 mentre le altre rimangono su valori di circa 88,5-90,3%. Nei mesi estivi, tra luglio e settembre l’ossigeno disciolto oscilla in tutto il bacino tra valori al di sopra del 90%, non presentando chiari gradienti. Nel mese di ottobre si assiste ad una diminuzione dei valori, in particolare delle due stazioni interne: 78,8 e 75,6%. A novembre e dicembre la percentuale di ossigeno disciolto sale leggermente nella stazione 43 ma rimane sempre al di sotto del 90%, al contrario delle altre stazioni del bacino.

Gennaio 2020 è molto simile a dicembre 2019, con valori più bassi e al di sotto del 90% nelle stazioni più interne a crescere verso le stazioni più esterne (91,88% e 92,58 rispettivamente per le stazioni 49 e 52). A febbraio i valori salgono per le stazioni 43 e 47 (93,03-94,40%) e sopra il 96% per le 49 e 53. Nel mese di aprile le stazioni 43 e 47 si assestano su valori intorno a 89-92% mentre si assiste ad un aumento fino a 2 punti percentuali per le stazioni 49 e 52. Maggio mostra valori più bassi, in particolare nelle stazioni più interne (<90%) mentre nelle due stazioni più esterne del transetto, 49 e 52, i valori aumentano a circa 93%. Nei

mesi di giugno e luglio i valori nel bacino oscillano tra 93,35 e 99,52% variando tra stazioni, mentre il mese di agosto mostra un valore più alto (101,45%) nella stazione 49 ma l'ossigeno disciolto nel resto del bacino rimane tra 84 e 90%. Nel mese di settembre le stazioni più interne del transetto mostrano valori inferiori a 90%, in particolare la 47 (80,47%) mentre le stazioni più esterne, 49 e 52, superano il 94% di ossigeno disciolto. Dal mese di ottobre si assiste a valori inferiori nella stazione 43 rispetto alla 47 e 49-52, anche se queste ultime due stazioni presentano valori simili ma le percentuali migliori di ossigeno disciolto a ottobre e novembre si riscontrano nella stazione 49. A dicembre le stazioni 43 e 47 continuano a mostrare valori al di sotto del 90% mentre si assiste ad un aumento nelle stazioni più esterne intorno a 97 e 99% rispettivamente per la 49 e la 52.

Coliformi fecali

Nel 2019 le abbondanze dei batteri di origine fecale mostrano un andamento stagionale, con valori elevati nei mesi invernali e autunnali e valori più contenuti in primavera e al di sotto del limite in estate in tutte le stazioni del bacino di Multedo (Fig. 3.75). In generale i massimi sono raggiunti nelle stazioni più interne ma la stazione coi valori medi più contenuti non è la più esterna bensì la 49.

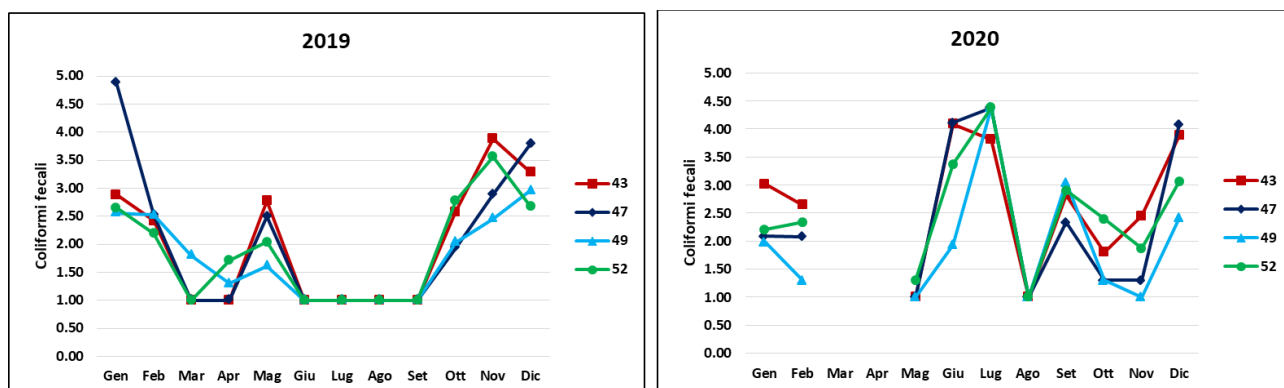


Fig. 3.75 — andamento dei coliformi fecali (MPN/100ml – Log₁₀) lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Il mese di gennaio mostra dei valori tra 2,56-2,89 MPN/100ml – log₁₀ per le stazioni 43,49 e 52 mentre la stazione 47 mostra un valore più alto di (4,8

MPN/100ml – log₁₀). Nel mese di febbraio i valori nel bacino sono simili e variano tra 2,20-2,53 MPN/100ml – log₁₀. Marzo presenta una ulteriore diminuzione dei valori che risultano inferiori al limite di 1 MPN/100ml – log₁₀ in tutte le stazioni ad eccezione della 49 (1,80). Ad aprile si osserva un gradiente al contrario, con le stazioni interne intorno al limite di detezione e le più esterne con valori compresi tra 1,30-1,72 MPN/100ml – log₁₀. A maggio si assiste ad un aumento in tutto il bacino con valori maggiori o uguali a 2,5 MPN/100ml – log₁₀ nelle stazioni 43 e 47 mentre le stazioni più interne mostrano valori tra 1,61 e 2,04 MPN/100ml – log₁₀. Come detto in precedenza, i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre rimangono su valori intorno ad 1 MPN/100ml – log₁₀ mentre a ottobre si assiste una nuova crescita dell'abbondanza batterica in tutto il bacino, con i valori massimi nella stazione 43 e 52 (2,58 e 2,78 MPN/100ml – log₁₀ rispettivamente). A novembre le abbondanze crescono ancora: 3,89-3,56 log₁₀, per le stazioni 43 e 52, mentre per le stazioni 47 e 49 i valori sono al di sotto di 3 MPN/100ml – log₁₀. A dicembre il range delle abbondanze rimane simile a novembre ma le stazioni 43 e 47 mostrano i valori più elevati (3,29-3,79 MPN/100ml – log₁₀).

Anche nel 2020 gennaio, febbraio e dicembre hanno abbondanze batteriche elevate, ma i massimi annuali sono osservati in estate (giugno- luglio) e anche a settembre si osserva un picco, sebbene non elevato. In generale, solo il mese di agosto mostra valori sotto il limite in tutto il bacino. Non è nemmeno riconducibile un chiaro gradiente di abbondanze da interno ad esterno del porto, anche se, come nel 2019, la stazione con le abbondanze minori è la stazione 49.

Il mese di gennaio 2020 presenta un valore di 3,02 MPN/100ml – log₁₀ per la stazione 43, la stazione più interna del transetto, un valore comune intorno a 2 MPN/100ml – log₁₀ per le stazioni 47 e 49, mentre la 52, che è la più esterna del transetto, mostra un valore di 2,20 MPN/100ml – log₁₀. Febbraio presenta un valore di 2,64 MPN/100ml – log₁₀ per la stazione 43, valori intorno a 2,00-2,33 MPN/100ml – log₁₀ mentre per la stazione 49 si assesta su di un valore più basso di 1,30 MPN/100ml – log₁₀. Maggio presenta per tutte e quattro le stazioni valori contenuti, e in particolare nella 43-47-49 sotto il limite di 1,00 MPN/100ml – log₁₀. A giugno si nota una crescita nelle abbondanze che nelle stazioni più interne superano 4,08 MPN/100ml – log₁₀. La stazione 49 si assesta sul valore più basso del bacino (1,93 log₁₀). Per la stazione 52 il valore risale a 3,37 MPN/100ml – log₁₀. A luglio i valori rimangono elevati per tutte le stazioni (in particolare 4,38 MPN/100ml – log₁₀ per la 47, 49 e 52). Il mese di agosto presenta un valore

comune di 1,00 log₁₀ per tutte le stazioni transetto. Nel mese di settembre i valori variano tra 2,33-3,05 MPN/100ml – log₁₀. A ottobre e novembre le abbondanze scendono intorno a valori tra 1 e 2 MPN/100ml – log₁₀ in quasi tutte le stazioni. Fa eccezione la stazione 52 a ottobre (2,39 2,45 MPN/100ml – log₁₀) e la 43 a novembre (2,45 MPN/100ml – log₁₀). Nel mese di dicembre i valori aumentano nuovamente in particolare nelle due stazioni interne (3,89 MPN/100ml – log₁₀ per la 43, 4,08 MPN/100ml – log₁₀ per la 47).

Ammoniaca

Per quanto riguarda il parametro ammoniaca, le concentrazioni a livello di bacino in entrambi gli anni sono generalmente molto contenute (Fig. 3.76) e in molti casi inferiori al livello di deteazione (0,05 mg/l). Nel 2019 tuttavia le stazioni più interne presentano delle eccezioni. La stazione 47 presenta valori anomali per la serie storica pari a 1,35 mg/l a gennaio e 2,02 mg/l ad aprile. Mentre nella stazione 43 nel mese di ottobre e nel mese di novembre si osservano valori maggiori di 1 mg/l (1,41 e 1,43 mg/l, rispettivamente), ma rientrano negli intervalli non-outliers per la serie storica di questa stazione.

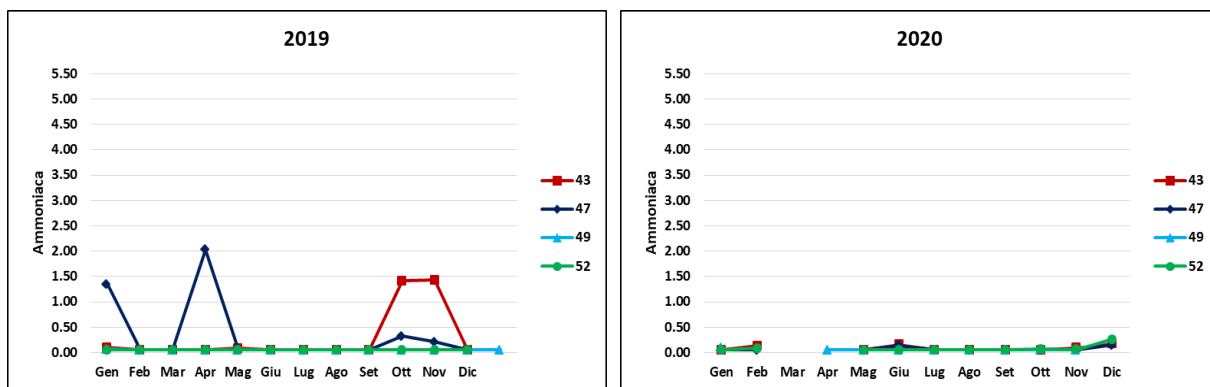


Fig. 3.76 – andamento dell’ammoniaca (mg/l) lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Nel 2020 le concentrazioni di ammoniaca invece sono quasi sempre vicine allo 0 e si discostano poco dal valore limite, in prevalenza nei mesi invernali e autunnali con l’eccezione di giugno nelle stazioni 43 e 47.

Clorofilla-a

La concentrazione di clorofilla in entrambi gli anni in tutto il bacino mostra un andamento stagionale (Fig. 3.77), con i valori massimi nel periodo estivo. Presentano tuttavia differenze tra i due anni i tempi delle massime fioriture fitoplanctoniche, e mentre nel 2020 si verificano le massime concentrazioni in modo sincrono nel bacino, nel 2019 si assiste a comportamenti leggermente differenti.

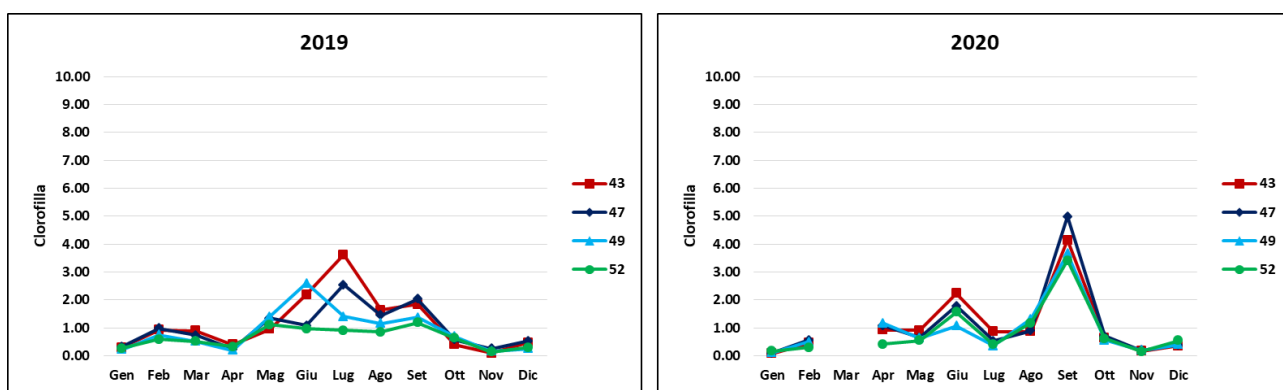


Fig. 3.77 – andamento della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) lungo il gradiente interno – esterno del porto Petroli (Multedo) nel 2019 e nel 2020.

Nel 2019 la concentrazione di clorofilla tra gennaio e aprile si assesta su valori inferiori a $1 \mu\text{g/l}$. A gennaio e aprile si osservano valori inferiori a $0,5 \mu\text{g/l}$ in tutto il bacino, con una generale uniformità, mentre a febbraio e a marzo le stazioni più interne hanno concentrazioni maggiori rispetto a quelle più vicino all'imboccatura. Con il mese di maggio cominciano ad aumentare le concentrazioni ($0,96 \mu\text{g/l}$ per la stazione 43 mentre nelle altre stazioni supera $1 \mu\text{g/l}$, per arrivare anche a $1,40 \mu\text{g/l}$ nella 49). A giugno, mentre le stazioni 47 e 52 rimangono con concentrazioni intorno a $1 \mu\text{g/l}$, si assiste a una crescita per la 42 e la 49. Quest'ultima, in particolare, raggiunge in questo mese il suo massimo annuale ($2,59 \mu\text{g/l}$). Nel mese di luglio i valori aumentano ulteriormente in particolare per le stazioni più interne (stazione 43: $3,62 \mu\text{g/l}$ – valore anomalo per la serie storica - e stazione 47: $2,55 \mu\text{g/l}$) Ad agosto le concentrazioni di clorofilla scendono, pur continuando a presentare un gradiente decrescente dall'interno all'esterno del porto. Nel mese di settembre le concentrazioni sono simili a quelle di agosto presentando valori di poco inferiori o intorno a $2 \mu\text{g/l}$ nelle stazioni 43 e 47, e diminuendo sotto $1,5 \mu\text{g/l}$ in quelle più esterne. Nei mesi successivi il parametro clorofilla diminuisce ulteriormente: raggiunge concentrazioni tra $0,40$ e $0,69 \mu\text{g/l}$ ad ottobre, mostra i minimi annuali tra $0,09$

e 0,25 µg/l a novembre mentre a dicembre, pur rimanendo al di sotto di 0,5µg/l, le stazioni più interne presentano concentrazioni superiori a quelle più esterne.

Nel mese di gennaio 2020 il parametro clorofilla si assesta su valori che vanno tra 0,08 e 0,16 µg/l (minimi annuali insieme a novembre 2020). Nel mese di febbraio le concentrazioni di clorofilla salgono lievemente intorno a 0,5 µg/l in tutto il bacino ad eccezione della stazione 52 che ha concentrazioni minori. In primavera, aprile - maggio le concentrazioni continuano a salire lievemente fino a raggiungere in alcune stazioni valori intorno a 1µg/l. A giugno si assiste a un massimo in quasi tutto il bacino (ad eccezione della 49 sempre intorno a 1 µg/l), con concentrazioni più elevate nelle due stazioni interne. Nel mese di luglio si ha una diminuzione delle concentrazioni nuovamente sotto 1 µg/l, anche se maggiori all'interno del porto e minori verso l'imboccatura, mentre ad agosto le concentrazioni salgono soprattutto nelle stazioni più esterne arrivano anche a 1,31 µg/l. Nel mese di settembre si assiste a un vero e proprio massimo in tutto il bacino con concentrazioni anomale per la serie storica (tra 3,41 e 4,99 µg/l). Nei mesi autunnali si assiste nuovamente una diminuzione delle concentrazioni al di sotto di 1 µg/l, particolarmente basse nel mese di novembre, omogenee all'interno del bacino.

3.4 Situazione dei traffici del porto di Genova: confronto 2019-2020








Dalla Relazione Annuale 2020 dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale (AdSP Mar Ligure Occidentale – www.portsofgenoa.com) si deduce una sostanziale diminuzione dei traffici nei diversi settori del porto di Genova nel 2020 in confronto al 2019, in linea con lo scenario italiano e mondiale.

La pandemia da Covid-19 e le misure adottate dai governi europei e mondiali, per arginare la diffusione del virus, infatti, hanno causato in pochi mesi notevoli cambiamenti dell'economia italiana tali da produrre una minore richiesta di merce oltre ad importanti conseguenze sull'occupazione. Il sistema Italia, in base ai dati economici inerenti al 2020, mostra una diminuzione della maggior parte dei

parametri economici nazionali. Il PIL ha presentato una diminuzione del 5,4% nel primo trimestre 2020 e del 12,4 nel secondo trimestre dello stesso anno. Anche l'andamento dei traffici, che rappresenta la movimentazione delle merci e dei passeggeri, è stato gravemente condizionato dalla crisi sanitaria globale. Il

trasporto via mare rappresenta il 90% degli scambi commerciali mondiali e nel 2020 si è assistito ad una riduzione del volume totale dei traffici di circa il 10% rispetto al 2019. La diminuzione dei traffici è iniziata nei primi giorni di febbraio in Cina e da fine febbraio in Europa ed è continuata a marzo peggiorando nei mesi successivi fino all'introduzione delle misure restrittive da parte di tutti gli stati europei. La crisi delle movimentazioni portuali nel 2020 è diffusa in tutti i continenti ed è estesa a tutti i settori di traffico con le crociere e i container tra i segmenti più colpiti.

Per quanto riguarda l'Italia, il traffico commerciale del Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale (Savona-Voltri-Genova) è consistito in 58.465,508 tonnellate pari ad un -14,2% rispetto al 2019. Questa diminuzione si è osservata per tutti i settori di traffico (Fig. 3.78) dai containers (-4,9%) al traffico convenzionale (-13,5%) fino alle rinfuse solide (-30,5).

	Tonnellate	Q4 2019	Q4 2020	VAR. %	GEN-DIC 2019	GEN-DIC 2020	VAR. %
 MERCE CONTAINERIZZATA		6.112.246	6.354.880	+4,0%	25.202.782	23.977.246	-4,9%
 MERCE CONVENZIONALE E ROTABILE		3.712.087	3.572.314	-3,8%	15.239.628	13.179.499	-13,5%
 RINFUSE SOLIDE		584.411	706.713	20,9%	3.113.363	2.162.928	-30,5%
 OLI MINERALI		5.132.111	4.020.494	-21,7%	20.784.388	16.002.575	-23,0%
 ALTRE RINFUSE LIQUIDE		219.972	220.903	+0,4%	877.197	791.423	-9,8%
 FUNZIONE INDUSTRIALE		298.083	346.876	+16,4%	1.934.579	1.313.332	-32,1%
 BUNKERS		224.031	216.930	-3,2%	969.176	1.029.554	-6,2%
TOTALE GENERALE		16.282.940	15.439.108	-5,2%	68.121.113	58.456.508	-14,2%




	Unità	Q3 2019	Q4 2020	VAR. %	GEN-DIC 2019	GEN-DIC 2020	VAR. %
 TOTALE CONTAINERS TEU		648.097	677.441	+4,5%	2.669.917	2.498.850	-6,4%
 NAVI ARRIVATE		1.83	1.615	-11,7%	8.493	6.794	-20,0%
 TSL		57.615.813	59.028.905	+2,5%	250.153.601	222.966.872	-10,9%

Fig. 3.78 – Tabella statistiche generali 2020 del Sistema Portuale del Mar Ligure occidentale rispetto al 2019 (tonn.). (AdSP Mar Ligure Occidentale – portsofgenoa.com).

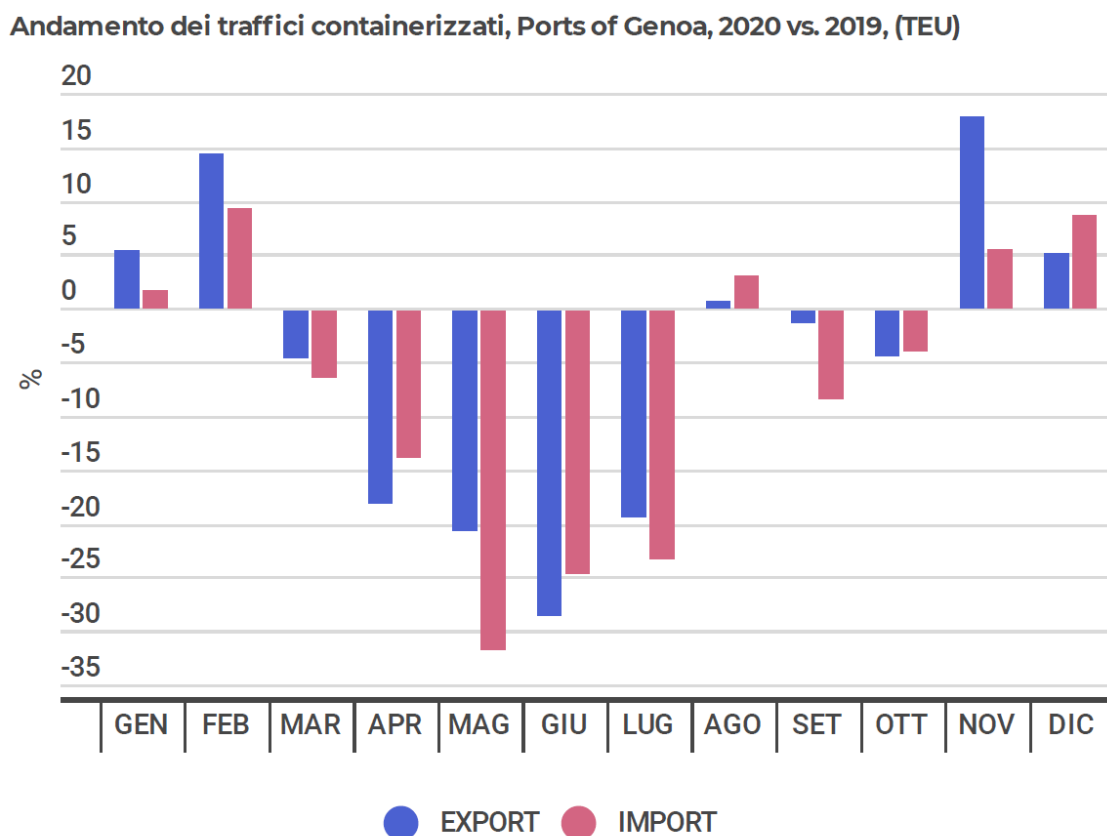


Fig. 3.79 – Andamento dei traffici containerizzati 2020 del Sistema Portuale del Mar Ligure occidentale rispetto al 2019 (TEU). (AdSP Maer Ligure Occidentale – portsofgenoa.com).

A fronte di risultati molto positivi registrati dei primi dell'anno, a partire dal mese di marzo, in corrispondenza del primo lockdown e del crollo delle importazioni dall'Asia, i volumi di traffico containerizzato (Fig. 3.79) si sono ridotti in maniera sostanziale (-22,9% nel secondo trimestre), anche a causa del quasi totale arresto delle esportazioni verso i mercati di riferimento della nostra economia, in primo luogo gli Stati Uniti, dove nel frattempo aveva iniziato a diffondersi il contagio. Nella seconda metà dell'anno, seppure in ritardo rispetto allo scenario globale, i volumi sono tornati a crescere anche ben oltre i livelli di traffico del 2019 (+4,5% nel quarto trimestre), grazie alla riduzione dei contagi in Cina (e il conseguente rapido recupero dei traffici di contenitori, soprattutto in esportazione dall'Asia) ed anche in gran parte grazie al boom del e-commerce, favorito proprio dalle restrizioni ai movimenti che, ha costretto molta parte dei

cittadini a modificare stili di vita e scelte nei consumi. Il consuntivo del 2020 registra, perciò, un calo rispetto all'anno precedente pari al 6,4%, per un totale di 2.498.850 movimentati negli scali del sistema, ma meno negativo di quanto si potesse immaginare in primavera.

Nel corso del 2020, oltre alla pandemia e agli effetti che essa ha prodotto nel tessuto economico di riferimento, fra i principali eventi che hanno rappresentato un elemento di rilievo per il sistema portuale del Mar Ligure Occidentale, ed in particolare il Porto di Genova, va sicuramente ricordato l'avvio ad ottobre del Genoa Mediterranean Gateway (Calata Bettolo), gestito dal gruppo MSC, anche se i volumi movimentati non hanno rappresentato quantitativi estremamente significativi (10.316 TEU), anche a causa dell'inizio delle attività su una porzione limitata del piazzale e della banchina disponibili.

MERCE CONVENZIONALE		Q4 2019	Q4 2020	VAR. %	GEN-DIC 2019	GEN-DIC 2020	VAR. %
GENOVA	Rotabili	2.294.293	2.231.653	-2,7%	8.917.980	8.166.898	-8,4%
	Merce varia	106.62	103.251	-3,2%	519.937	389.511	-25,1%
	Auto al seguito	83.444	54.023	-35,3%	725.949	429.539	-40,8%

Fig. 3.80 – movimentazione merce convenzionale, Porto di Genova, 2019 vs 2020 (tonn). (AdSP Mar Ligure Occidentale – portsofgenoa.com)

La merce convenzionale (Fig. 3.80) raggruppa due componenti di traffico con condizionamenti differenti tra loro: rotabili e merce varia. Entrambe le componenti sono ben rappresentate nei diversi porti del sistema, con traffici di merce varia che sono a loro volta, prevalentemente costituiti da acciai e prodotti ferrosi, prodotti forestali e cellulosa, oltre che alla frutta movimentata dal terminal specializzato di Vado Ligure. Il segmento degli acciai che è in buona legato al settore dell'automotive è stato forse il settore più colpito, causa il blocco quasi totale della produzione di auto durato da marzo 2020 a diversi mesi successivi, che ha impattato maggiormente i porti di Savona e Vado Ligure per la loro forte specializzazione. Ad esempio, per quanto riguarda i rotabili, il bacino di Sampierdarena ha mostrato un calo annuo più contenuto (-8,4%) dei porti di ponente. Il comparto delle merci varie, caratterizzato da un calo generalizzato, è composto da servizi specializzati molto eterogenei tra loro e, di conseguenza, registra variazioni anche molto consistenti analizzando i singoli mercati che lo

compongono. Così come per i traffici di rotabili, buona parte della contrazione dei traffici di prodotti metallici è stata concentrata tra i mesi di marzo e giugno, mostrando poi successivi segnali di ripresa e chiudendo l'ultimo trimestre del 2020 con movimentazioni in linea con quelli del 2019 (-2,4%).

Nel corso del 2020 gli oli minerali (Fig. 3.81) hanno subito un calo del 23,0%, chiudendo l'anno con una movimentazione pari a circa 16 milioni di tonnellate (10,1 nello scalo di Genova e 5,9 in quello di Savona-Vado Ligure). Le altre rinfuse liquide riportano cali più contenuti contrastanti con un calo dei traffici di oli vegetali e vino del 4,4% ed una maggiore decrescita dei prodotti chimici (-13,2%).

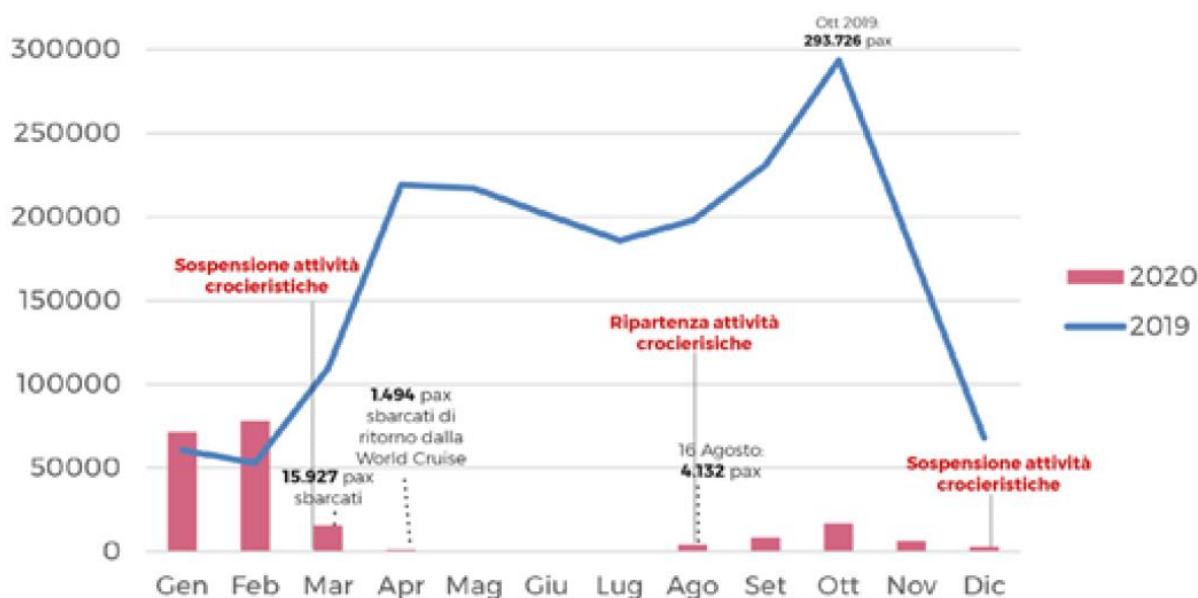
RINFUSE LIQUIDE		Q4 2019	Q4 2020	VAR. %	GEN-DIC 2019	GEN-DIC 2020	VAR. %
GENOVA	OLI MINERALI	3.517.603	2.462.606	-30,0%	14.544.799	10.087.153	-30,6%
	ALTRE RINFUSE LIQUIDE	200.525	198.596	-1,0%	817.151	716.384	-12,3%
	Oli vegetali, vino	81.78	69.24	-15,3%	279.829	249.888	-10,7%
	Prodotti chimici	118.745	129.356	8,9%	537.322	466.496	-13,2%

Fig. 3.81– Movimentazione rinfuse liquide (tonn), Porto di Genova, 2019 vs 2020 (AdSP Mar Ligure Occidentale – portsofgenoa.com)

Per quanto riguarda le rinfuse solide i traffici dello scalo di Genova hanno chiuso l'esercizio a 594 mila tonnellate, pari ad un calo del 5,7%, anche in questo caso la drastica riduzione si è registrata tra i mesi di aprile e maggio.

Il ramo croceristico (Fig. 3.82) è stato quello che ha più risentito tra i vari settori dello shipping. A partire dai primi giorni di marzo 2020 le compagnie di navigazione sono state costrette a sospendere a livello globale le proprie attività, facendo registrare un totale fermo per oltre 5 mesi. Il blocco croceristico nel periodo natalizio ha prodotto un calo del 95% rispetto allo stesso trimestre del 2019. Nonostante la sospensione delle attività, che ha causato una flessione complessiva del 89,9% (con ben 1,8 milioni di passeggeri in meno rispetto al 2019), l'AdSP del Mar Ligure Occidentale si è confermata il primo sistema portuale per il traffico croceristico nel 2020, con una quota pari al 31% del totale dei croceristi movimentati in Italia.

Movimentazione passeggeri da traffico crocieristico Mar Ligure Occidentale, 2019-2020



Fonte: Ufficio Rilevazione Andamenti di Mercato, AdSP Mar Ligure Occidentale

Fig. 3.82 - Movimentazione passeggeri da traffico crocieristico, Mar Ligure Occidentale, 2019-2020 (AdSP Mar Ligure Occidentale – portsofgenoa.com)

Movimentazione passeggeri, Mar Ligure Occidentale, 2019-20, IV Trimestre e anno (unità)

MOVIMENTO PASSEGGERI	Q4 2019	Q4 2020	VAR.%	GEN-DIC 2019	GEN-DIC2020	VAR.%
Crociere	542.406	26.852	-95,0%	2.018.270	206.689	-89,8%
Traghetti	256.041	125.392	-51,0%	2.528.994	1.340.298	-47,0%
TOTALE	798.447	152.244	-80,9%	4.547.264	1.546.987	-66,0%

Fig. 3.83 – Movimentazione passeggeri, Mar Ligure Occidentale, 2019-2020 (AdSP Mar Ligure Occidentale – portsofgenoa.com)

Per quanto riguarda il traffico passeggeri ferry (Fig. 3.83), anche in questo caso si segnala un significativo impatto, in questo settore, della pandemia e dei lockdown nazionali. Dopo un primo bimestre in aumento rispetto al 2019, si è registrato un crollo tra marzo e giugno. Luglio ha rappresentato il primo mese di parziale ripresa del settore. Nel complesso, il traffico dei traghetti ha subito una

contrazione del 47% rispetto all'anno precedente, con 1,2 milioni di passeggeri movimentati in meno.

3.5 Piovosità mensile

Le piogge nella città di Genova sono distribuite tra il tardo inverno e la primavera (con lieve differenza tra il 2019 e il 2020) e sono, in generale, più abbondanti in autunno (Fig. 3.84).

In particolare, si evidenzia una grande differenza nel mese di novembre dei due anni, caratterizzato da piogge eccezionali nel 2019 e, al contrario, quasi con assenza di precipitazioni nel 2020. Anche grazie a questo novembre eccezionale, la pioggia annuale nel 2019 è di 1323,8 mm e risulta di poco superiore alla media climatica di 1270 mm (calcolata tra il 1925-2016, Acquaotta et al. 2018). Al contrario, la pioggia annuale caduta nel 2020 (950,6 mm) è al di sotto della media climatica.

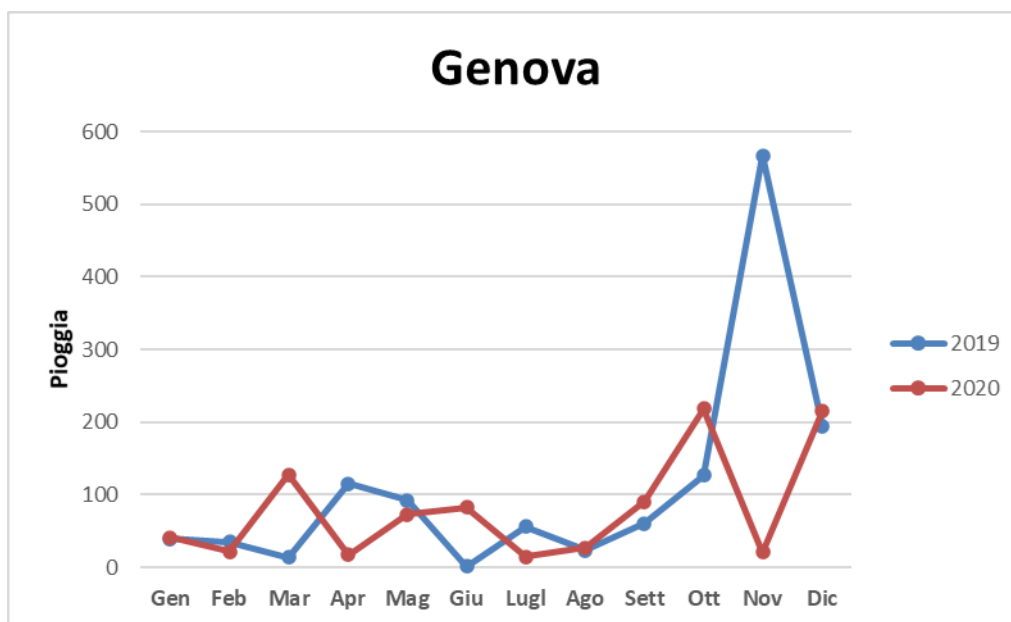


Fig. 3.84 – pioggia (mm) mensile a Genova nel 2019 e 2020.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'anno 2020 è stato fortemente caratterizzato dalla pandemia da COVID 19 che ha avuto un forte impatto non solo per quanto riguarda gli aspetti sanitari, ma anche socioeconomici, a causa delle misure di lockdown imposte nei diversi stati a livello europeo e mondiale, e la letteratura scientifica sta documentando anche gli effetti, sia positivi che negativi, del lockdown a carico dell'ambiente (es. Coll 2020, Ghosh et al. 2021).

L'arrivo della pandemia ha anche evidenziato l'importanza del lavoro di ricerca svolto in stazioni di monitoraggio a lungo termine, indagate con frequenza regolare, perché, oltre a servire da base per gli studi sui cambiamenti climatici, possono rivelare gli impatti di eventi eccezionali, come, nel nostro caso, la diminuzione globale degli impatti antropici dovuta al lockdown (Sala et al in press). Non a caso, progetti di ricerca italiani sugli impatti legati alla pandemia a carico dell'ambiente marino hanno fatto rete intorno a vari programmi di studio a lungo termine già attivi agli inizi della pandemia, per rispondere in breve tempo con attività di campionamento e misure atte a fotografare la situazione in atto (es. progetto SNAPSHOT, Giuffredi et al. 2021).

Il porto di Genova, a questo proposito, si rivela un caso di studio interessante, in quanto oggetto di monitoraggio mensile della qualità delle acque a partire dalla fine degli anni '90. Tale attività, con l'eccezione dei mesi di lockdown più stretti, ha proseguito lungo tutto il 2020, con le stesse modalità a partire dal 2000. Inoltre, i porti risultano essere luoghi privilegiati dove provare a discriminare gli impatti della pandemia, in quanto il settore dei traffici marittimi (commerciali e passeggeri) è stato uno di quelli più gravemente colpiti dai regimi di restrizione dovuti al contenimento sanitario della pandemia a scala globale, arrivando anche nella prima metà del 2020 ad una diminuzione media dei traffici nelle Zone Economiche Esclusive del 70% (March et al 2021, Millefiori et al 2021).

La presente Tesi ha preso in considerazione l'anno 2020 confrontandolo con l'anno precedente. Per ridurre il limite dovuto al numero ridotto dei campionamenti propriamente influenzati dalle misure di lockdown (dovuto al piano di campionamento mensile e alla mancanza di alcuni dati nei mesi iniziali di lockdown più severo – marzo/aprile 2020), i risultati sono stati contestualizzati utilizzando anche la serie storica dei risultati dei monitoraggi a partire dagli anni 2000. I parametri presi in considerazione dal monitoraggio sono parametri semplici, di caratterizzazione fisico-chimica dello specchio acqueo, ed alcuni indicatori di impatto antropico (azoto ammoniacale ed indicatori fecali), che sono già stati utili in passato per caratterizzare i bacini portuali e fornire

indicazioni gestionali all’Autorità di Sistema Portuale (Ruggieri et al. 2011) ma sono anche largamente usati nell’ambito del monitoraggio dei bacini portuali (es. Campos et al. 2020, He et al. 2019, Luna et al.2019, Tallie et al. 2020, Xu et al.2011).

Analizzando i parametri fisico-chimici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, torbidità, PH e potenziale Redox) rilevati con la sonda multiparametrica (attraverso analisi statistica multivariata PCA ed ANOSIM su tutte le stazioni) emerge in ciascun anno una significativa differenza tra i bacini presi in esame (variabilità spaziale), confermando quanto già evidenziato da studi sui dati acquisiti in periodi precedenti da Ruggieri et al. (2011) e dalla Tesi di I. Lavagna (2020, Fig. 4.1).

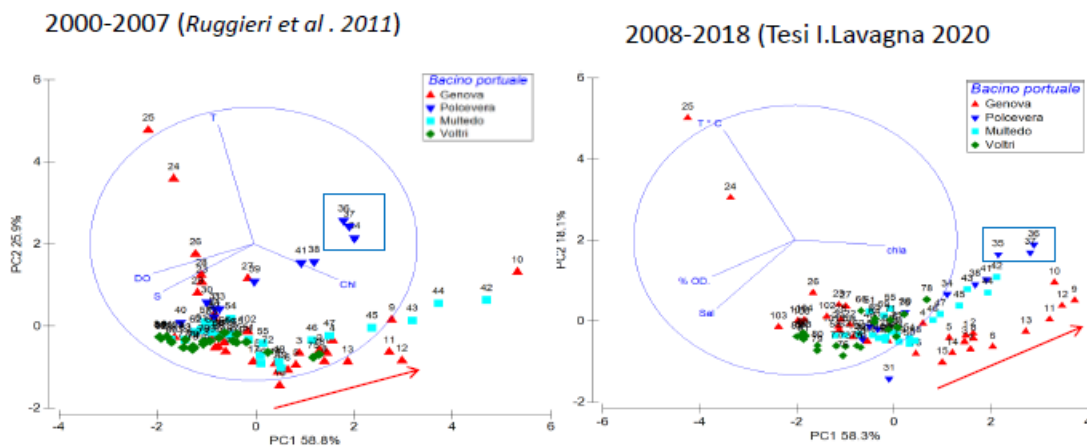


Fig.4.1 confronto PCA dati 2000-2007 e 2008-2018 (da presentazione Tesi I. Lavagna 2020).

Le stazioni dei bacini sono differenti tra loro in entrambi gli anni (Fig 3.1-3.2 e Tab. 3.1-3.2) e questa differenza è particolarmente accentuata nel 2020, in cui il bacino di Genova si differenzia maggiormente dagli altri. In quest’ultimo anno, tra il gruppo delle stazioni più interne del Porto Antico si isola la stazione numero 10, quella maggiormente confinata, la quale si differenzia, rispetto alle altre stazioni, per le basse concentrazioni di ossigeno disciolto, PH; potenziale Redox e valori di salinità.

Confrontando nella stessa analisi tutte le stazioni nei due anni (2019-2020), si osserva che dominano sempre le differenze spaziali (maggior importanza del primo componente principale) ma si nota anche una differenza tra gli anni

(secondo componente principale, Fig. 3.3). Infatti, nel 2020 si è riscontrato, rispetto al 2019, una diminuzione di due importanti parametri ecologici: torbidità (Tu) e potenziale Redox.

In generale, in tutti i bacini si nota una diminuzione media di torbidità. Questo parametro è stato inserito tra quelli del monitoraggio a partire dal 2015, ma nell'anno 2020 si raggiungono in media i valori più bassi della serie (Fig.4.2).

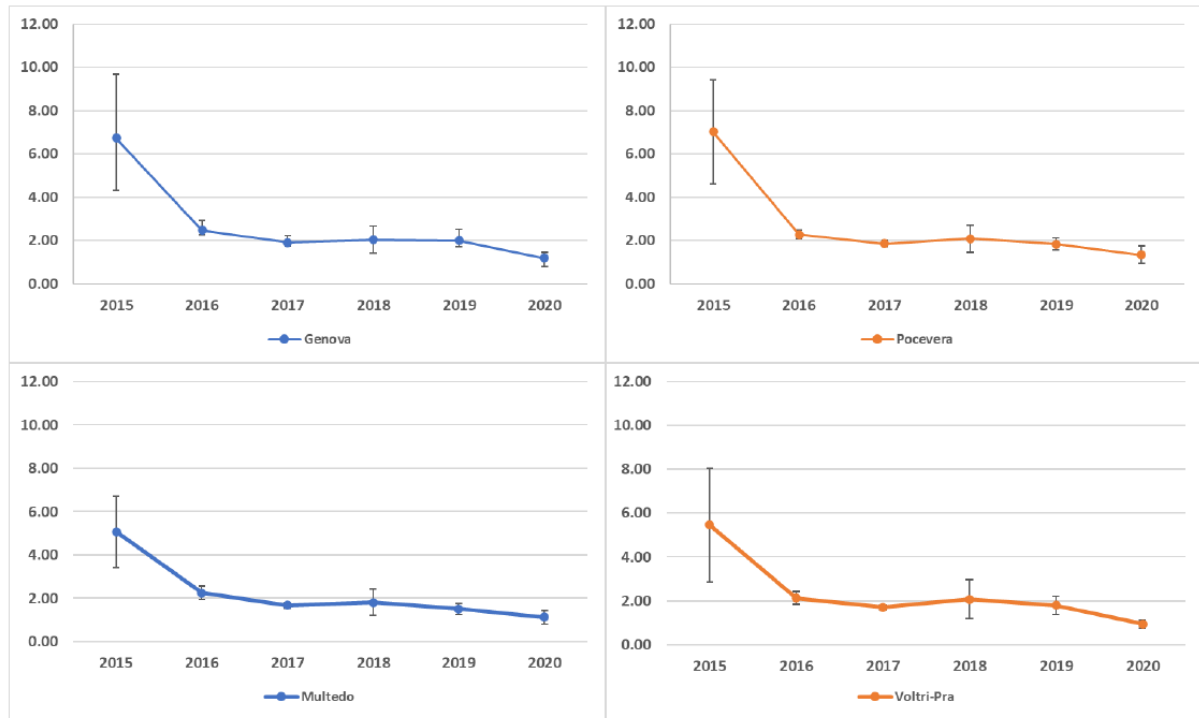


Fig. 4.2 Media annuale della torbidità nei quattro bacini del Porto di Genova dal 2015 al 2020. Le barre di errore denotano la deviazione standard.

Considerando che con l'aumento dei solidi sospesi aumenta il carico organico ed inorganico, spesso associato anche ad aumento di inquinanti (ad esempio metalli in traccia e ultratraccia come il Pt nel porto di Genova, Abdou et al. 2019), una diminuzione della torbidità è un fatto positivo. L'aumento di trasparenza nelle acque è un fenomeno che è stato osservato durante il periodo di lockdown e di restrizioni in molte zone marine costiere del mondo soggette a impatti antropici, sia aree confinate come la Laguna di Venezia (Braga et al. 2020) che non (Kamarudin et al. 2021), ed anche in ampi laghi (Yunus et al. 2020), e, nonostante le difficoltà di discriminare l'“effetto lockdown” rispetto ad altri fattori di origine naturale (Braga et al. 2022), tra le cause accertate di questa diminuzione di solidi sospesi sono state elencate la diminuzione di scarichi industriali (anche di particolato atmosferico) derivante da industrie in regime ridotto o chiuse, la

diminuzione degli scarichi urbani, per modifiche alla popolazione residente (esempio assenza di turisti in città a vocazione turistica) e la riduzione della mobilità delle di imbarcazioni (minor traffico di navi merci o passeggeri).

Dal punto di vista degli apporti di solidi sospesi tramite l'aumento degli input di acqua dolce nel porto di Genova (da torrenti e rii, Ruggieri et al 2011), la piovosità mensile nel 2020 non varia molto rispetto al 2019, anche se manca di un picco autunnale che invece si è verificato l'anno precedente, che porta la pioggia cumulata nell'anno ad essere minore della media climatica (Acquaotta et al. 2018), ma la salinità registrata varia a seconda delle diverse stazioni ed in alcuni mesi è più bassa nel 2020 che nel 2019, andando contro tendenza rispetto agli andamenti degli ultimi periodi in cui la salinità dei bacini tendeva ad aumentare (esempio: bacino di Genova Porto antico e Multedo, Fig. 4.3-4.4, da Tesi I. Lavagna, 2020), per cui non vi è un segnale chiaro di diminuzione di questo tipo di input. Per quanto riguarda gli scarichi urbani/industriali nel porto non sono disponibili le informazioni sulla variazione negli anni, ma sicuramente a partire dal marzo 2020 si è verificato un crollo dei movimenti delle navi in tutti i bacini portuali (sezione 3.4 Risultati).

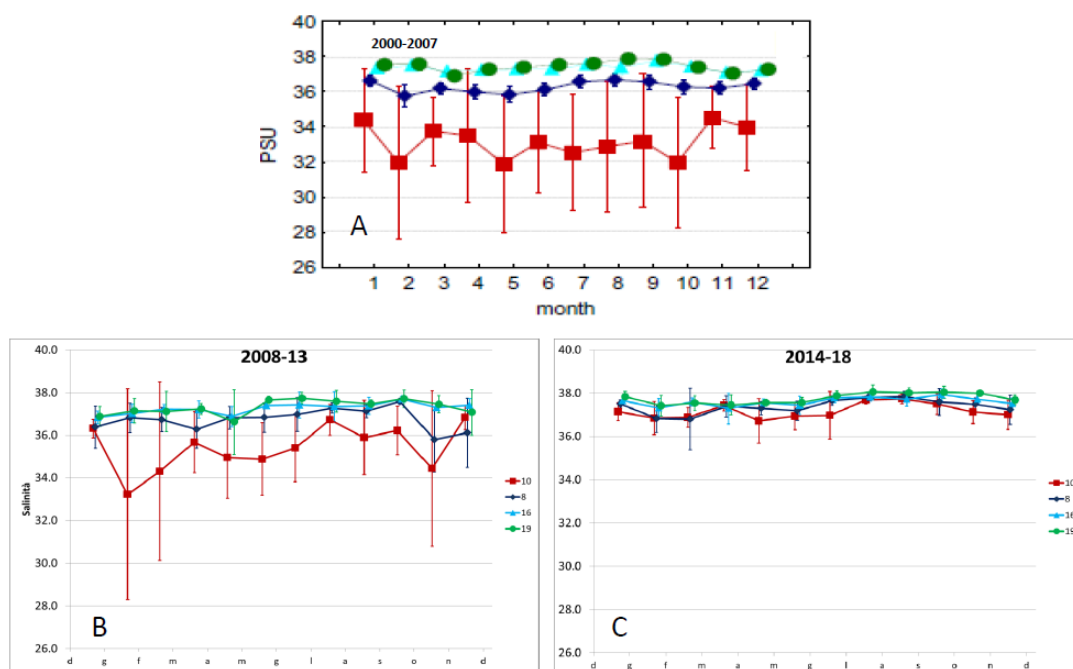


Fig. 4.3 Andamenti della salinità lungo il transetto interno – esterno del Porto Antico nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 10, in blu la stazione 8, in celeste la stazione 16 e in verde la stazione 19.

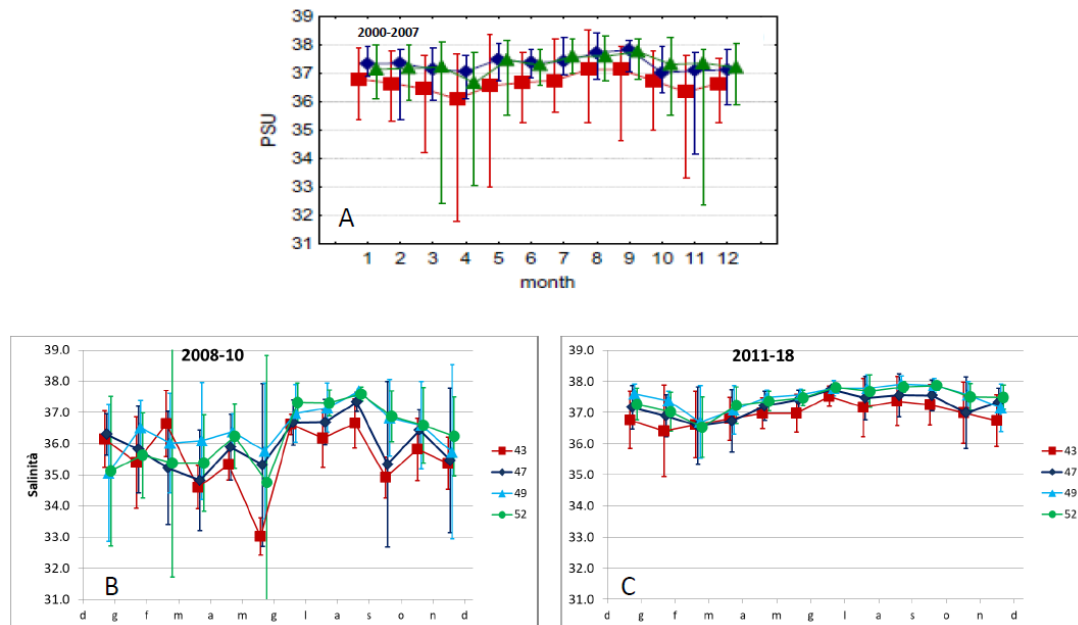


Fig. 4.4 Andamenti della salinità lungo il transetto interno – esterno di Miltedo nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 42, in blu la stazione 47, in celeste la stazione 49 e in verde la stazione 52.

Gli effetti visibili di questa particolare situazione di cessata o fortemente ridotta attività marittima sono in gran parte evidenti nella zona del Porto Antico. Questa zona di porto è molto confinata ed articolata, per la presenza di moli e banchine, meno soggetta all'effetto delle correnti marine (Capello et al. 2010, Cutroneo et al. 2017). Povero et al. (2005) hanno calcolato una media di 20 giorni per un ricambio completo dell'acqua in questa parte interna e 7 giorni per il sistema più esterno (bacino centrale ed entrata di levante) che è più ampia e circa 10m più profonda. Nonostante i lavori di dragaggio, approfondendo il fondale, abbiano contribuito a migliorare la qualità delle acque nei bacini più interni (minore salinità, maggiore ossigenazione, diminuzione eutrofizzazione e inquinamento da origine urbana, Tesi I. Lavagna 2020), il ricambio di acqua rimane più lento in quest'area, che è dedicata al transito dei traghetti e del traffico crocieristico. Questa attività è quella che ha subito il crollo maggiore da marzo 2020 in poi, con un periodo più prolungato nel tempo rispetto ad altri settori portuali (Fig. 3.83). Il transito delle navi da crociera e dei traghetti, che, in zone di basso fondale, mettono in movimento con il loro passaggio i sedimenti di fondo, generando turbolenza, porta sedimento in sospensione nell'acqua e aiuta a trattenere il sedimento in sospensione (ad esempio per i traghetti Grimaldi fino a 1 ora dal passaggio a seconda della granulometria delle particelle, Capello et al

2010). Quindi, la diminuzione del transito può costituire un effetto positivo e aumentare la trasparenza delle acque, ma la minore movimentazione delle acque al contrario provoca una minore ossigenazione delle stesse (effetto negativo). Queste minori concentrazioni di ossigeno disciolto si notano, in particolar modo, nella stazione numero 10, la più interna del transetto del Porto Antico, posizionata nel bacino compreso tra ponte dei Mille (Stazione Marittima) a ponente e Ponte Parodi a levante (Lat. 43°45'15" N Long. 8°50'10" E circa). Questa stazione storicamente ha sempre mostrato livelli di ossigenazione minori rispetto alle altre aree del porto antico più aperte (Fig. 4.5), ma nel 2020 l'ossigeno disciolto rimane al di sotto del 70% per diversi mesi (da aprile a settembre), diversamente dal 2019 quando questa situazione si verifica solo nei mesi di giugno e luglio, analogamente a quanto accade a partire dal 2014.

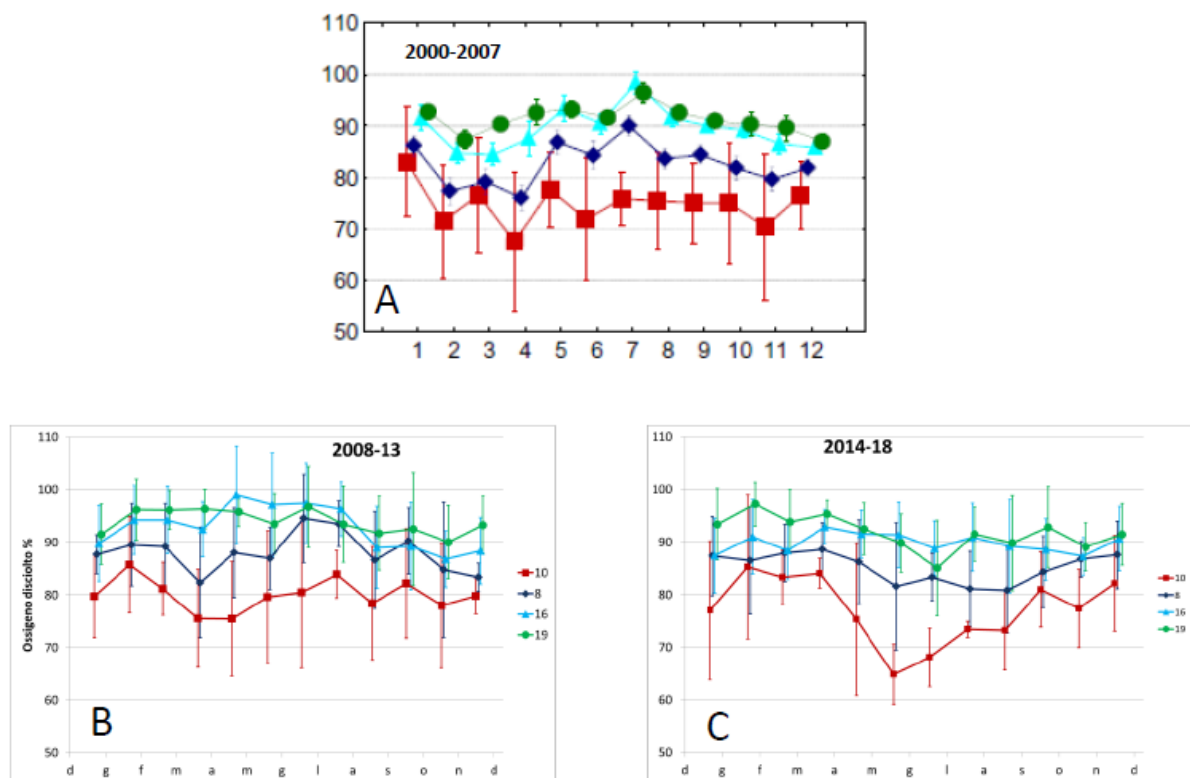


Fig. 4.5 Andamenti dell'ossigeno disciolto % lungo il transetto interno – esterno del Porto Antico nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 10, in blu la stazione 8, in celeste la stazione 16 e in verde la stazione 19.

Per quanto riguarda la biomassa fitoplanctonica, non ci sono segnali chiari, anche se in alcune aree marine mediterranee sono stati registrati segnali di una maggiore oligotrofia nei mesi di lockdown (Braga et al. 2022, Sala et al in press),

ma la diminuzione della clorofilla-a, secondo gli autori, è dovuta a un mix di fenomeni naturali e antropici (diminuzione scarichi urbani e minori input di particolato da industrie, ricco di ossidi di N). L'andamento della clorofilla-a nel porto di Genova mostra, sì, lievi modifiche nelle fioriture del 2020, in particolare in area Porto Antico e Polcevera, che sono di entità minore o con diversa fenomenologia rispetto al 2019 ma in linea con quelle dell'ultimo periodo (2014-2018, es. Fig. 4.6-4.7).

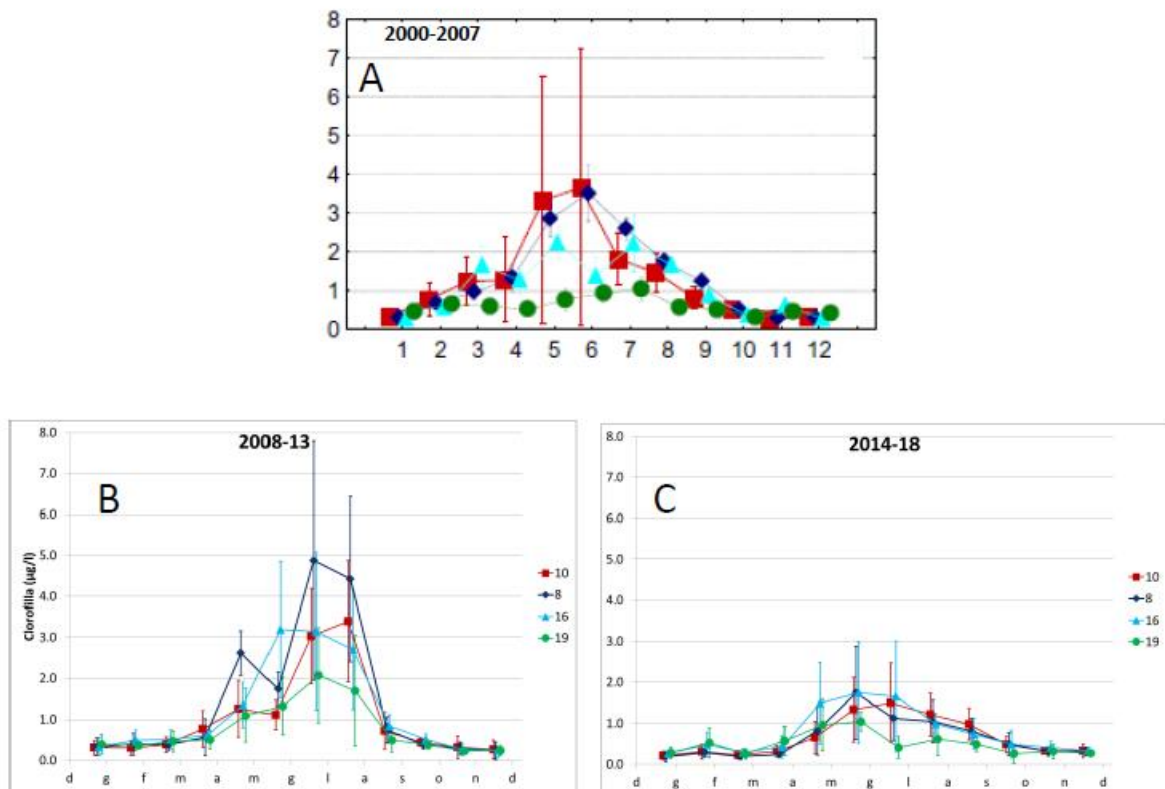


Fig. 4.6 Andamenti della clorofilla-a lungo il transetto interno – esterno del Porto Antico nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I.Lavagna, 2020). In rosso la stazione 10, in blu la stazione 8, in celeste la stazione 16 e in verde la stazione 19.

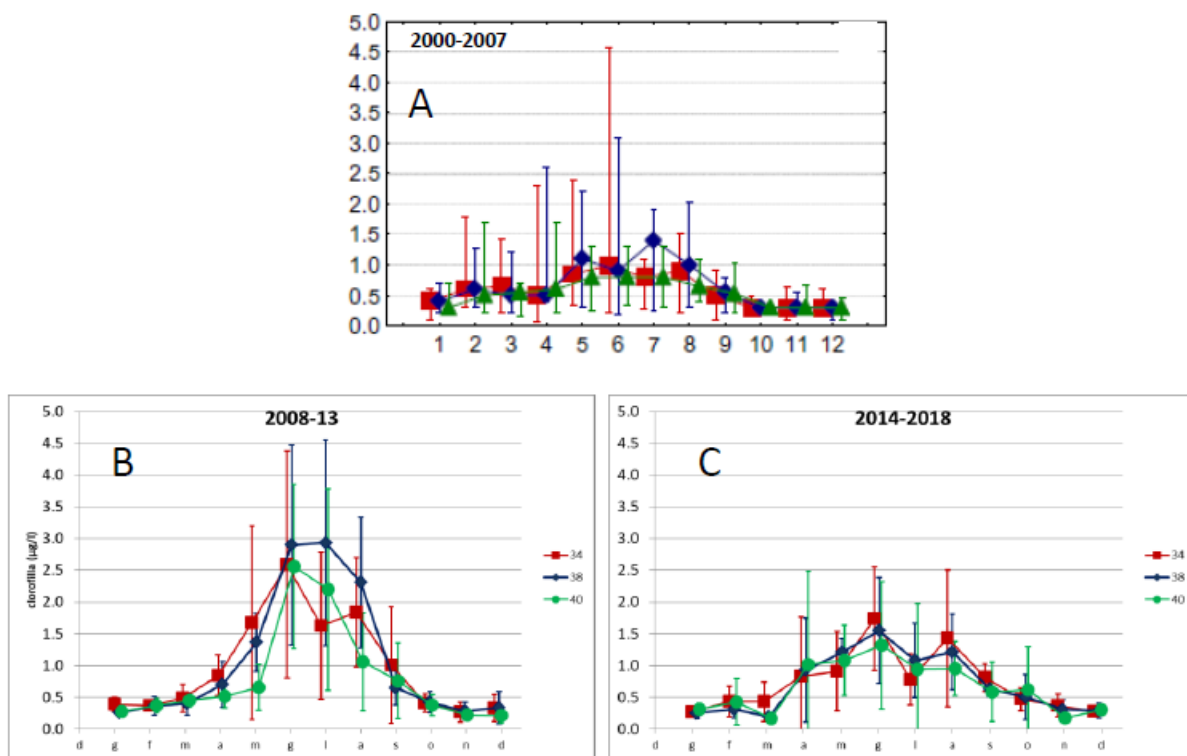


Fig. 4.7 Andamenti della clorofilla-a lungo il transetto interno – esterno alla foce del Polcevera nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 34, in blu la stazione 38 e in verde la stazione 40, alla bocca di ponente.

Le altre variabili più legate strettamente all'inquinamento antropico (ammoniaca e indicatori fecali) non hanno mostrato variazioni evidenti tra i due anni.

La variabile ammoniacale ha mostrato concentrazioni basse, con qualche picco contenuto, sia nel 2019 sia nel 2020, ma in linea con la graduale diminuzione delle concentrazioni evidenziata a partire da dopo la fine delle opere di dragaggio (es. nei bacini di Miltedo e del Porto Antico, Fig. 4.8 e 4.9 da Tesi I. Lavagna). Nel bacino di Miltedo nel 2020 non sono stati osservati picchi, nemmeno nelle stazioni più interne, al contrario del 2019, ma ad esempio la stazione 10 del porto Antico, ha mostrato qualche picco sia nel 2019 che nel 2020, a conferma dei trend mostrati dalla serie storica. Alla foce del Polcevera è la stazione più dentro la foce che più frequentemente mostra valori al di sopra del limite di detezione dello strumento in entrambi gli anni, pur essendo molto contenuti rispetto agli anni precedenti.

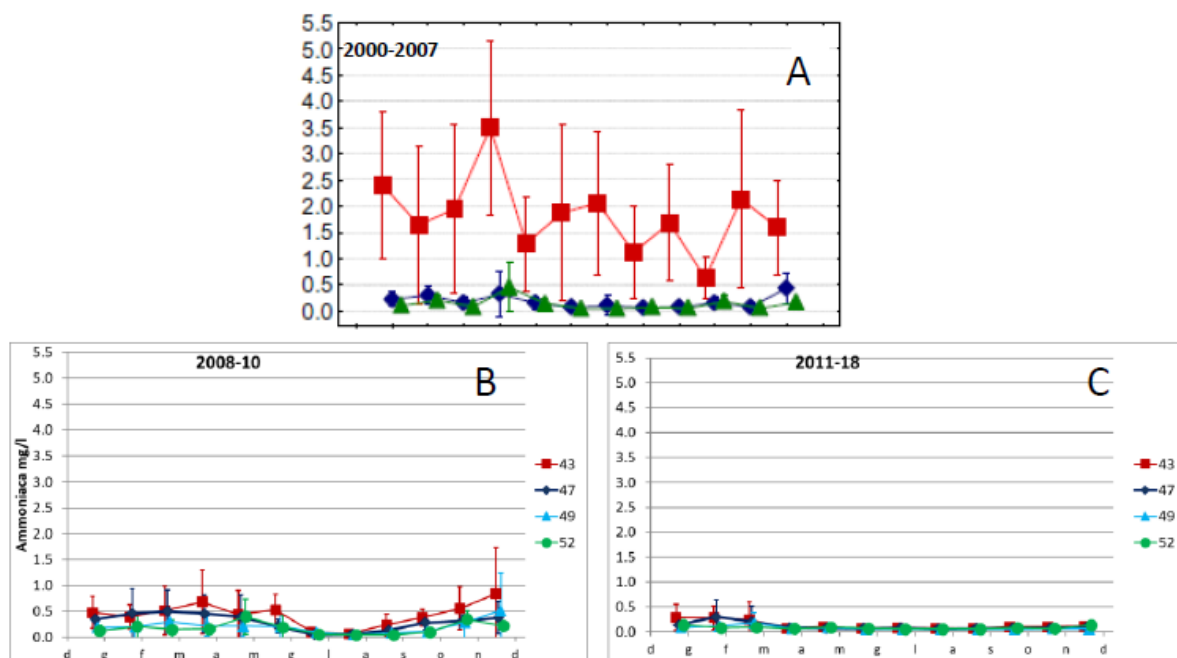


Fig. 4.8 Andamenti dell'ammoniaca (mg/L) lungo il transetto interno – esterno di Multedo nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I.Lavagna, 2020). In rosso la stazione 42, in blu la stazione 47, in celeste la stazione 49 e in verde la stazione 52.

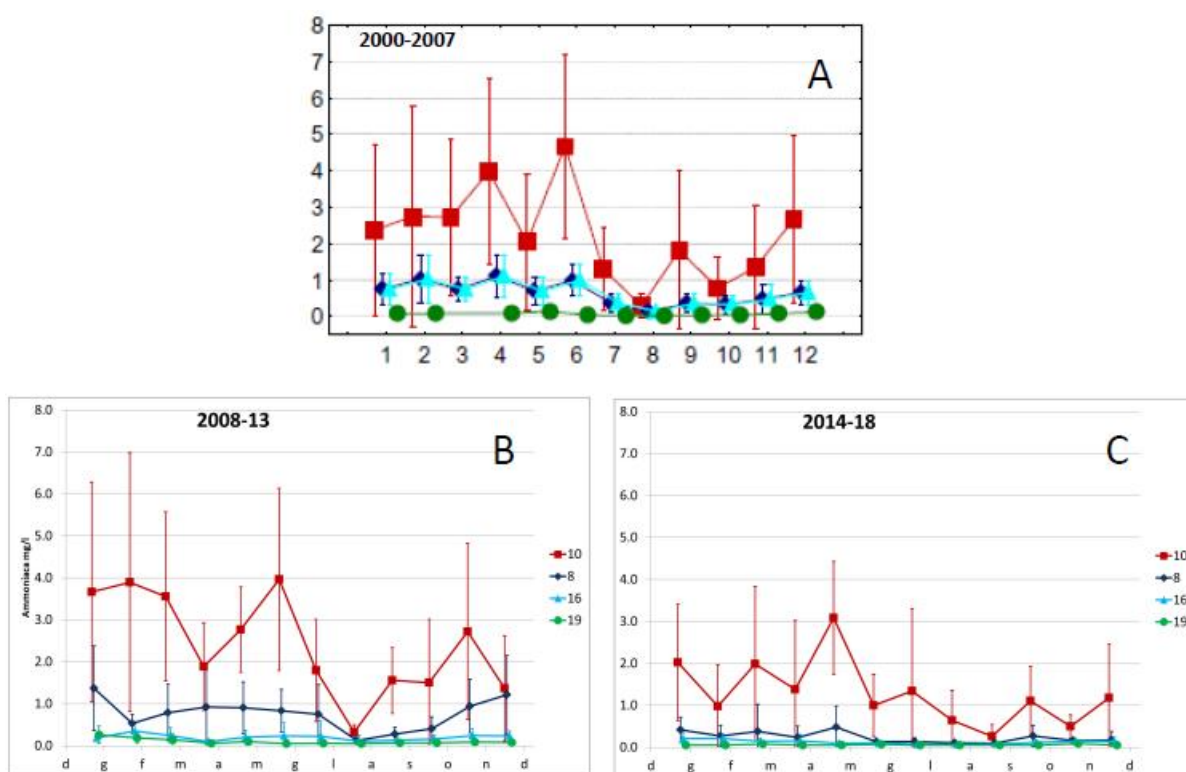


Fig. 4.9 Andamenti dell'ammoniaca (mg/L) lungo il transetto interno – esterno del bacino di Genova Porto Antico nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al.

2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I.Lavagna, 2020). In rosso la stazione 10, in blu la stazione 8, in celeste la stazione 16 e in verde la stazione 19.

Le concentrazioni di coliformi mostrano, in entrambi gli anni, valori oscillanti ma per diverse stazioni abbastanza elevati, simili ai valori della serie storica (es. nei bacini Porto Antico e Multedo, Fig. 4.10 e 4.11) e presentano in diversi mesi concentrazioni che superano i limiti imposti dalle leggi sugli scarichi nelle acque portuali, in particolare nelle stazioni più interne del porto Antico, alla foce del Polcevera e nel bacino di Multedo nel giugno-luglio 2020. Quest'ultimo caso in controtendenza rispetto all'andamento stagionale evidenziato dalla serie storica, che mostra le concentrazioni più elevate nei mesi autunnali-invernali. Tutto ciò dimostra che questi valori sono indipendenti dalla presenza e dal transito delle navi che, peraltro, hanno sistemi di smaltimento dei reflui avanzati, ma sono dovuti alla presenza degli scarichi urbani e alla poca circolazione delle acque (elevati nelle stazioni più confinate), problemi quindi riconducibili alla gestione degli scarichi fognari della città. Infatti, è stato documentato un miglioramento della qualità delle acque durante le restrizioni lockdown davanti Tangeri per la diminuzione degli scarichi (Cherif et al 2020) e in generale la letteratura mostra un miglioramento della qualità delle acque dopo interventi su depuratori (Xu et al 2011, Campos et al. 2020). Purtroppo, non sono disponibili i dati relativi agli scarichi, ma è ragionevole pensare che pur essendo diminuite le attività portuali e la presenza di turisti e lavoratori pendolari in città, il grosso della popolazione residente è stata sempre presente in città. Inoltre, per quanto riguarda questo parametro, mancano i risultati dei mesi di lockdown stretto (marzo – aprile 2020), non permettendo di osservare il fenomeno quando le attività anche cittadine erano maggiormente limitate. Per quanto riguarda la situazione anomala dei mesi estivi di Multedo, si può tenere in considerazione che questo bacino portuale è anche a vocazione turistica, ospitando una marina e diversi locali sulle banchine, che potrebbero influenzare con gli scarichi le acque, ma non sono disponibili statistiche su un utilizzo maggiore in quell'anno rispetto agli anni precedenti.

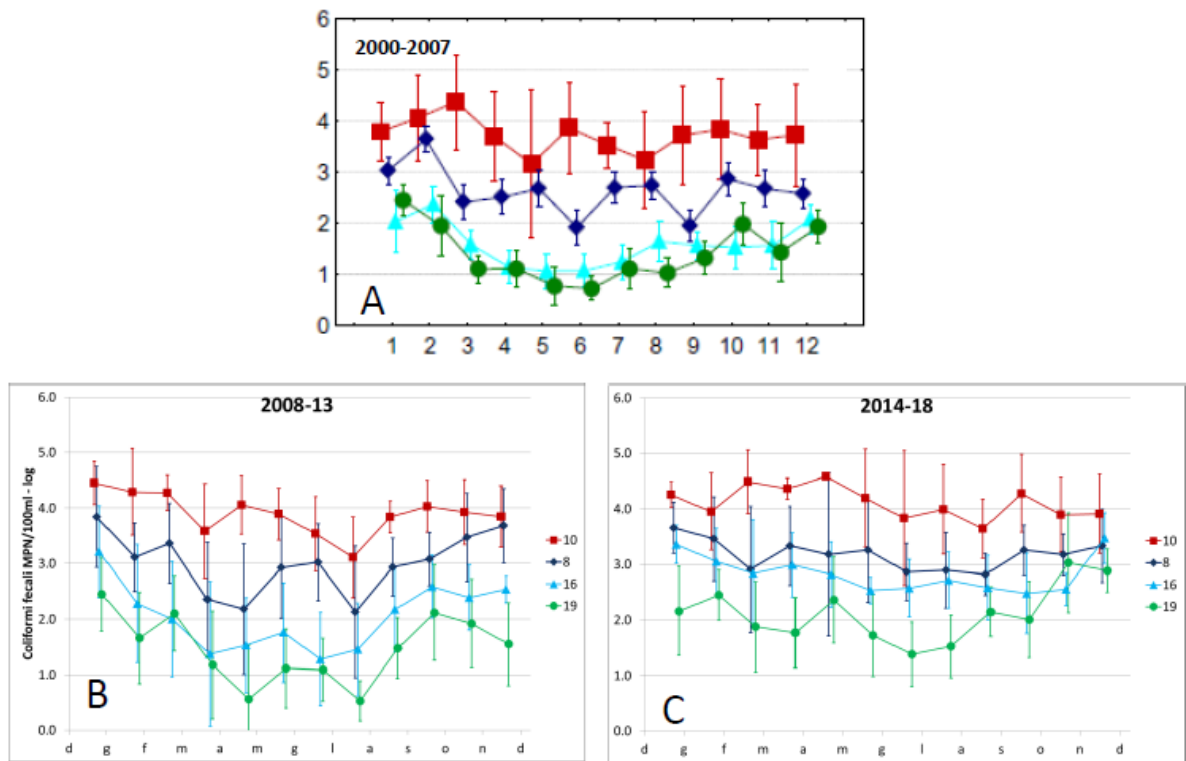


Fig. 4.10 Andamenti dei coliformi fecali (MNP/100ml) lungo il transetto interno – esterno del bacino di Genova Porto Antico nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 10, in blu la stazione 8, in celeste la stazione 16 e in verde la stazione 19.

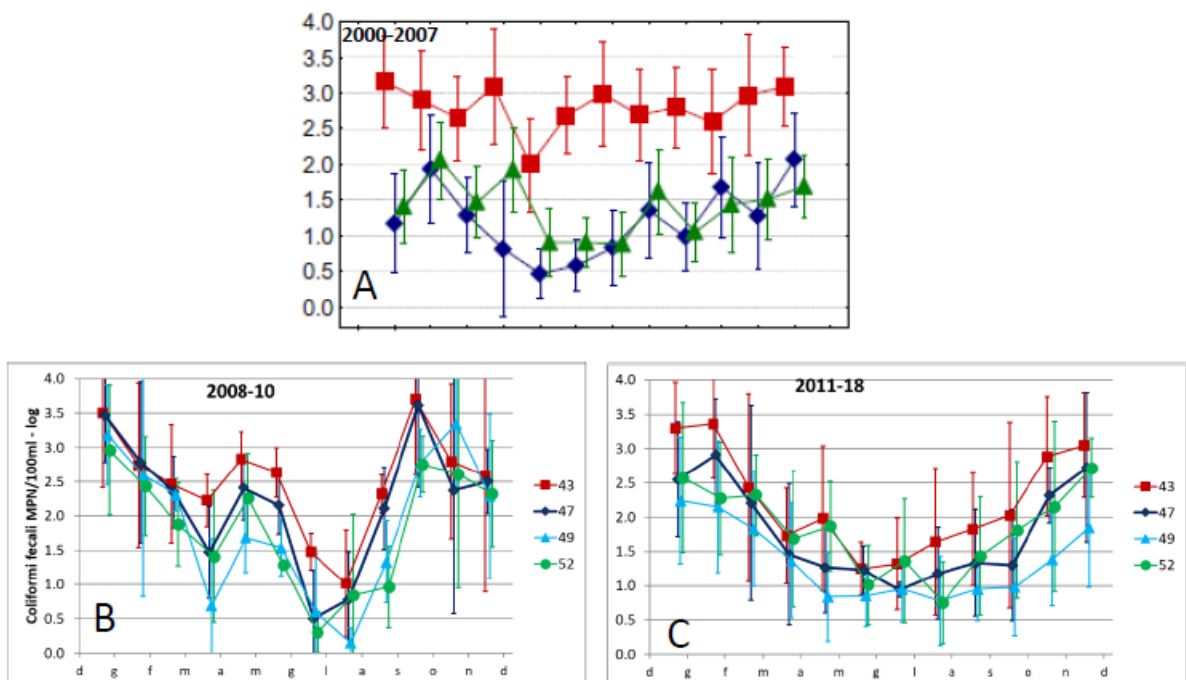


Fig. 4.11 Andamenti dei coliformi fecali (MNP/100ml) lungo il transetto interno – esterno del bacino di Multedo nei periodi A) 2000-2007 (da Ruggieri et al. 2011); B) 2008-2013 e C) 2014-2018 (da Tesi I. Lavagna, 2020). In rosso la stazione 42, in blu la stazione 47, in celeste la stazione 49 e in verde la stazione 52.

Questo tipo di monitoraggio, pur semplice ed essenziale nel tipo di variabili osservate, si è rivelato un utile strumento di supporto alla gestione degli specchi acquei, evidenziando i cambiamenti in atto della qualità delle acque, non solo nel lungo termine (trend pluriennali in atto per modificazioni del sistema dovute a interventi dell'uomo, come dragaggi, modifiche del sistema di scarichi ecc.), ma anche a breve termine, in risposta alle modifiche imposte dalla pandemia di COVID19, dando informazioni utili ai gestori per discriminare il tipo di impatti e le risposte del sistema, la complessità del quale non facilita la individuazione dell'effetto delle singole forzanti.

Bibliografia

A.A. ISPRA Metodologie di studio del plancton marino, n. 56 – 2010.

A.A. Manuale IRSA/CNR sez. 4030

Abdou M., Schaëfer J., Gil-Díaz T., Tercier-Waeber M., Catrouillet C., Massa F., Castellano M., Magi E., Povero P., Blanc G. (2020). Spatial variability and sources of platinum in a contaminated harbor – tracing coastal urban inputs. *Environmental Chemistry*, 17(2), 105-117 <https://doi.org/10.1071/EN19160>

Acquaotta F., Faccini F., Fratianni S., Paliaga G., Sacchini A. 2018. Rainfall intensity in the Genoa Metropolitan Area (Northern Mediterranean): secular variations and consequences. *Weather* 73, 356 – 362

Braga F., Scarpa G.M., Brando V.E., Manfe G., Zaggia L. 2020. COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice lagoon. *Science of the Total Environment*, 736, 139612

Braga F., Ciani D., Colella S., Organelli E., Pitarch J., Brando V.E., Bresciani M., Concha J.A., Giardino C., Scarpa G.M., Volpe G., Rio M., Falcini F. 2022. COVID-19 lockdown effects on a coastal marine environment: Disentangling perception versus reality. *Science of the Total Environment* 817, 153002

Campos C.J.A., Teixeira Alves M., Walkera D.I. 2020. Long term reductions of faecal indicator organisms in Chichester Harbour (England) following sewerage infrastructure improvements in the catchment. *Science of the Total Environment* 733, 139061

Capello M., Cutroneo L., Castellano M., Orsi M., Pieracci A., Bertolotto R.M., Povero P., Tucci S., 2010. Physical and sedimentological characterisation of dredged sediments. *Chem. Ecol.* 26:359–369. <http://dx.doi.org/10.1080/02757541003627746>.

Cherif E.K., Vodopivec M., Mejjad N., Esteves da Silva J.C G., Simona Simonovič S., Boulaassal H. 2020. COVID-19 Pandemic Consequences on Coastal Water Quality Using WST Sentinel-3 Data: Case of Tangier, Morocco. *Water*, 12, 2638; doi:10.3390/w12092638

Coll M. 2020. Environmental effects of the COVID-19 pandemic from a (marine) ecological perspective. *Ethics in Science and Environmental politics*. 20, 41–55

Cutroneo L., Carbone C., Consani S., Vagge G., Canepa G., Capello C., 2017. Environmental complexity of a port: Evidence from circulation of the water masses, and composition and contamination of bottom sediments. *Mar. Pol. Bull.* 119, 184-194

Ghosh A., Nath A., Banik P.D., Chowdhury R., Mandal D. 2021. The Impact of COVID-19 on the Atmosphere, Hydrosphere and Biosphere: A global scenario. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6, <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.63.10>

Giuffredi R., Criscuolo L., De Lazzari A., Fanelli G., Giordano R., Petrocelli A., Portacci G., Pugnetti A., L'Astorina A. 2021. Knowledge Co-construction by Citizens and Researchers to Create a SNAPSHOT of the Marine Environment During and After the Covid-19 Lockdown. *Frontiers in Marine Science* 8: 718214. doi: 10.3389/fmars.2021.718214

He Y., Haoa J.Y., Hea W., Lamb K.C., Xua F.L. 2019. Spatiotemporal variations of aquatic ecosystem health status in Tolo Harbor, Hong Kong from 1986 to 2014. *Ecological Indicators* 100, 20–29.

Holm-Hansen O. et al., 1965. Fluorometric Determination of Chlorophyll. *J.Cons.Perm.int.Explor. mer* 30,3-15

Kamarudin N A, Mohamat-Yusuff F., Zulkifli S. Z., Zainuddin A. H., Ali M. Y., Ekhsan N.F.M., Hassan M. Z., Aris A. Z., Md Yusoff F.. 2021. Port Dickson Surface Water Quality Status: A Year with COVID-19 Pandemic. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 934, 012049. doi:10.1088/1755-1315/934/1/012049

Lavagna I., 2019. Monitoraggio ambientale marino del porto di Genova 2000-2018: variabilità spazio-temporale. Tesi di Laurea anno accademico 2018-2019. Università degli studi di Genova-Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Corso di laurea triennale in Scienze Ambientali

Luna G.M., Manini E., Turk V., Tinta T., D'Errico G., Baldrighi E., et al. 2019. Status of faecal pollution in ports: A basin-wide investigation in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 147, 219–228.

March D., Metcalfe K., Joaquin Tintoré J., Godley B.J. 2021. Tracking the global reduction of marine traffic during the COVID-19 pandemic. Nature Communications | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22423-6>

Millefiori L.M., Braca P., Zissis D., Spiliopoulos G., Marano S., Willett P.K., Carniel S. 2021. COVID-19 impact on global maritime mobility. Scientific Reports 11: 18039 | <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97461-7>

Povero P, Ruggieri N, Misic C, Castellano M, Rivaro P, Conio O, Derqui E, Maggi S, Fabiano M (2005). Ports of Genoa: Old Port, Multedo Oil Terminal and Voltri Container Terminal. In 'Nutrient fluxes in transition zones of the Italian Coast'. (Eds G Giordani, P Viaroli, DP Swaney, CN Murray, JM Zaldivar, JJ Marshall Crossland) Loicz Reports & Studies 28, pp. 128–135. (LOICZ International Project Office: Texel, The Netherlands)

Ruggieri N., Castellano M., Capello M., Maggi S., Povero P., 2011. Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the Port of Genoa, Italy, from 2000 to 2007. Mar. Pol. Bull. 62, 340-349

Sala M.M, Peters F., Sebastián M., Cardelús C., Calvo E., Celia Marrasé C., Massana R., Pelejero C., Sala-Coromina J., Vaqué D., Gasol J.M. in press. COVID-19 lockdown moderately increased oligotrophy at a marine coastal site. Science of the Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151443>

Tallie D.M., O'Neil J.M., Dennison W.C. 2020. Water quality gradients and trends in New York Harbor. Regional Studies in Marine Science 33, 100922.

Xu J., Lee J.H.W., Yin K., Liu H., Harrison P.J. 2011. Environmental response to sewage treatment strategies: Hong Kong's experience in long term water quality monitoring. Marine Pollution Bulletin 62, 2275–2287

Yunus A.P., Masago Y., Hijioka Y. 2020. COVID-19 and surface water quality: Improved lake water quality during the lockdown. Science of the Total Environment 731, 139012

Sitografia

ARPA Emilia-Romagna. Qualità ambientale delle acque marine-2019

Assoporti - L'Italia dei porti. URL archiviato l'11/12/2021

Bonadonna L. et al. - Istituto Superiore di Sanità, 1997 Valutazione comparativa di procedure analitiche per il rilevamento di *Enterobacteriaceae* in acque marine costiere

IDRONAUT S.r.l., 1982-2018. OCEAN SEVEN 316Plus CTD Multiparameter probe Operator's Manual

La storia – Porto antico di Genova. URL archiviato l'11/12/2021

Portsofgenoa.com – Report Traffici Q4-2020. URL archiviato il 26/5/2021

Servizi Ecologici Porto di Genova s.r.l., 2018. Analisi dei dati fisico-chimico-biologici derivanti dal monitoraggio ambientale marino nell'area del Porto di Genova-anno 2017

