



**Università
di Genova**

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

PROGETTO P.3062

“AMPLIAMENTO DELLA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA”

**RELAZIONE DELLA FASE IN CORSO D'OPERA
DICEMBRE 2023**

Monitoraggio della torbidità, dell'ossigeno disciolto e della dinamica durante i lavori relativi all'ampliamento della diga foranea del Porto di Genova

Il Responsabile Scientifico del DISTAV

Prof. Marco Capello

(Firmato digitalmente)

INTRODUZIONE

Nell'ambito delle operazioni di costruzione della nuova Diga foranea del Porto di Genova (Codice Perizia 3062), il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita dell'Università degli Studi di Genova è stato incaricato di effettuare il monitoraggio della torbidità, dell'ossigeno disciolto e della dinamica durante i lavori (fase in corso d'opera).

Per questo motivo, durante i lavori, a partire dal 4 maggio 2023 si è provveduto a compiere campagne di monitoraggio a mezzo barca e il monitoraggio h24 tramite il sistema automatico formato da stazioni fisse. Di seguito, quindi, riportiamo gli esiti delle campagne oceanografiche effettuate nel mese di DICEMBRE 2023.

CORSO D'OPERA

Durante le campagne di monitoraggio a mezzo barca sono stati impiegati i seguenti strumenti e indagati i seguenti parametri:

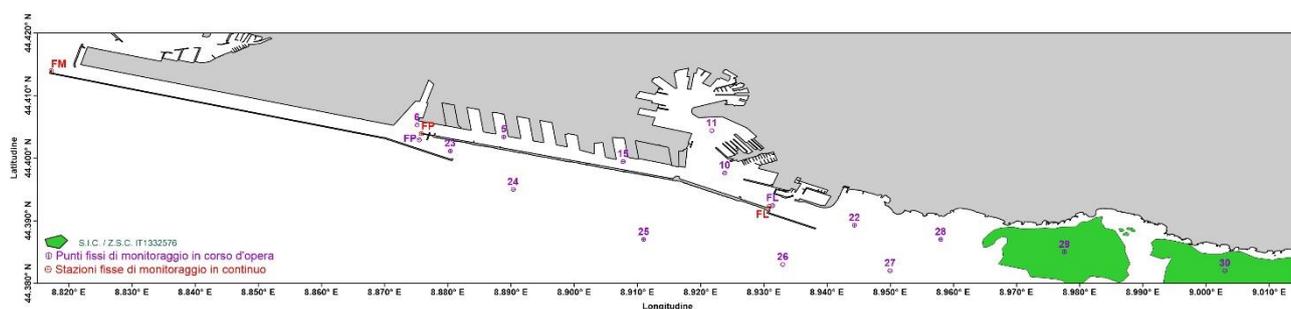
- sonda multiparametrica CTD, con i sensori di temperatura, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto, calata lungo la colonna d'acqua per l'acquisizione in tempo reale di profili verticali dei diversi parametri;
- correntometro acustico profilante ad effetto Doppler (V-ADCP) con applicazione bottom track posizionato a scafo per la misura di direzione, intensità e verso delle correnti lungo una direttrice verticale che attraversa la massa d'acqua sotto lo strumento.

Il piano di monitoraggio ha previsto la realizzazione di due uscite a settimana con l'acquisizione di dati in diversi punti diffusi nell'area d'indagine, alcuni fissi, determinati dal piano di monitoraggio e contrassegnati da numeri o sigla fissa (si vedano mappa e tabella riportate di seguito), e alcuni mobili contrassegnati dalla lettera finale "A" (es. 001A), per avere un quadro più dettagliato delle caratteristiche della colonna d'acqua e della diffusione della torbida all'interno dell'area dei lavori.

Inoltre, il piano di monitoraggio ha previsto il controllo in continuo di torbidità, ossigeno disciolto e correnti grazie alle stazioni fisse di misura installate sulla diga all'ingresso di levante del porto (FL), all'ingresso di ponente (FP) e, dal 6 Giugno 2023, anche all'ingresso di ponente del Canale di calma dell'aeroporto verso Muledo (FM). Le stazioni fisse sono dotate di:

- sonda multiparametrica con sensore di torbidità e ossigeno disciolto, e
- correntometro acustico profilante ad effetto Doppler orizzontale (H-ADCP) per la misura di direzione, intensità e verso delle correnti lungo una direttrice orizzontale che attraversa la massa d'acqua davanti allo strumento.

Di seguito sono riportate la mappa con la posizione delle stazioni fisse e dei punti fissi, e la tabella con le coordinate dei punti fissi del monitoraggio da barca.



Mappa dei punti fissi e delle stazioni fisse di misura.

Stazione	Latitudine (°)	Longitudine (°)
FL	44.392421	8.931382
FP	44.402911	8.875466
5	44.403407	8.888859
6	44.405302	8.875104
10	44.397620	8.923817
11	44.404389	8.921761
15	44.399463	8.907728
22	44.389268	8.944355
23	44.401148	8.880362
24	44.394991	8.890319
25	44.386996	8.910999
26	44.382996	8.933000
27	44.381997	8.949999
28	44.386996	8.957992
29	44.384994	8.977591
30	44.381998	9.002988

Alcuni punti mobili di misura possono essere effettuati durante il monitoraggio anche all'interno dell'area di cantiere delimitata dalle boe: questi punti sono effettuati solo

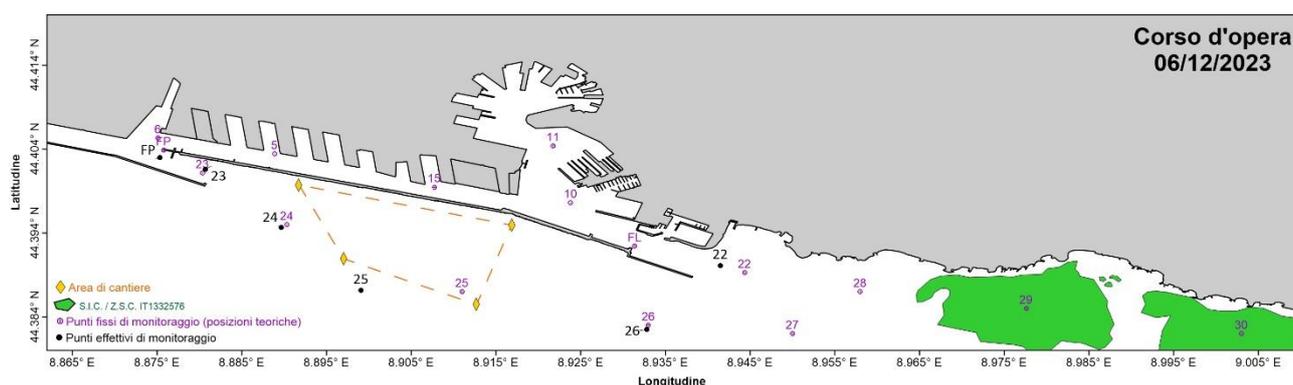
quando non sono presenti mezzi all'interno dell'area, come da ordinanza emessa dalla Capitaneria di Porto.

MONITORAGGIO A MEZZO BARCA – DICEMBRE 2023

06/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento da N, mare con onda lunga fuori dal porto e cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Maso di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 6 punti e acquisizione di corrente in 3 punti. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

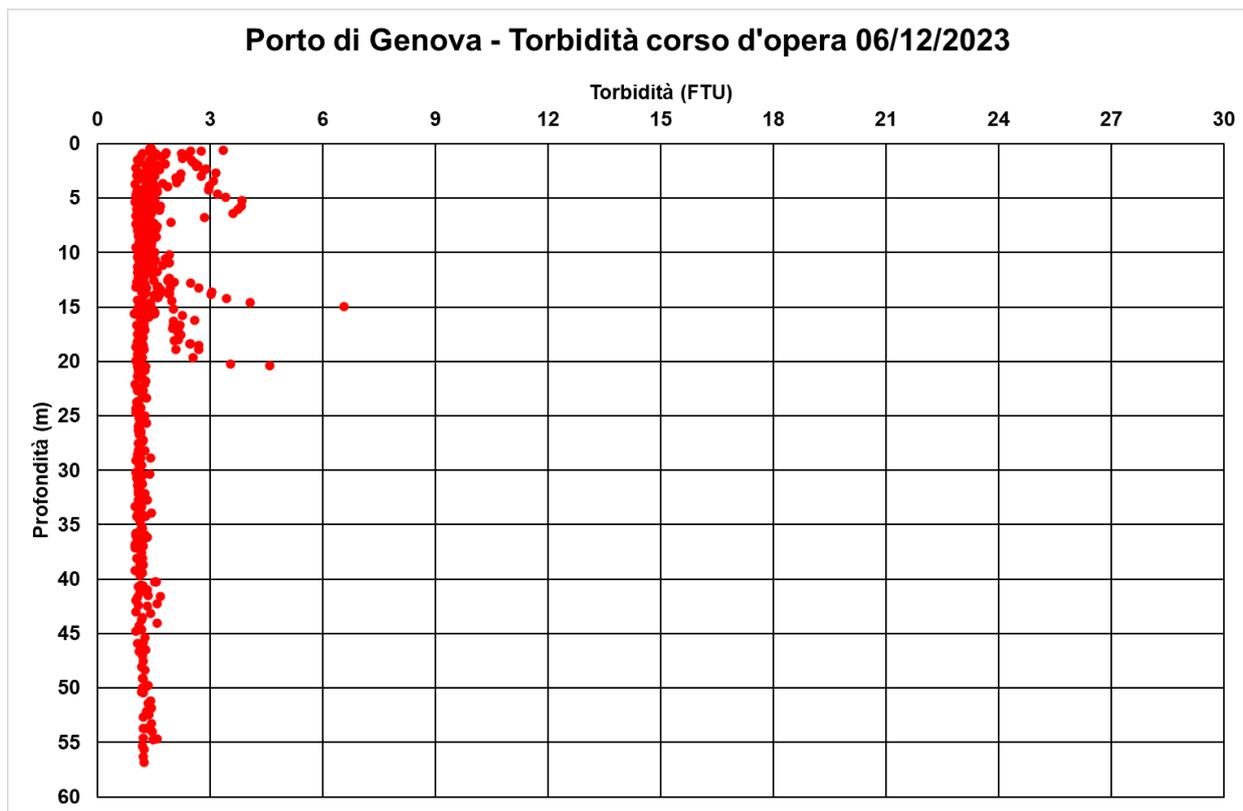


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

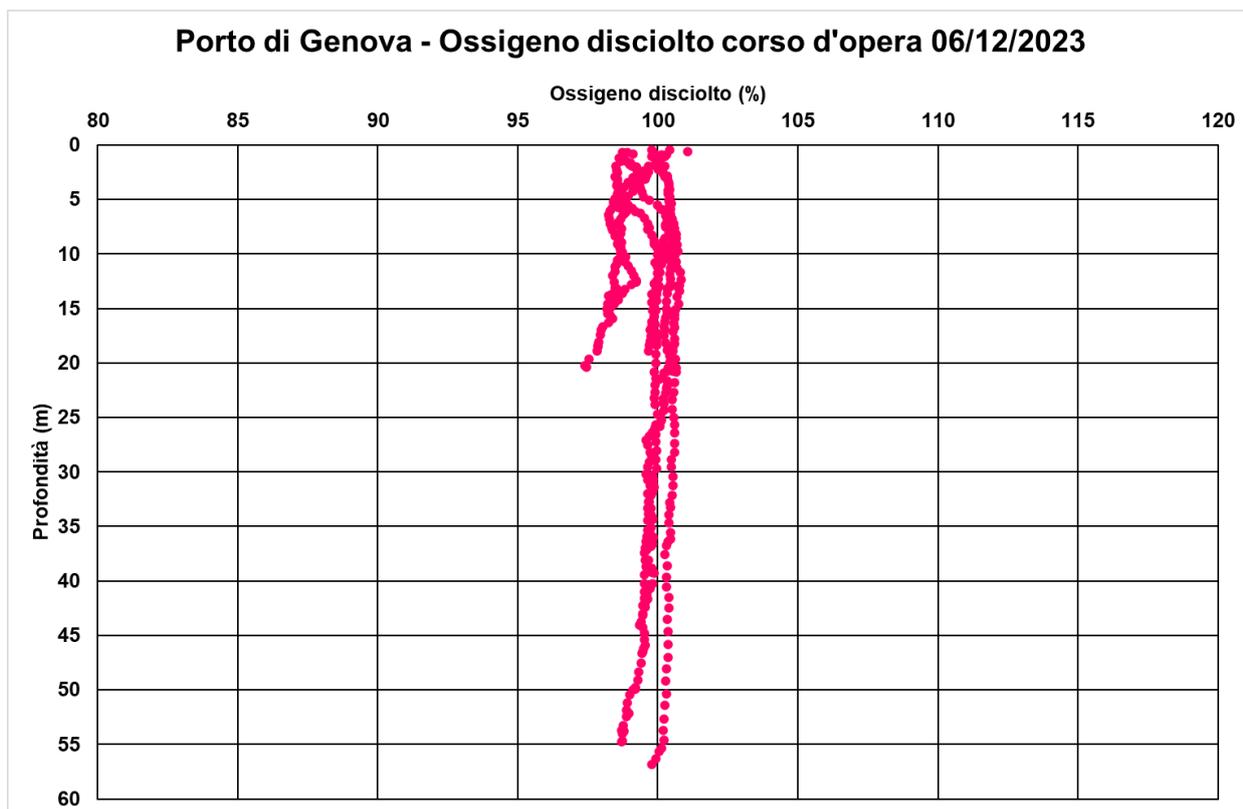
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 1.0 e 6.6 FTU.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

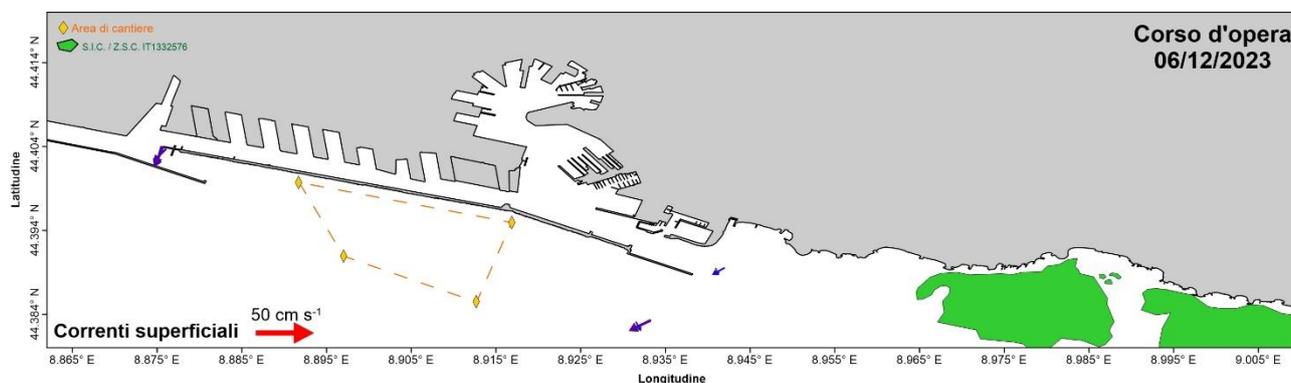
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



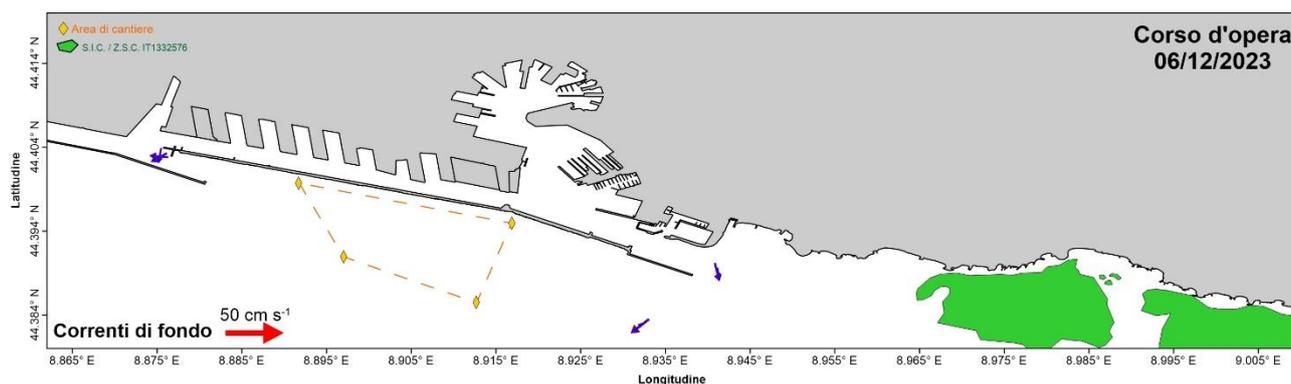
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 97 e 101%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.9 e 33.3 cm s^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso S-SW nello strato superficiale e in quello di fondo. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

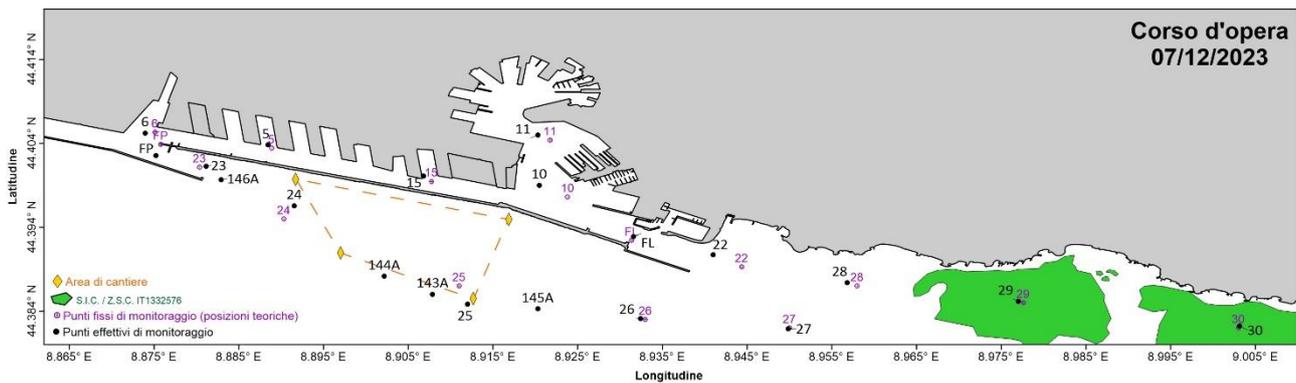


Vettori corrente nello strato di fondo.

07/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di calma di vento, mare con onda lunga fuori dal porto e cielo da sereno a nuvoloso. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr.ssa Irene Geneselli, Dr. Luca Carpi.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 20 punti fissi e mobili e acquisizione di corrente in 12 punti. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

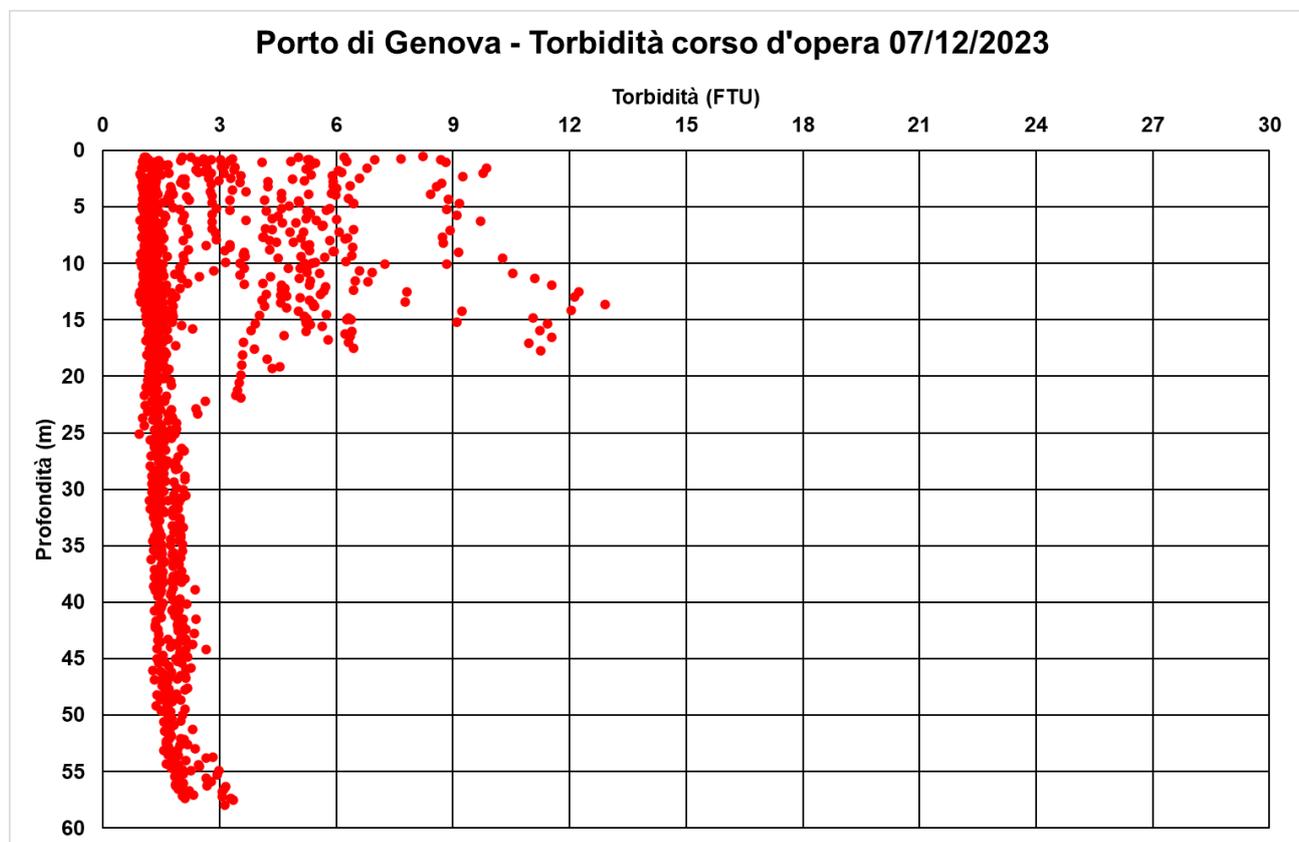


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

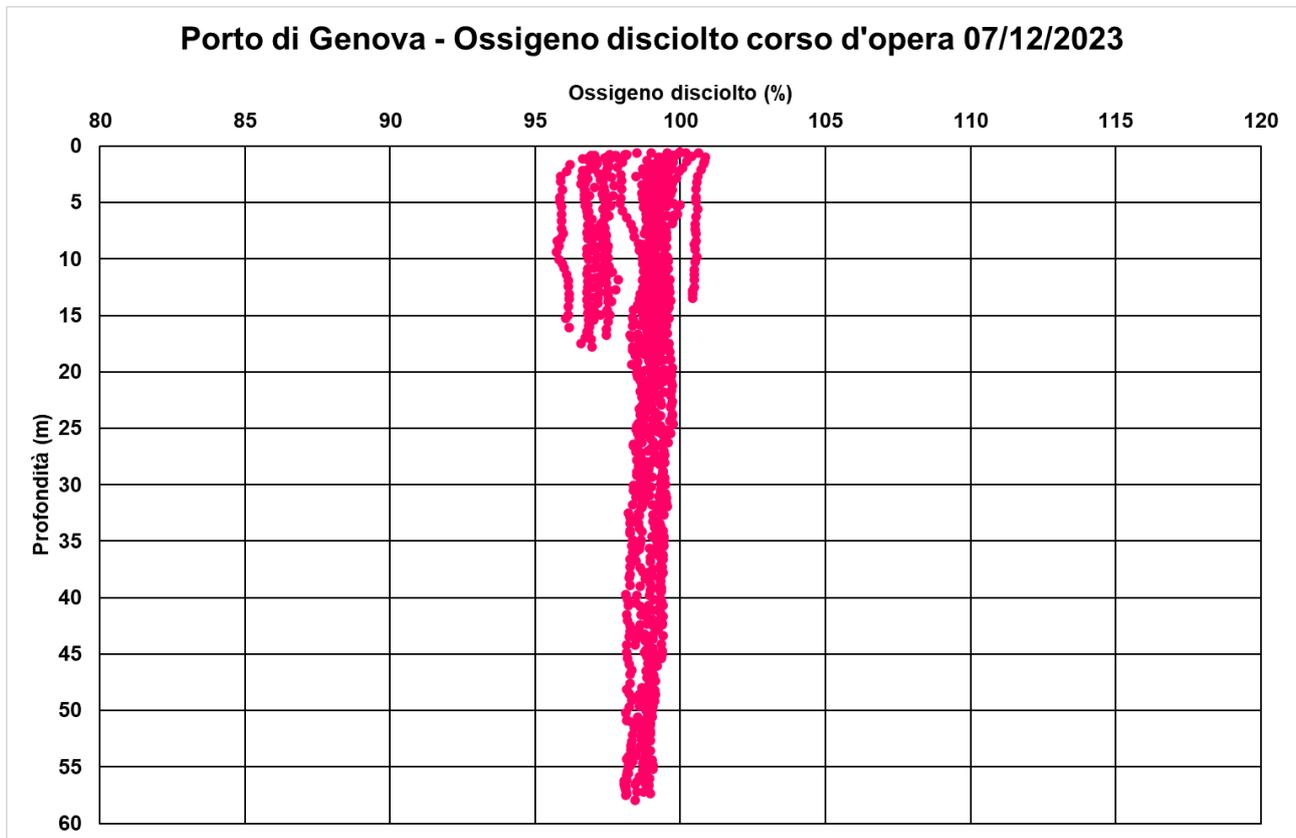
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.9 e 12.9 FTU. I valori più alti sono stati misurati nel Bacino di Evoluzione dopo le manovre di una nave.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

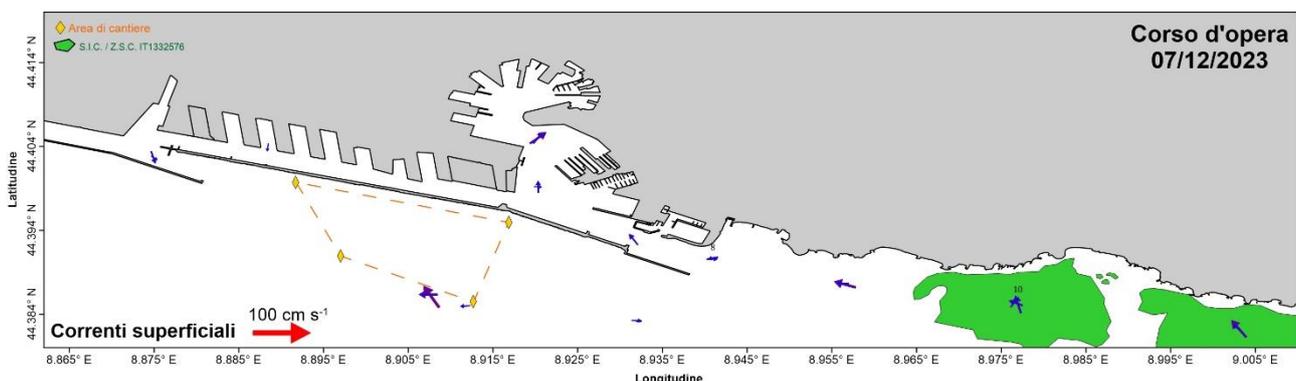
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



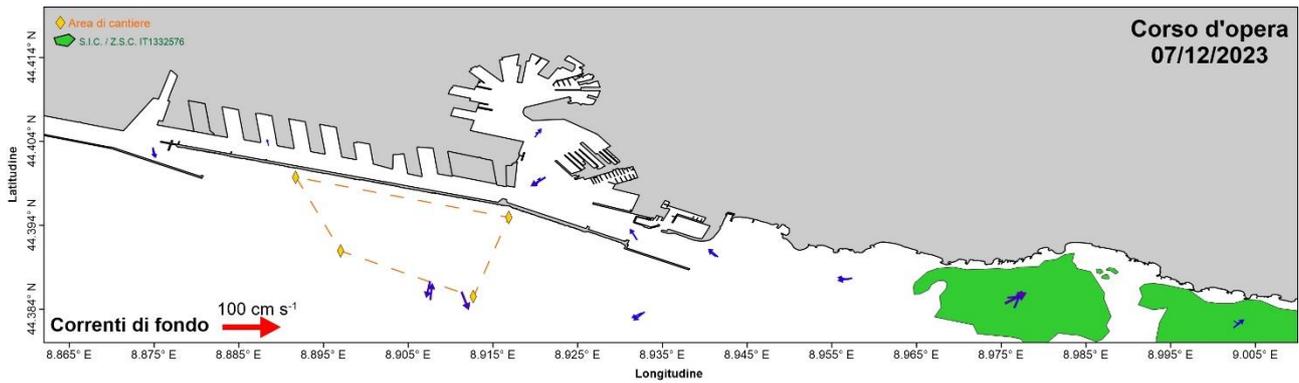
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 96 e 101%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.4 e 57.7 cm s^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso W fuori dalla diga e verso NW dentro il porto nello strato superficiale, e variabile nello strato di fondo. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

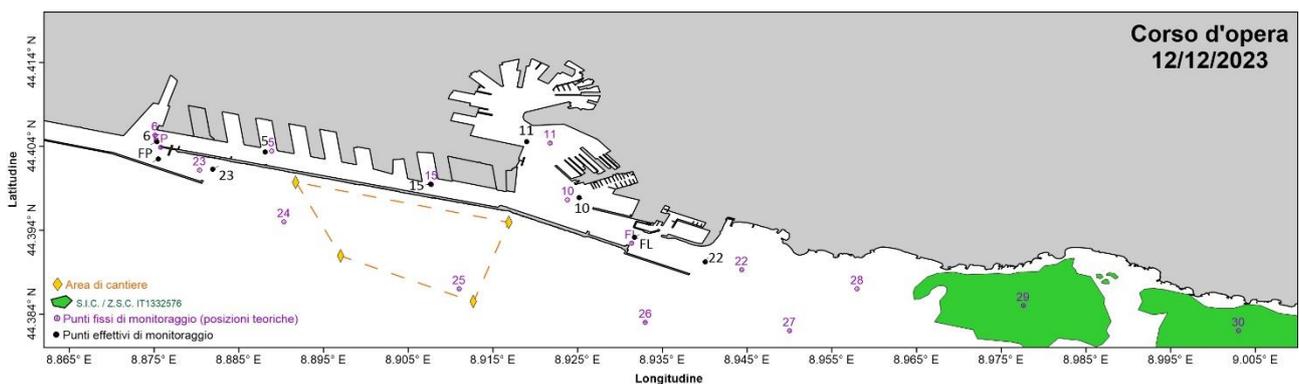


Vettori corrente nello strato di fondo.

12/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di forte vento da N, mare con onda lunga e cielo coperto. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Maso di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr.ssa Irene Geneselli, Sig. Valter Capicchioni.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 9 punti e misure correntometriche in 4 punti solo all'interno del porto. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

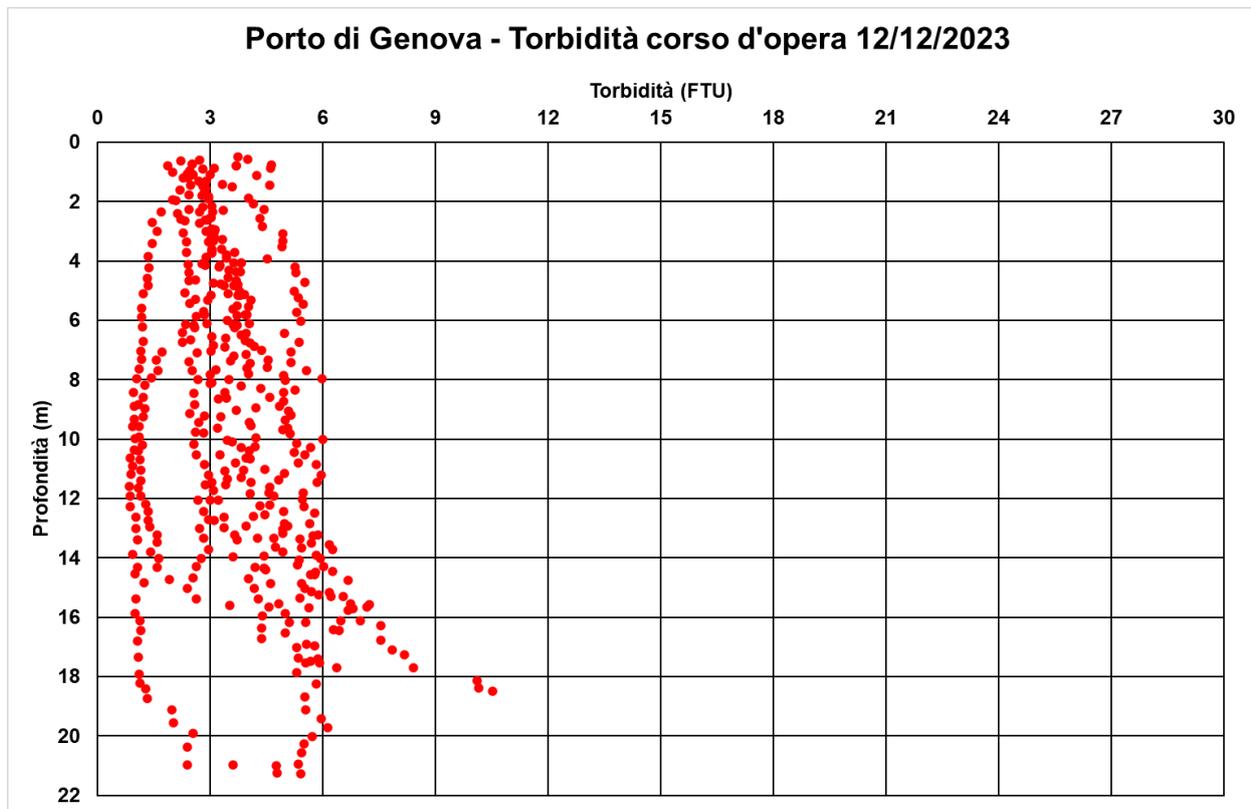


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

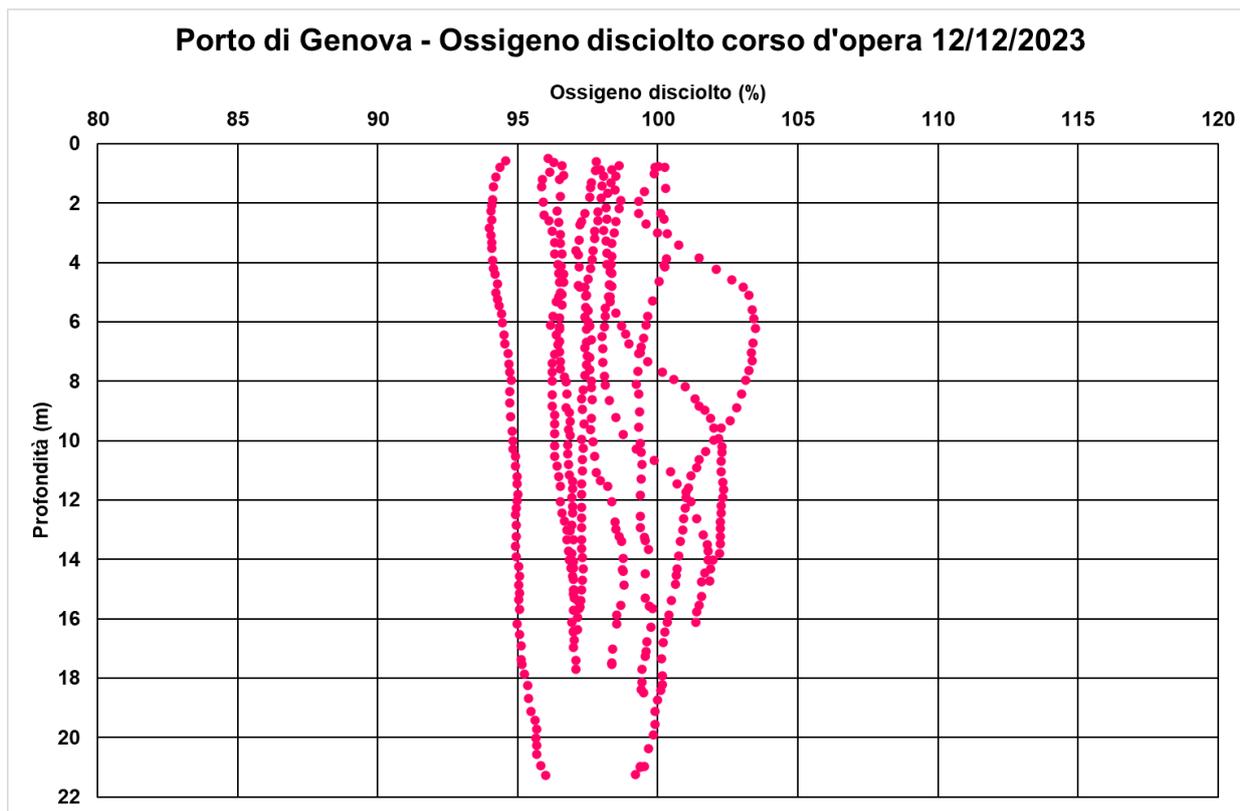
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.8 e 10.5 FTU.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

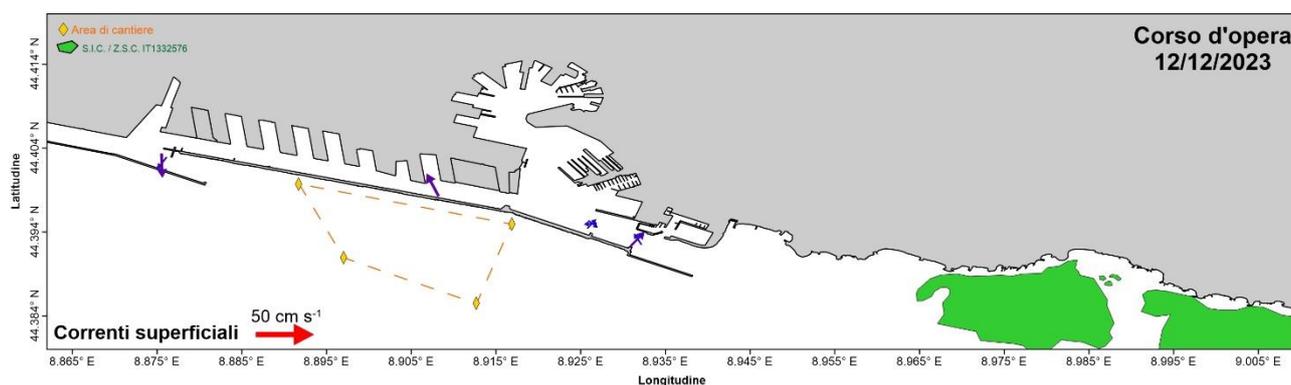
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



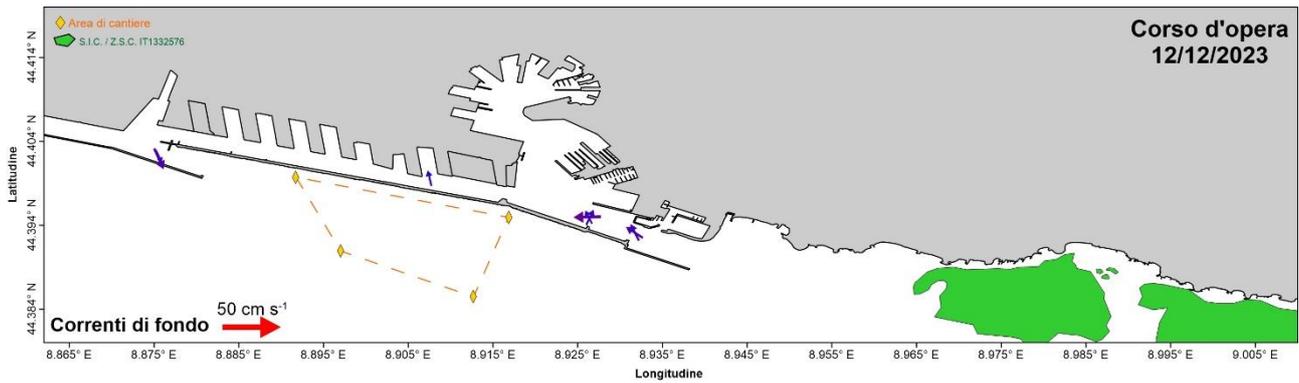
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 94 e 104%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.6 e 33.9 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era prevalente verso N nello strato superficiale e verso W nello strato di fondo. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

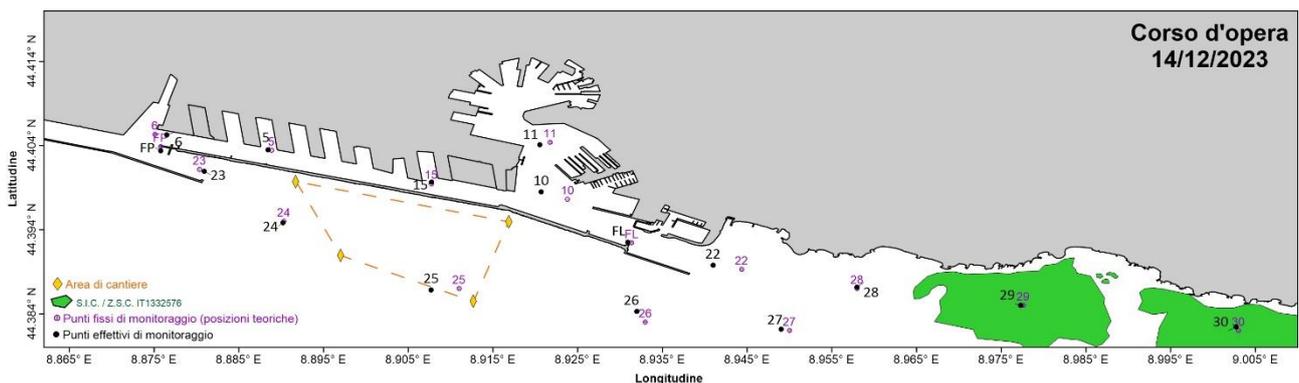


Vettori corrente nello strato di fondo.

14/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di forte vento da N, mare poco mosso con onda lunga e cielo velato. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr.ssa Irene Geneselli, Dr. Luca Carpi.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica lungo la colonna d'acqua in 16 punti e misure correntometriche in soli 2 punti interni al porto a causa del moto ondoso e del forte vento. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

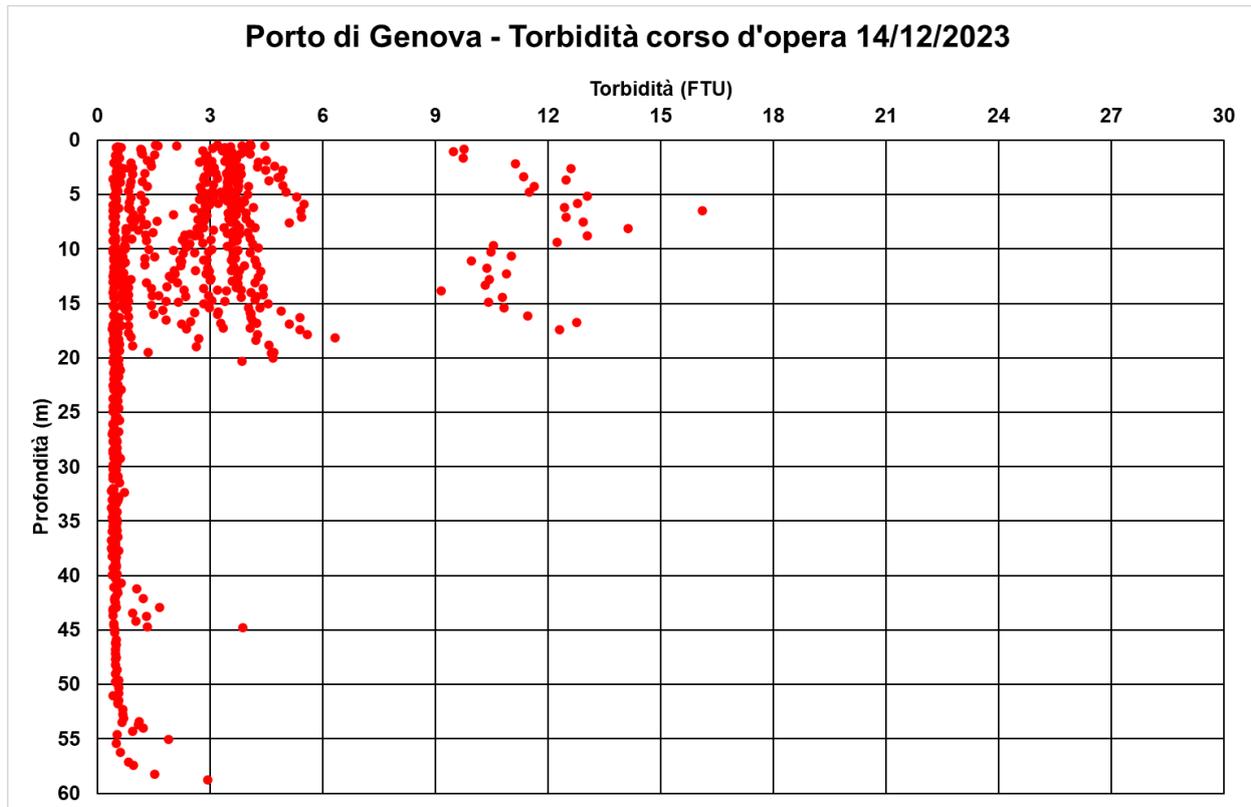


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

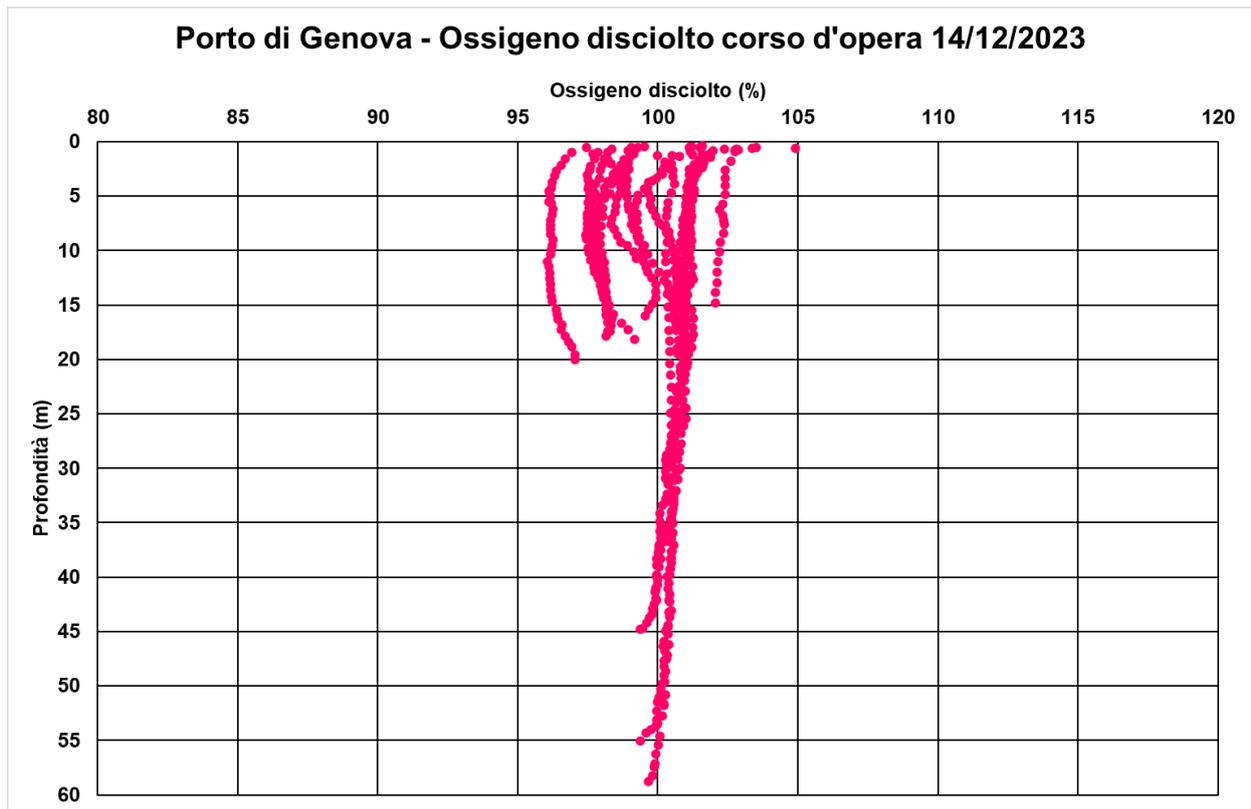
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.4 e 16.1 FTU. I valori più alti sono stati misurati nel punto 5 nel Canale di Sampierdarena, dopo il transito di una nave.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

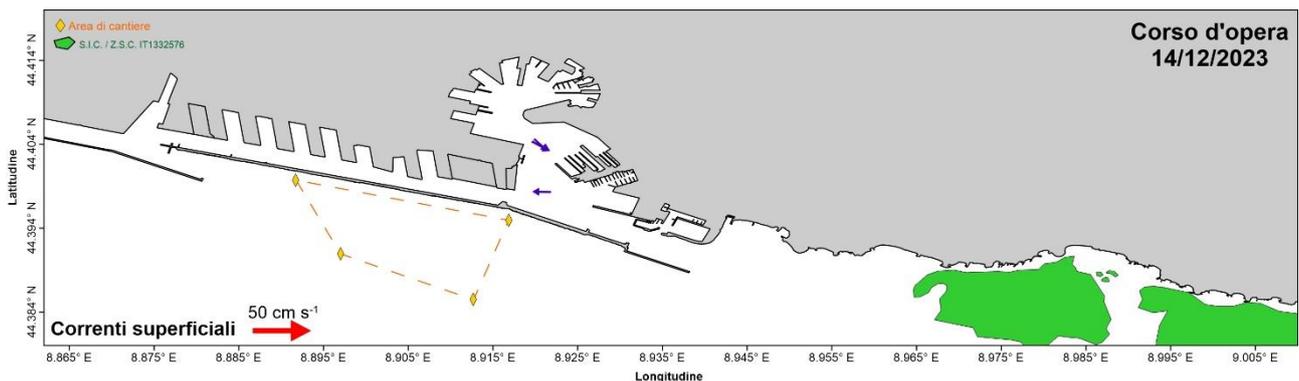
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



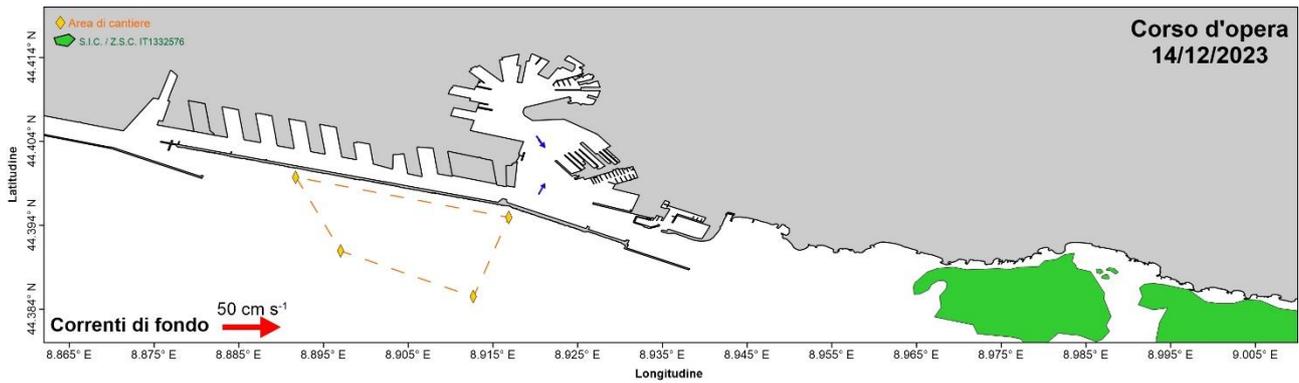
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 96 e 105%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.5 e 26.8 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era variabile sia nello strato superficiale sia in quello di fondo. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

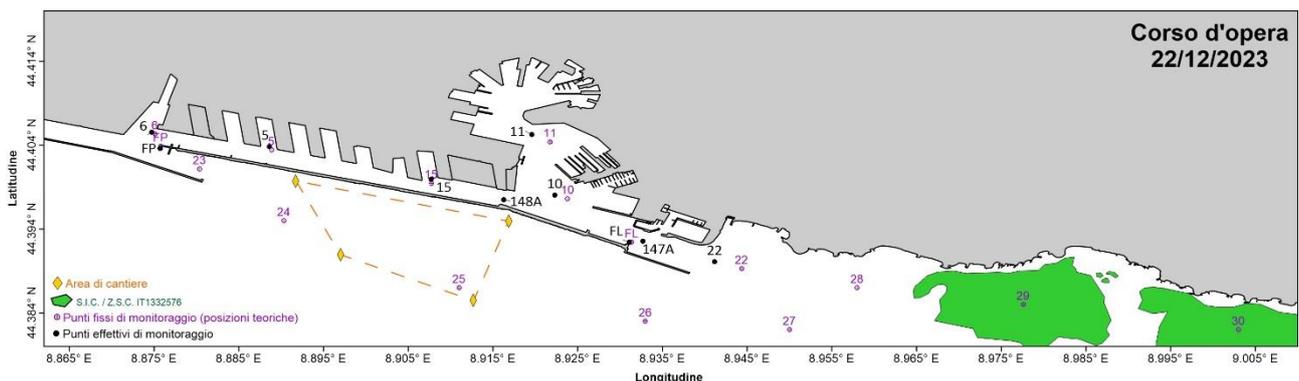


Vettori corrente nello strato di fondo.

22/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento da N, mare con onda lunga e cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo, Dr.ssa Irene Geneselli.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 10 punti e misure correntometriche in 3 punti solo all'interno del porto a causa delle condizioni del mare e del traffico navale. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

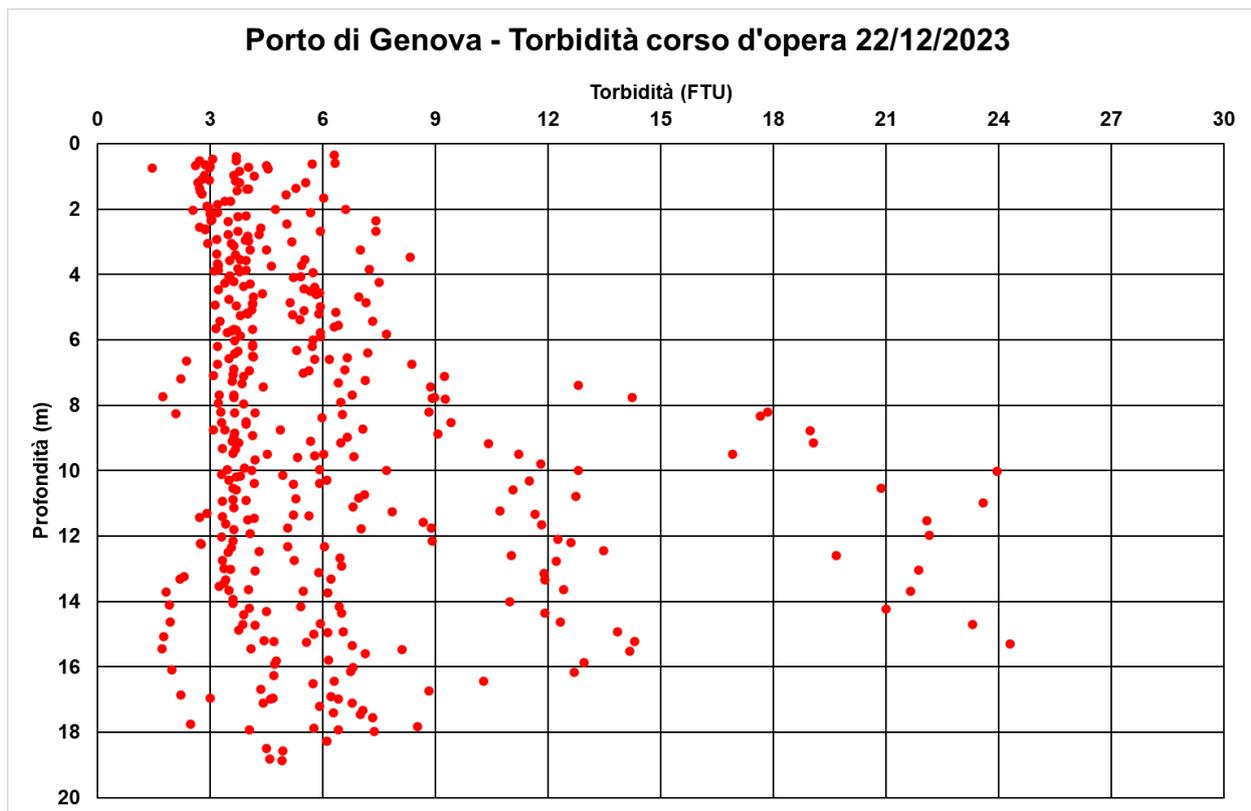


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

La torbidità ha mostrato valori compresi tra 1.5 e 24.3 FTU. I valori più alti sono stati misurati nei punti 10 e 15, rispettivamente nel Bacino di Evoluzione e nel Canale di Sampierdarena dopo il transito e le manovre di navi.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

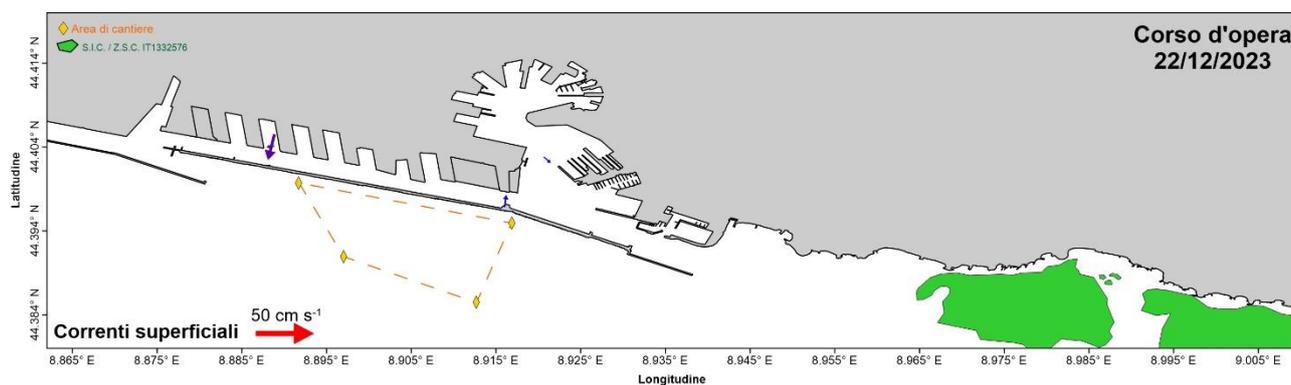
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



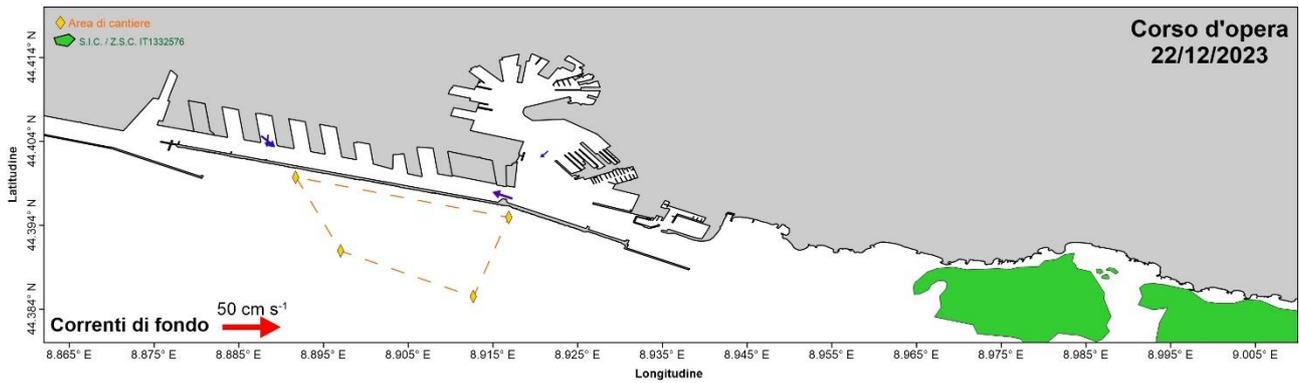
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 93 e 102%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 1.3 e 25.2 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era variabile sia nello strato superficiale sia in quello di fondo anche a causa dell'intenso traffico navale. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

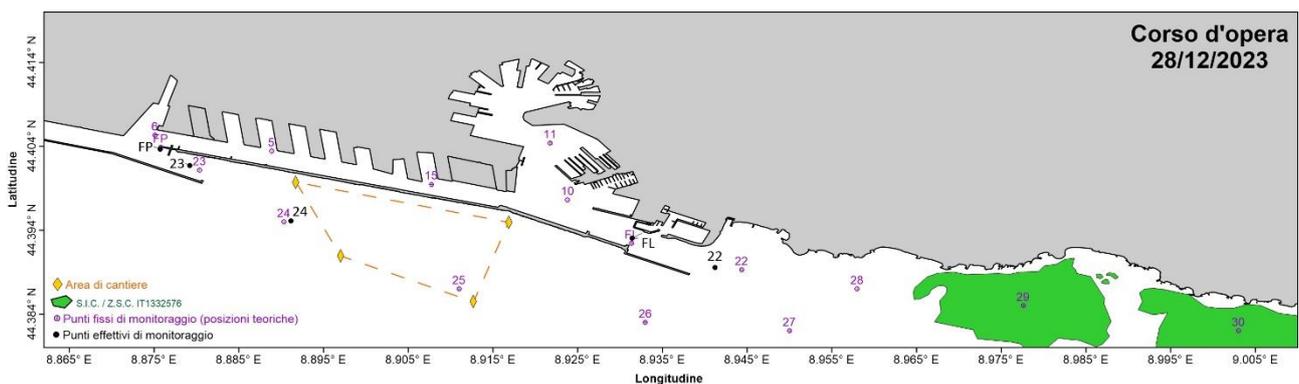


Vettori corrente nello strato di fondo.

28/12/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di forte vento da S, mare mosso in aumento e cielo variabile. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 5 punti e misure correntometriche in 2 punti all'interno del porto a causa delle condizioni meteo-marine. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

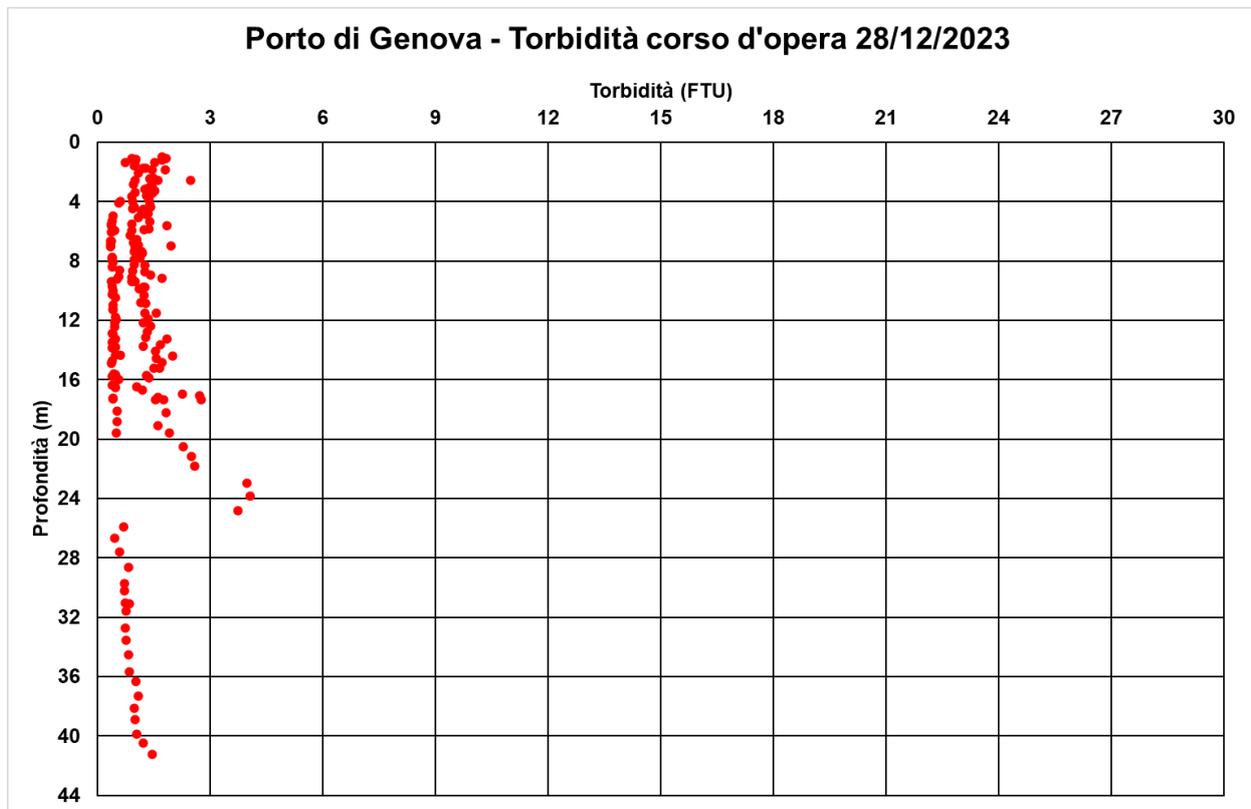


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

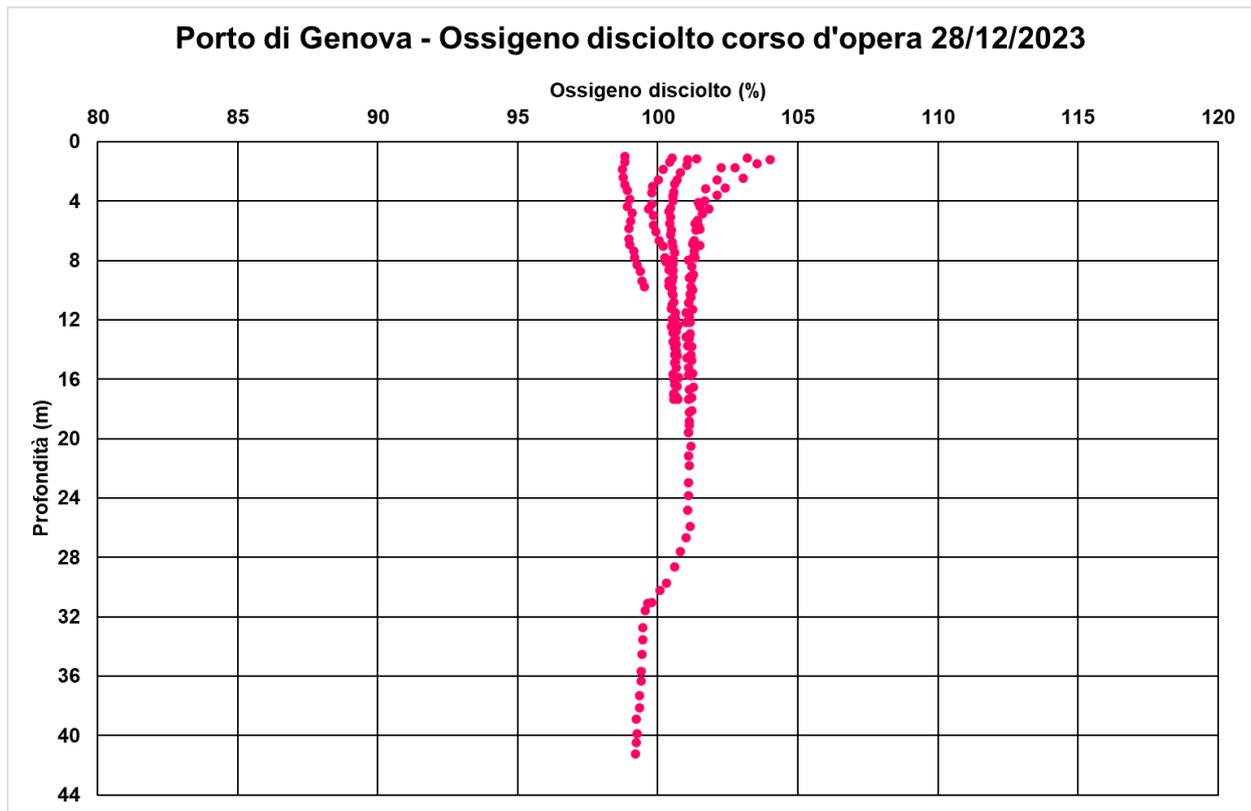
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.3 e 4.1 FTU.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

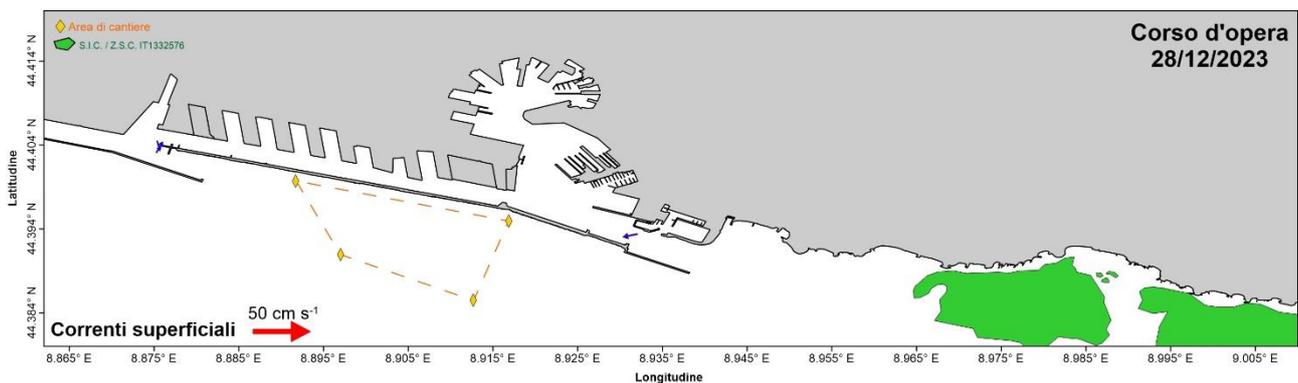
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



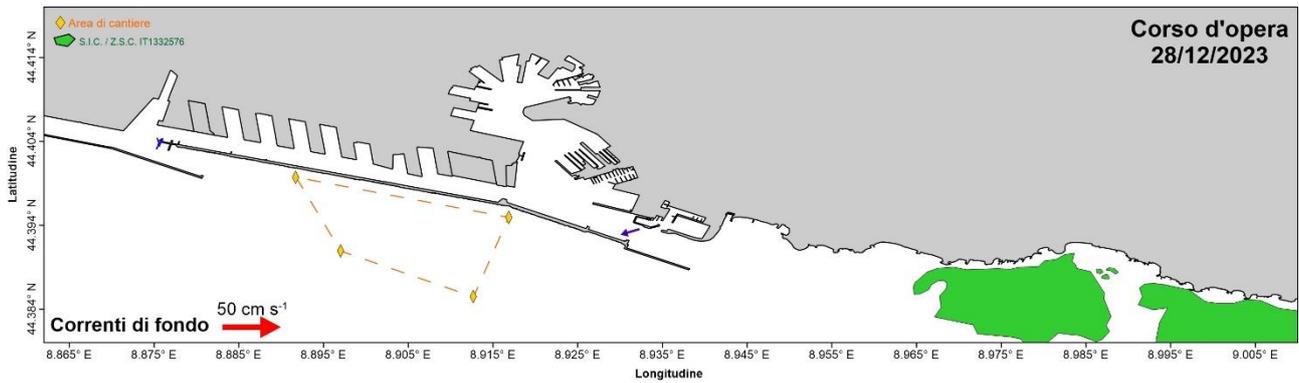
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 99 e 104%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.5 e 15.5 cm s⁻¹; la direzione delle correnti era prevalente entrante sia presso l'ingresso di levante sia presso quello di ponente. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.



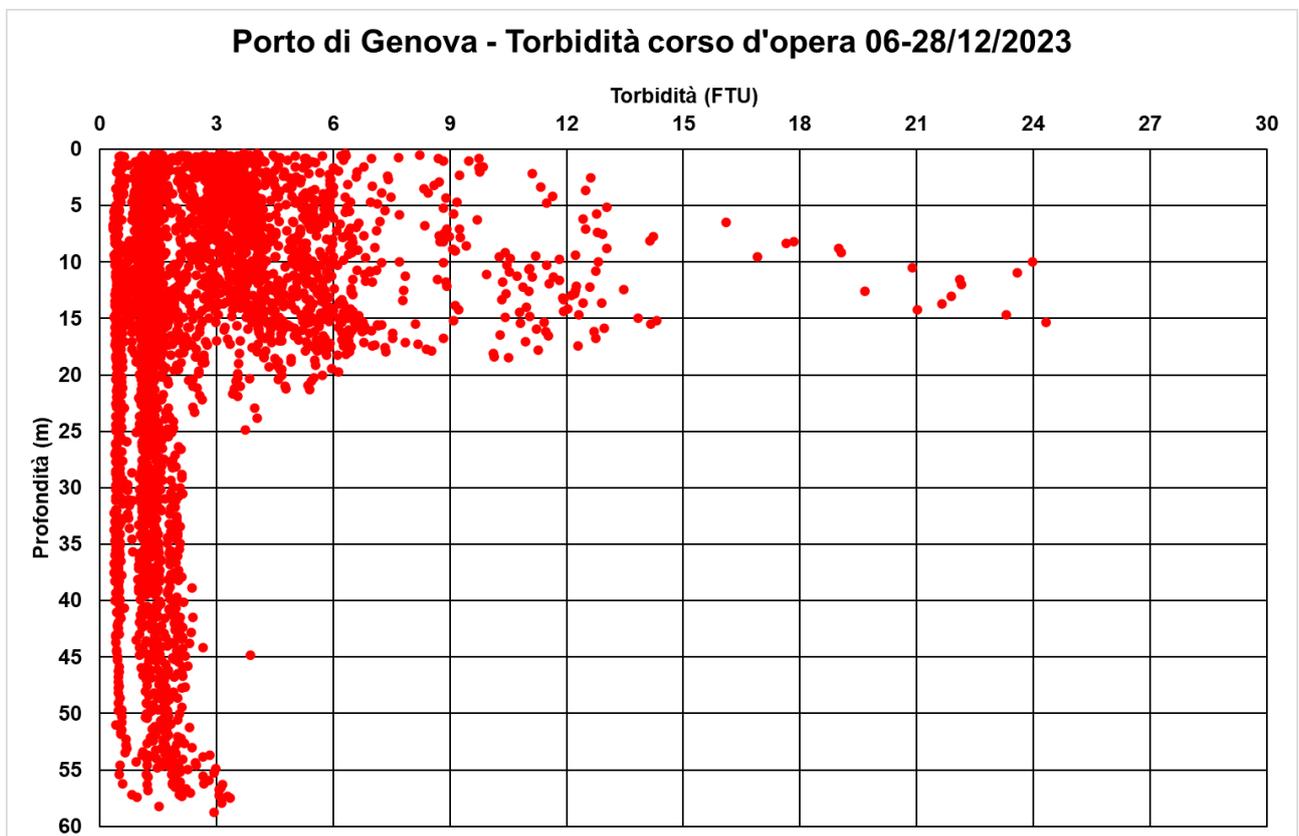
Vettori corrente nello strato di fondo.

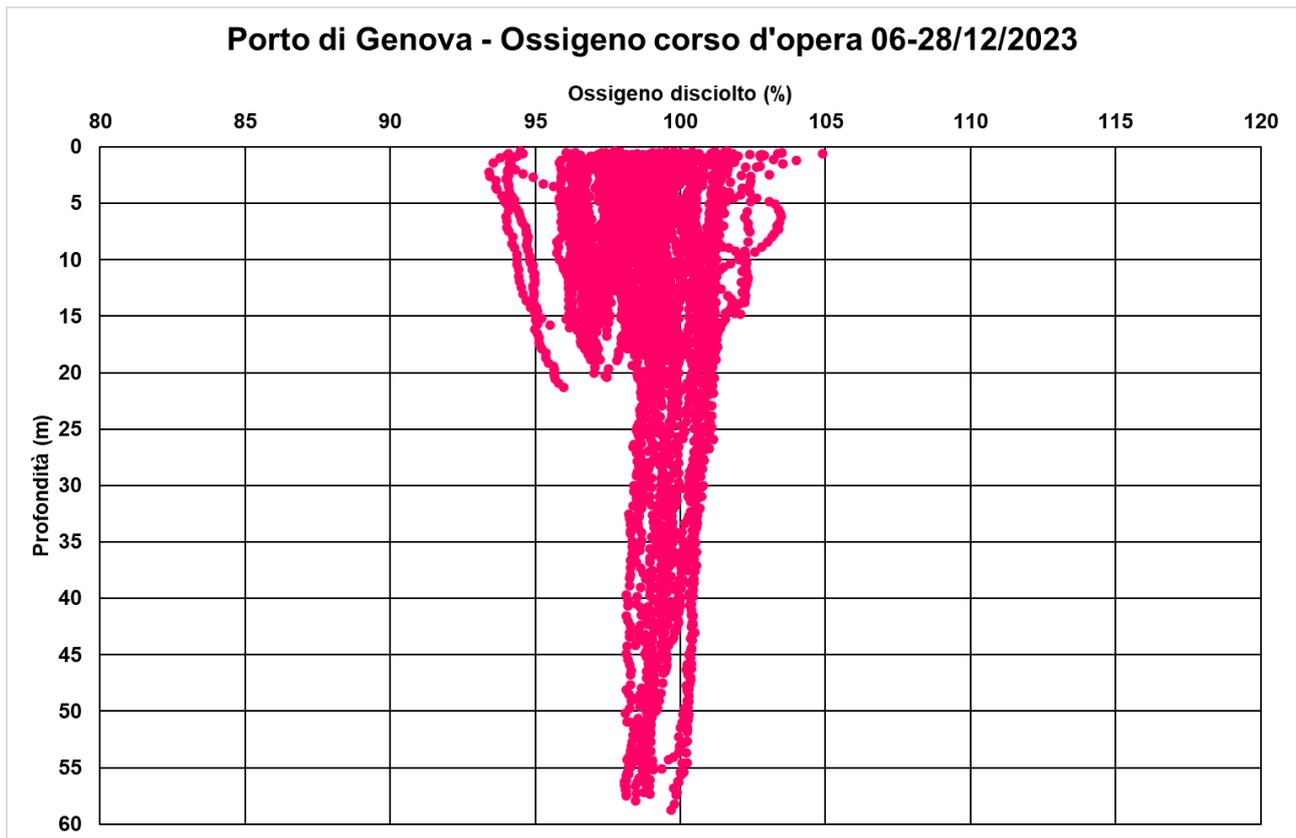
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DEL MONITORAGGIO A MEZZO BARCA: MESE DI DICEMBRE

Nel complesso del periodo di monitoraggio compreso tra il 6 e il 28 Dicembre, la torbidità misurata ha mostrato valori compresi tra 0.3 e 24.3 FTU. I valori più alti di torbidità hanno interessato in particolare le aree interne al porto, nel Bacino di Evoluzione e lungo il Canale di Sampierdarena a seguito delle manovre delle navi.

L'ossigeno disciolto misurato ha mostrato valori compresi tra 93 e 105%.

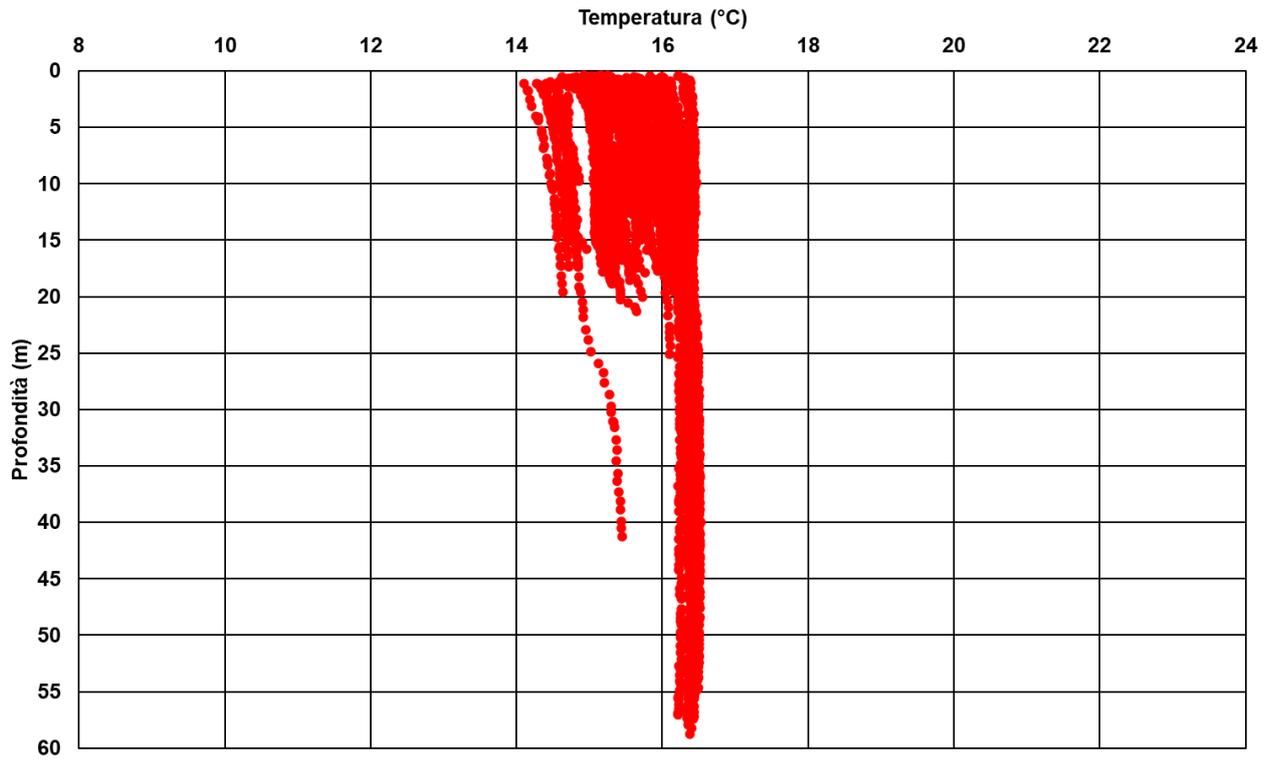
Di seguito sono riportati i grafici complessivi dei valori di torbidità e ossigeno disciolto.



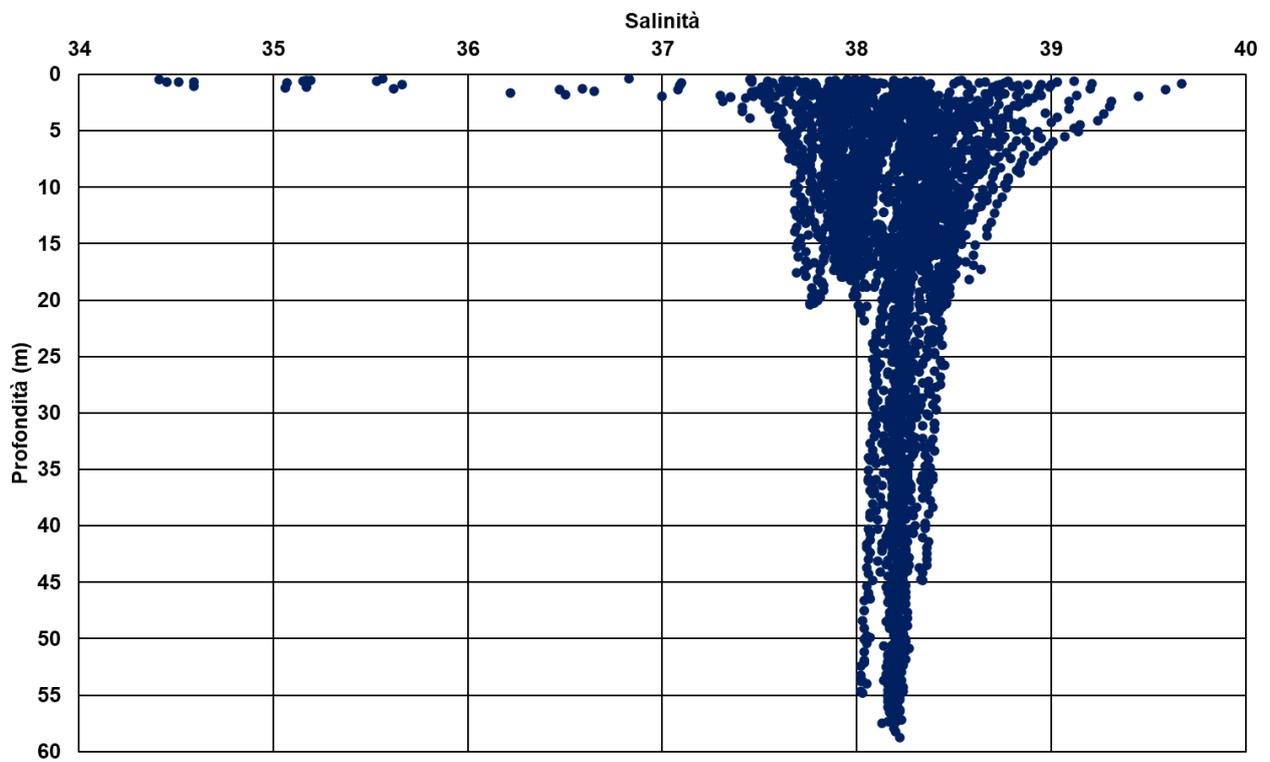


Per completezza dei dati monitorati e della caratterizzazione delle masse d'acqua, si riportano di seguito anche i grafici complessivi dei valori di temperatura e salinità misurati. La temperatura ha mostrato valori compresi tra 14.1 e 16.5°C ed ha evidenziato un andamento uniforme lungo la colonna d'acqua tipico del periodo. La salinità ha mostrato valori compresi tra 34.4 e 39.7, con il minimo registrato nello strato superficiale nella zona antistante la foce del Torrente Polcevera (punto FP) a seguito di forti piogge.

Porto di Genova - Temperatura corso d'opera 06-28/12/2023



Porto di Genova - Salinità corso d'opera 06-28/12/2023

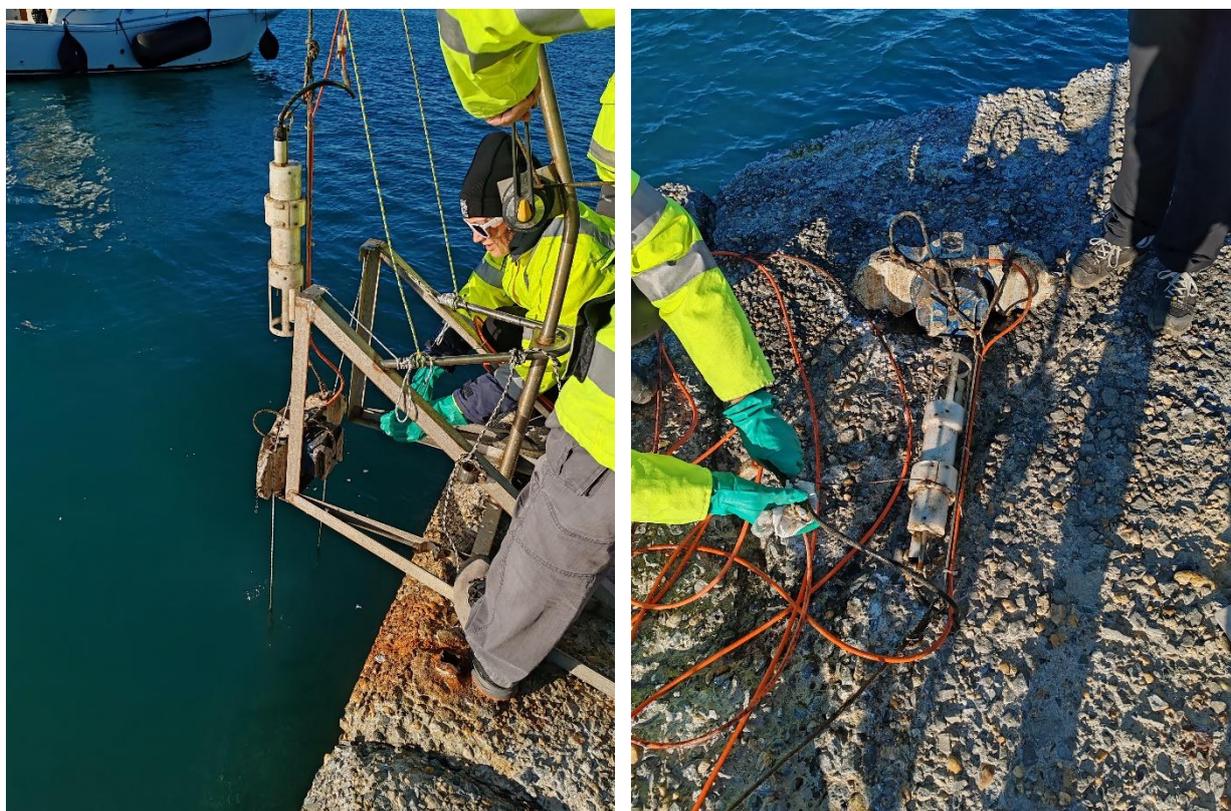


MONITORAGGIO A MEZZO STAZIONI FISSE

MANUTENZIONE DELLE STAZIONI FISSE

Per garantire il corretto funzionamento della strumentazione installata sulla diga e una corretta misura da parte dei sensori, indicativamente ogni 15 giorni (quando le condizioni meteo-marine lo permettono), il personale del DISTAV effettua una manutenzione degli strumenti, provvedendo alla pulizia degli strumenti e dei sensori e all'applicazione di una pasta protettiva *anti-fouling* sui trasduttori dei correntometri.

La manutenzione è stata effettuata il 15 Dicembre alle stazioni di levante FL e Polcevera FP.



Operazioni di manutenzione alla stazione FP del 15/12/2023.

Il 28 Dicembre è stato sostituito il correntometro della stazione di levante FL in quanto aveva smesso di funzionare il 25 Dicembre.

VERIFICA DELLA CORRETTA ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI DALLE STAZIONI FISSE: DICEMBRE 2023

Il personale del DISTAV ogni giorno feriale, tre volte al giorno, effettua un controllo della corretta acquisizione dei dati da parte degli strumenti delle stazioni fisse e della corretta ricezione dei dati dal sistema di allarme e visualizzazione dati sulla pagina web dedicata. Il controllo viene effettuato sul terminale dedicato che è situato presso il DISTAV e che riceve i dati dagli strumenti. Nei giorni festivi e in qualsiasi altro momento necessario, il personale del DISTAV controlla i valori misurati dalle stazioni fisse ed il loro corretto funzionamento grazie alla pagina internet dedicata (<https://s4sinapsi.it/Stazioni/#/adcp02>).

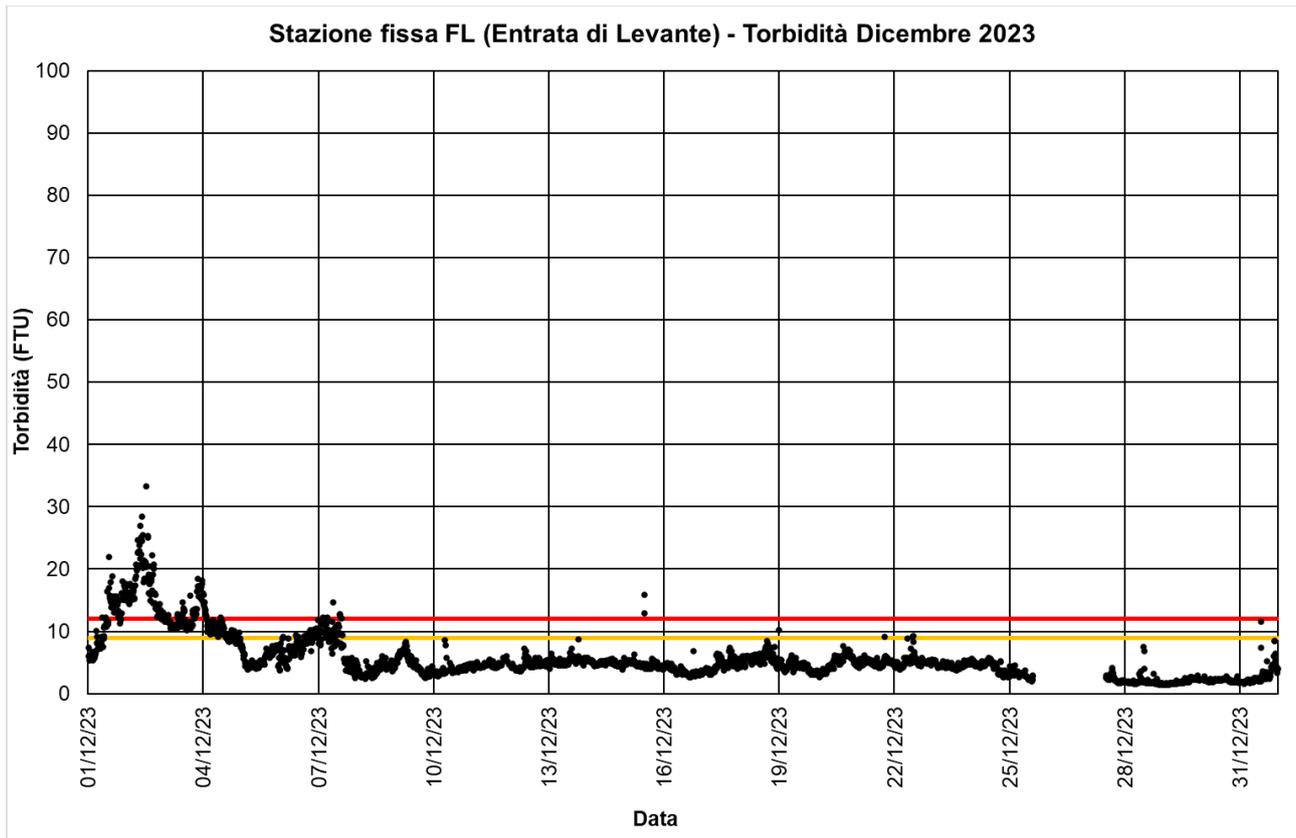
Grazie al controllo da remoto ci si è accorti che il 25 Dicembre la stazione FL aveva smesso di trasmettere dati. Il personale del DISTAV ha avvisato i tecnici che hanno potuto constatare un problema al correntometro che ha causato un blocco di tutta la stazione. Il 28 Dicembre è stato sostituito il correntometro con un altro strumento e quello rimosso è stato portato presso il DISTAV per una pulizia straordinaria per essere poi inviato alla casa produttrice per una manutenzione straordinaria.

ANALISI DEI DATI DI TORBIDITA', OSSIGENO DISCIOLTO E CORRENTI REGISTRATI DALLE STAZIONI FISSE: PERIODO DICEMBRE 2023

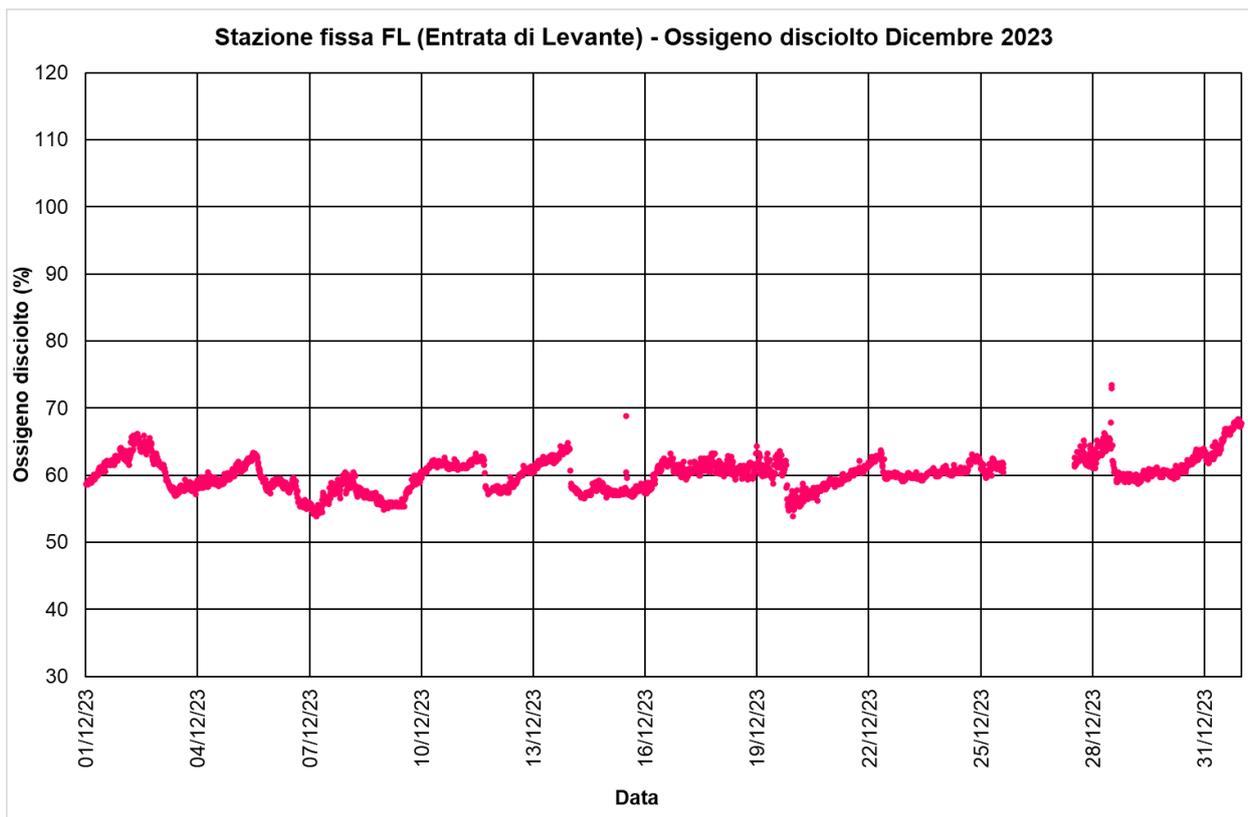
Si ricorda che nel mese di Novembre la stazione fissa posta all'estremità di ponente del Canale di calma dell'aeroporto (FM) è stata danneggiata da una forte mareggiata. La stazione FM, visto che non era prevista originariamente dal Piano di Monitoraggio della costruzione della nuova diga foranea del Porto e che non ci sono attività che vengono svolte all'interno del Canale di Calma che possano pregiudicare il livello normale di torbidità, non verrà ripristinata a meno di future nuove necessità. Inoltre, il fatto che la mareggiata del 3 Novembre, oltre a danneggiare la stazione fissa, abbia prodotto anche un'apertura della diga foranea del Canale di calma in prossimità della sua parte terminale verso ponente (prossima alla posizione della stazione fissa FM) fa sì che l'area sia meno protetta dal moto ondoso di quanto non lo fosse prima, rendendo le operazioni di manutenzione della stazione possibili solo in condizioni di mare calmo.

Stazione di levante FL

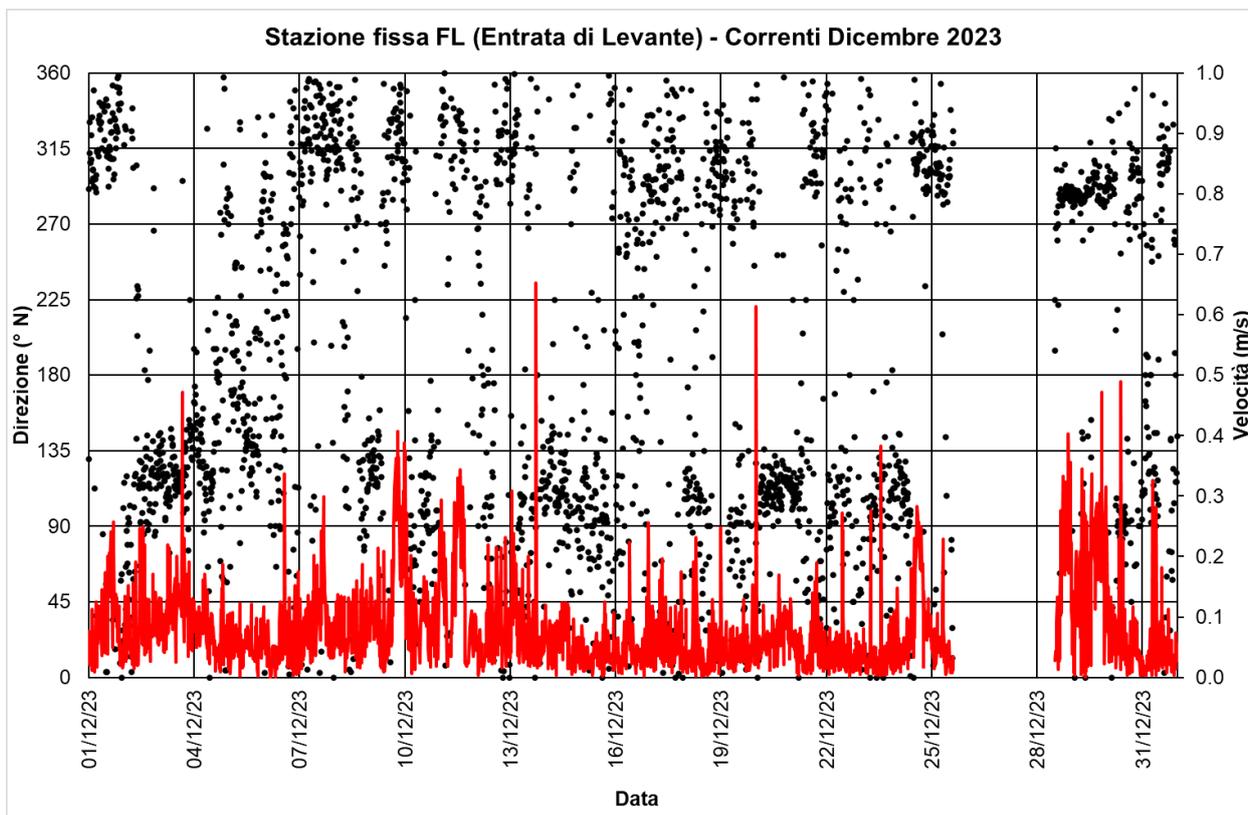
La torbidità nel mese di Dicembre ha mostrato valori compresi tra 1.4 e 33.3 FTU. I valori alti, superiori al limite, sono dovuti al moto ondoso e agli apporti solidi del Torrente Bisagno a seguito delle piogge del periodo e alla nuvola torbida che si è generata nell'area antistante la foce che ha interessato anche l'ingresso di levante del porto.



L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 54 e 73%.



Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.65 m s^{-1} , con direzione variabile E-SE e NW (cella 5 di riferimento). Durante tutto il mese sono visibili velocità della corrente relativamente elevate, dovute al perdurare di cattive condizioni meteo-marine.



Nei primi giorni del mese di Dicembre (1-7/12/2023) sono scattati numerosi allarmi sia gialli sia rossi presso la stazione fissa di levante FL dovuti alle forti correnti presenti causate dalla intensa mareggiata che ha colpito le coste liguri e agli apporti solidi del Torrente Bisagno dovuti alle ingenti piogge del periodo.

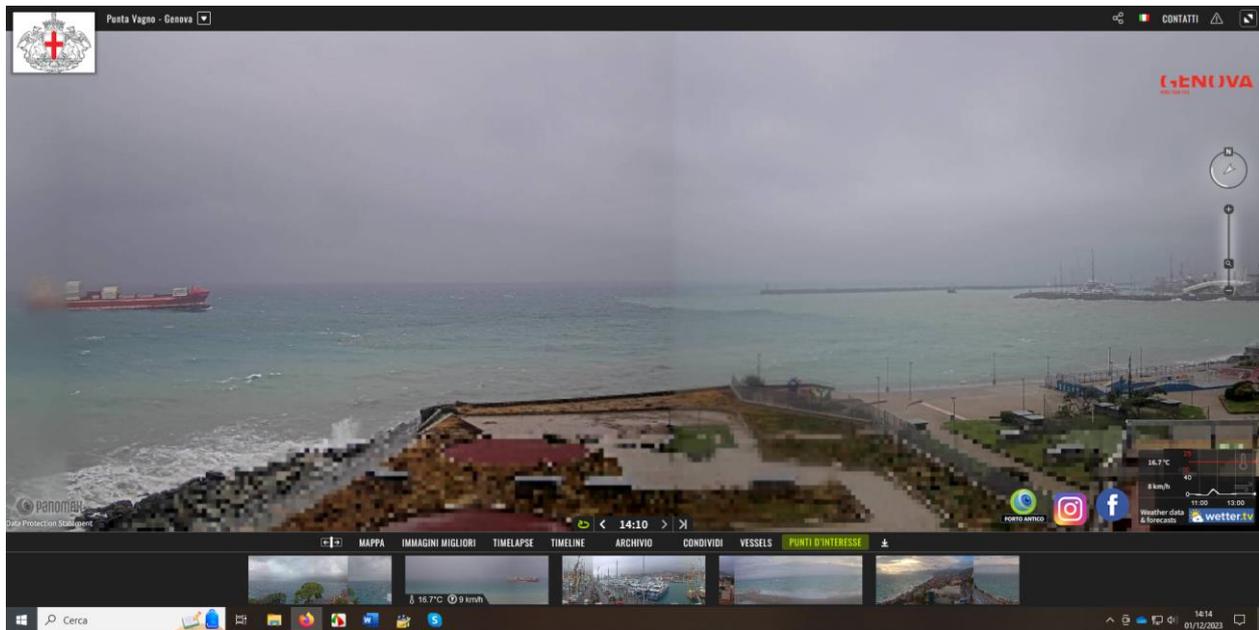


Immagine della webcam di Punta Vagno del Comune di Genova del 01/12/2023 alle 14:10.

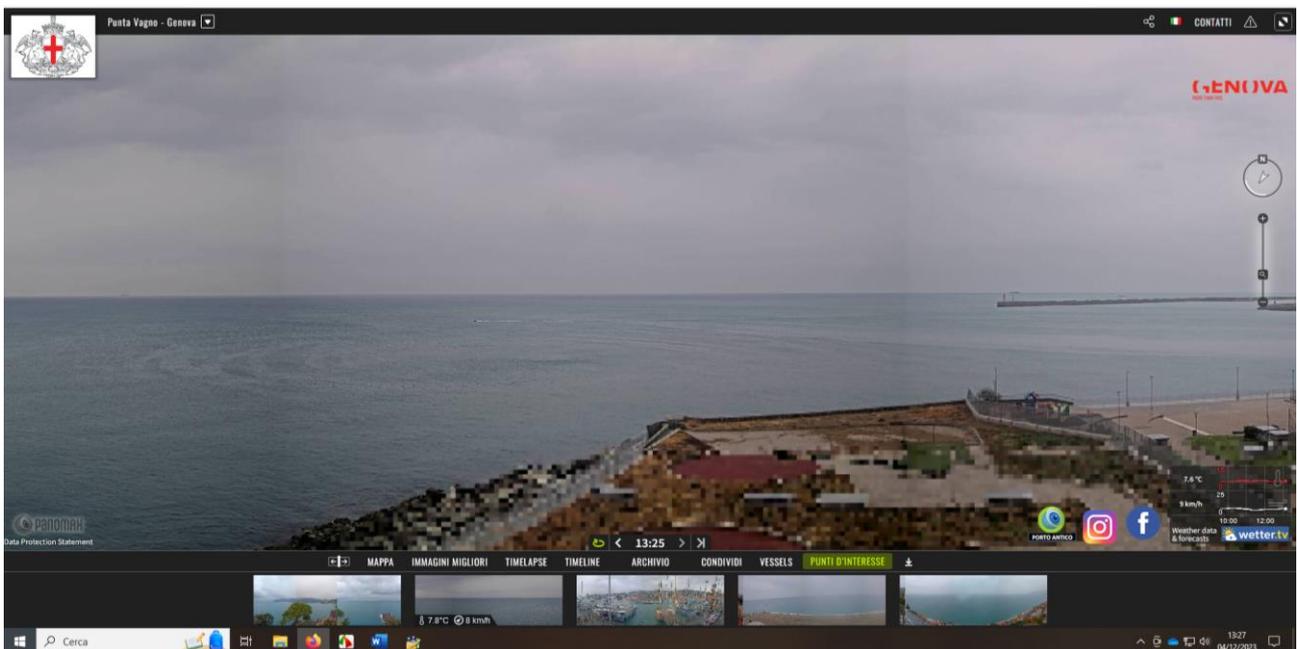
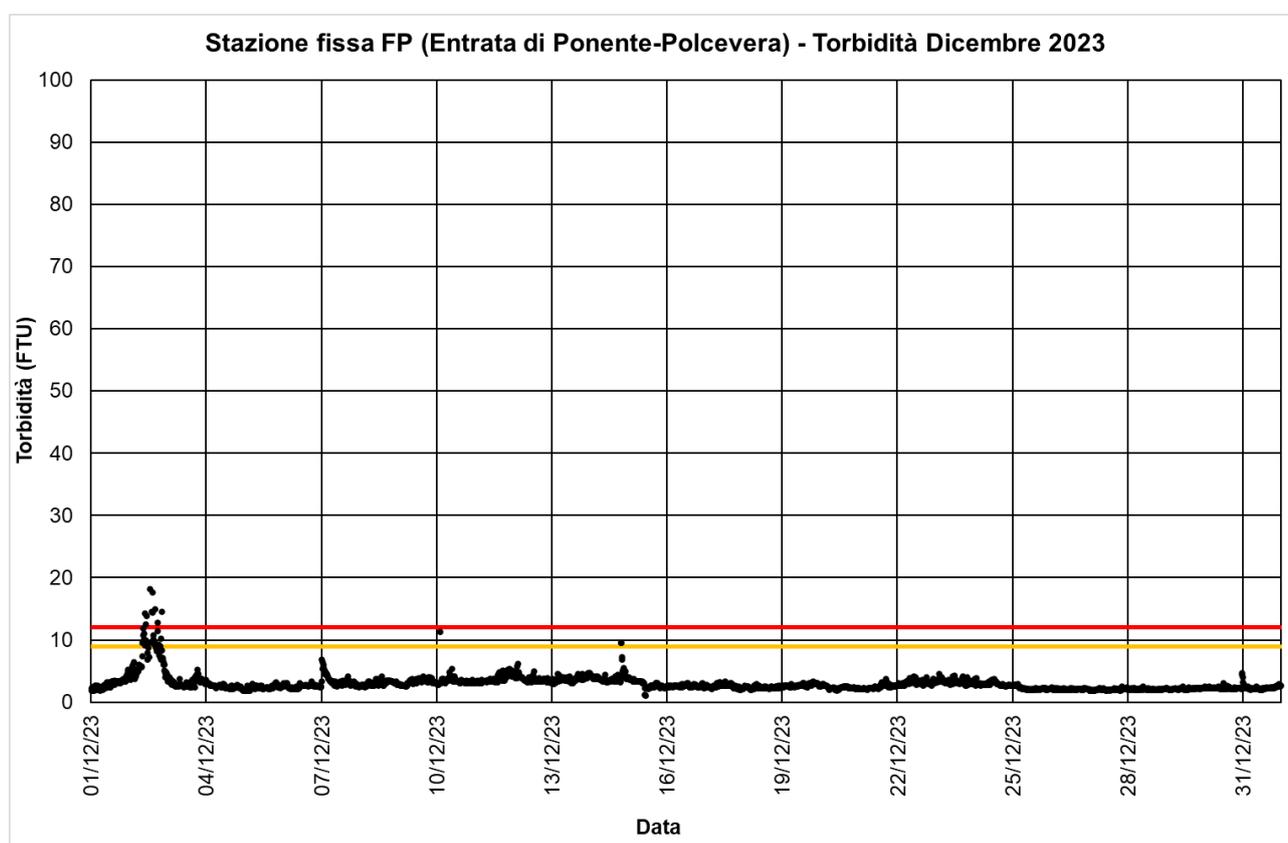


Immagine della webcam di Punta Vagno del Comune di Genova del 04/12/2023 alle 13:25.

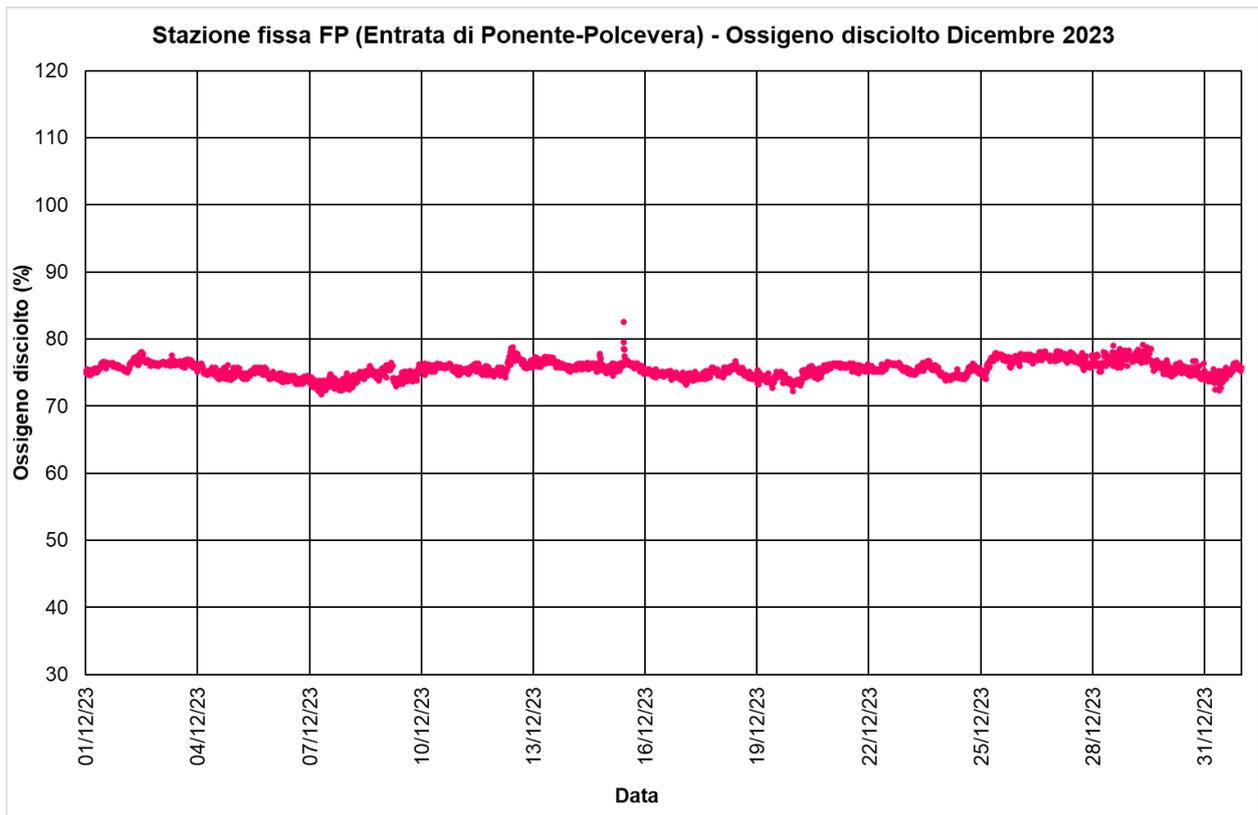
Il 22 Dicembre è scattato l'allarme giallo con una torbidità di 9.2 FTU a causa delle forti correnti indotte dal passaggio di una serie di navi e dalla torbidità provocata dall'onda lunga molto alta che erodeva e risollelevava il sedimento di fondo davanti a Piazzale Kennedy.

Stazione di ponente-Polcevera FP

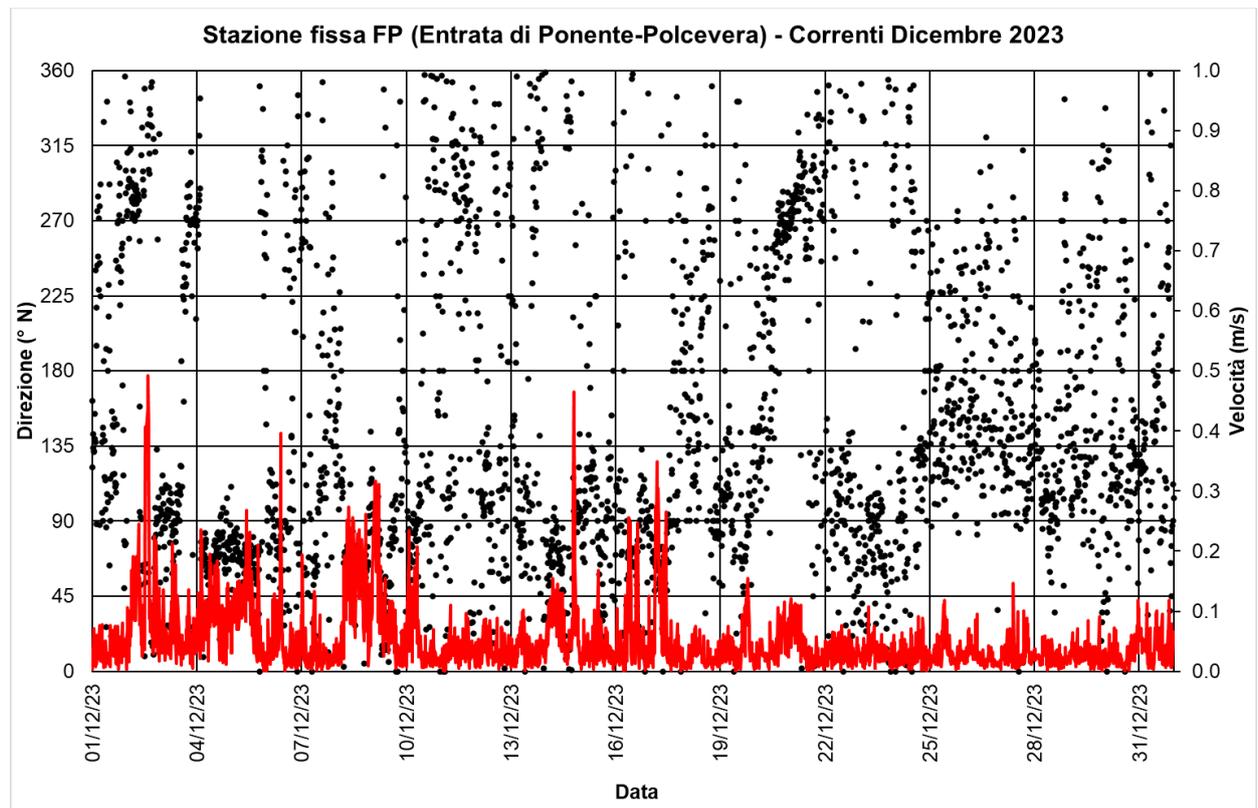
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 1.1 e 18.2 FTU. I valori più alti sono stati misurati nei primi giorni del mese a causa degli apporti solidi del Torrente Polcevera a seguito delle forti piogge del periodo.



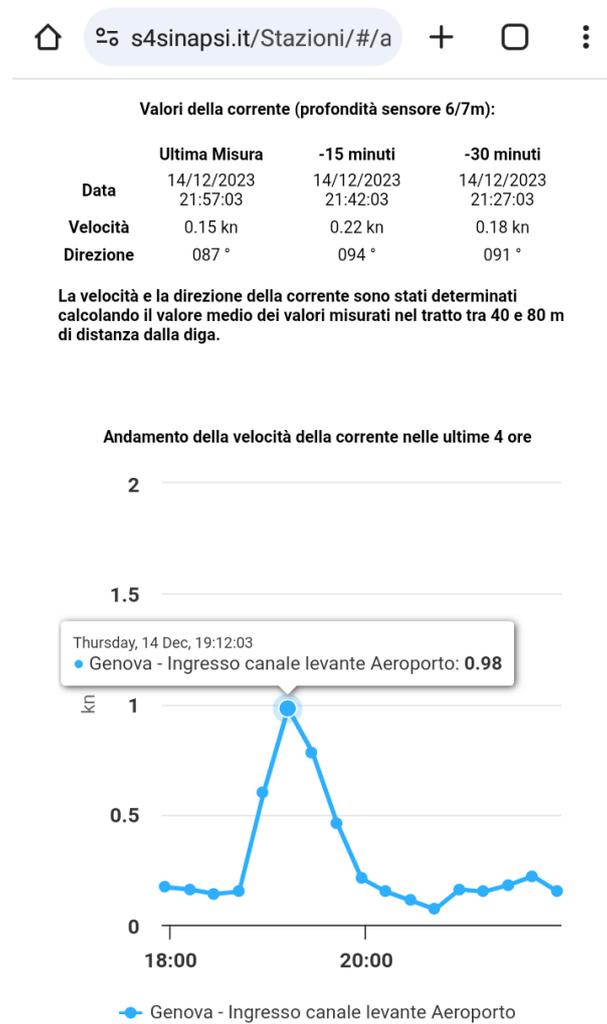
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 72 e 83%.



Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.49 m s^{-1} , con direzione variabile caratterizzata dalla prevalenza di E-SE e NW (cella 5 di riferimento).



Il 14 Dicembre è scattato l'allarme giallo con una torbidità di 9.6 FTU a causa delle forti correnti indotte dalle manovre di una nave e dei rimorchiatori in aiuto.



Dettaglio della forte corrente registrata il 14/12/2023 dalla stazione FP.