



**Università
di Genova**

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

RELAZIONE

Monitoraggio dinamico e chimico-fisico delle attività relative agli interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo del Porto Turistico Internazionale di Rapallo

Fase in corso d'opera

FEBBRAIO-MARZO 2023

Responsabile DISTAV

Prof. Marco Capello

(Firmato digitalmente)

INTRODUZIONE

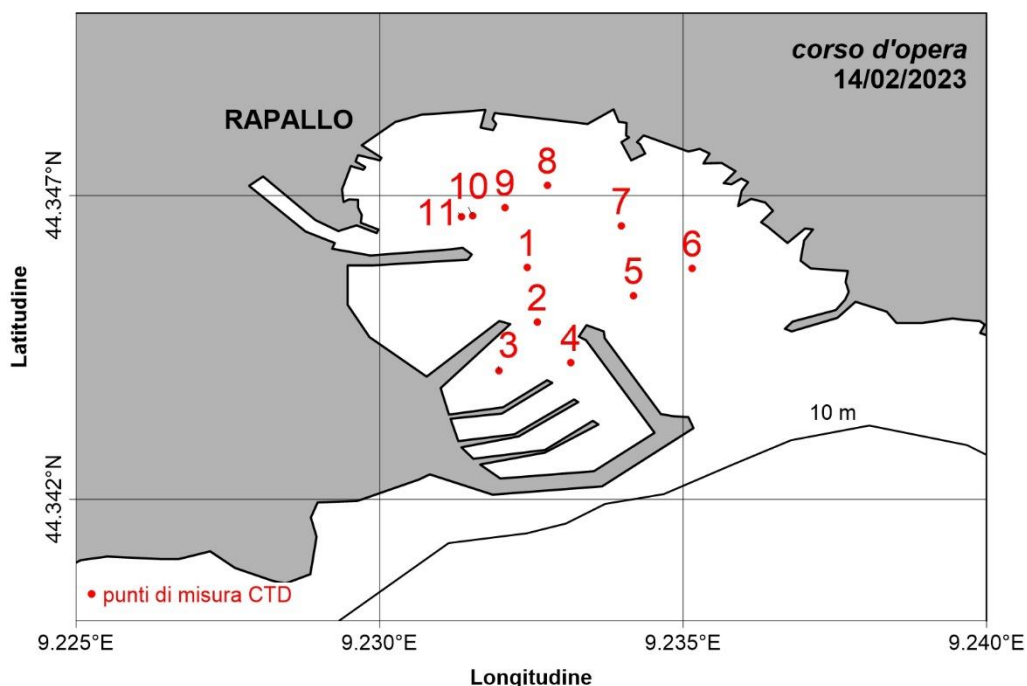
Nell'ambito delle previste operazioni di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo del Porto Turistico Internazionale di Rapallo, il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita dell'Università degli Studi di Genova è stato incaricato di effettuare il monitoraggio delle operazioni di cantiere onde controllare lo stato della torbidità, dell'ossigeno e della dinamica.

Per questo motivo, durante i lavori, si è provveduto a compiere campagne di monitoraggio in corso d'opera. Di seguito, quindi, riportiamo gli esiti delle campagne oceanografiche effettuate nei mesi di FEBBRAIO e MARZO 2023.

CORSO D'OPERA

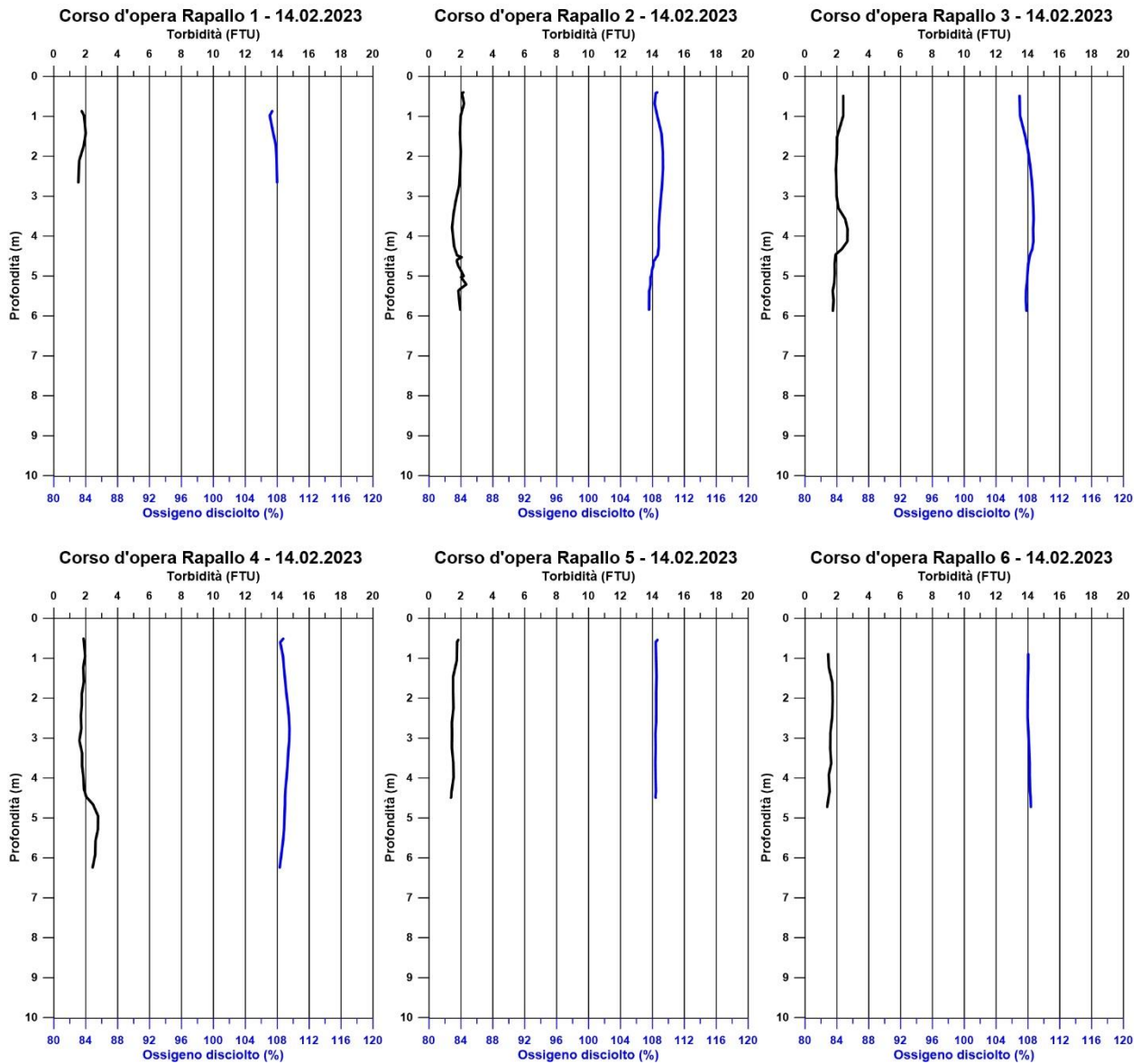
14/02/2023

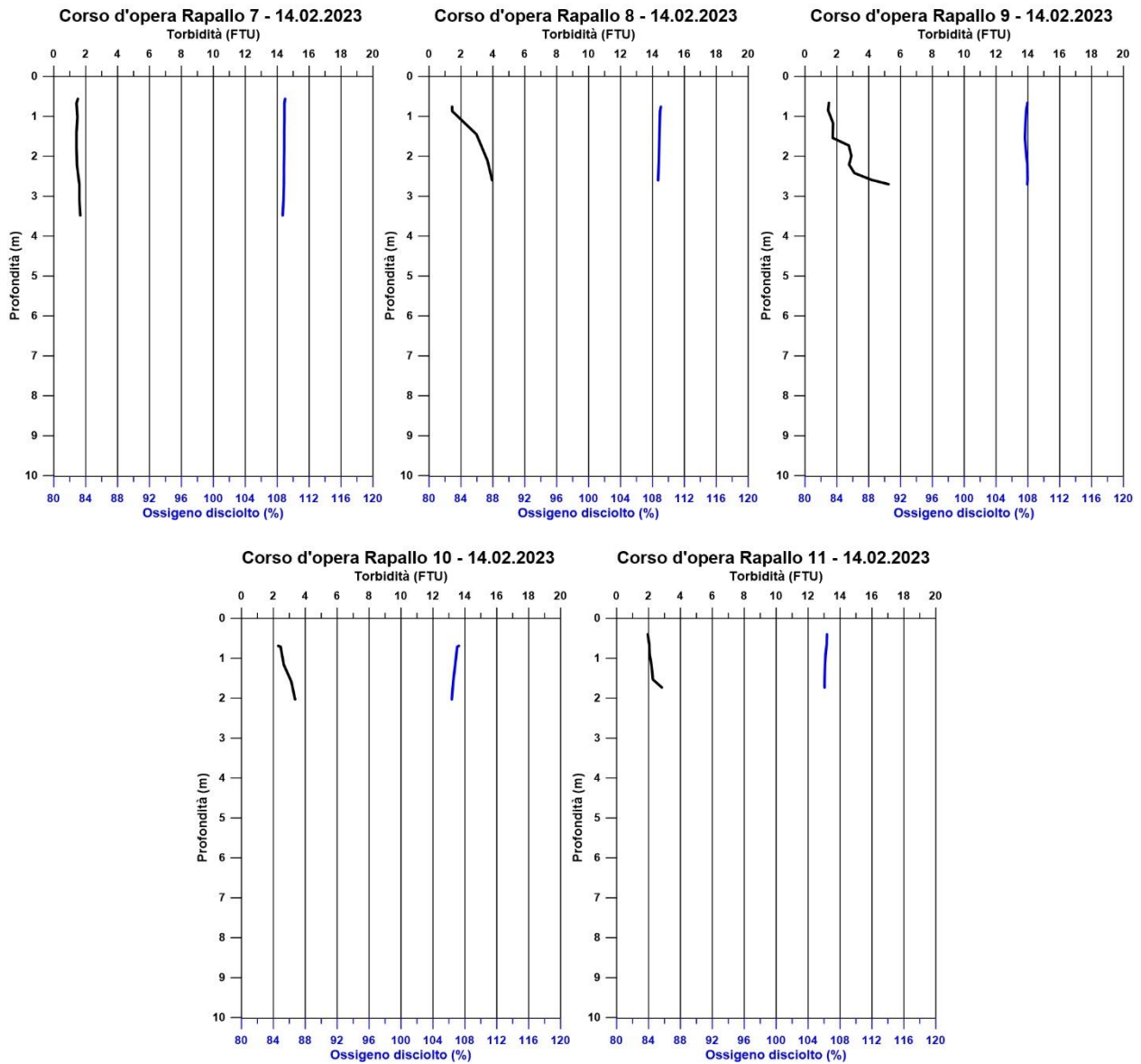
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte con mare calmo, cielo sereno e calma di vento. Sono state effettuate 11 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica e 5 stazioni per l'acquisizione di dati sulla dinamica. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.



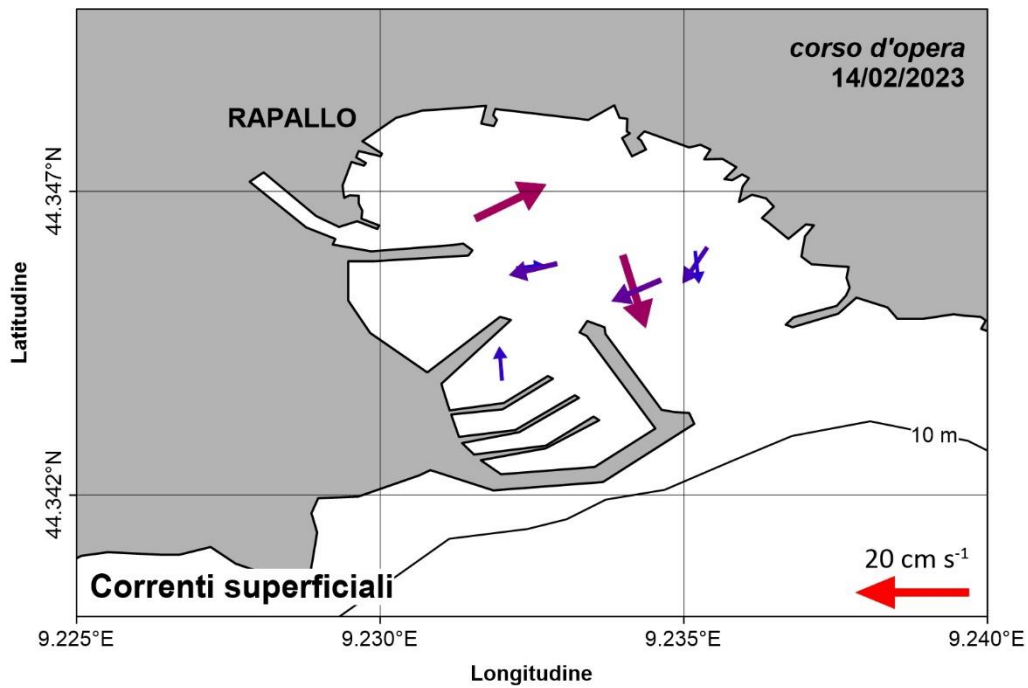
Mapa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

La torbidità ha mostrato valori bassi in tutta l'area indagata e compresi tra 1.4 e 5.3 FTU. L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi nell'intervallo tra 106 e 110%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.

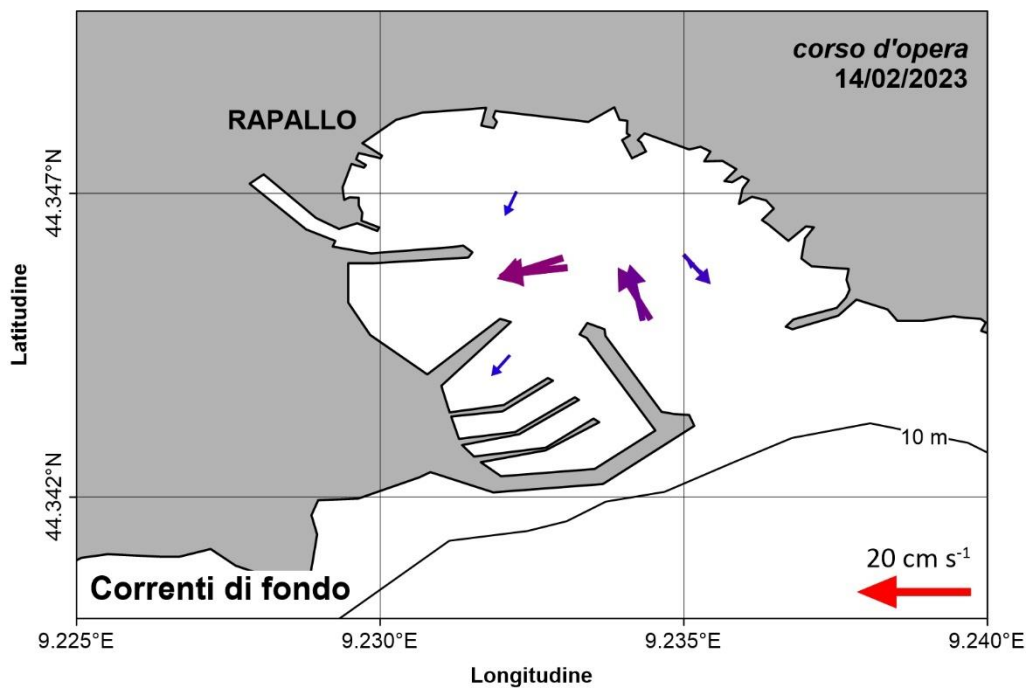




Le correnti hanno mostrato velocità comprese tra 0.4 e 19.0 cm s⁻¹ in tutta la colonna d'acqua. Di seguito sono riportate le mappe dei vettori di corrente misurati nello strato superficiale e in quello prossimo al fondo.



Mapa dei vettori di corrente nello strato superficiale.

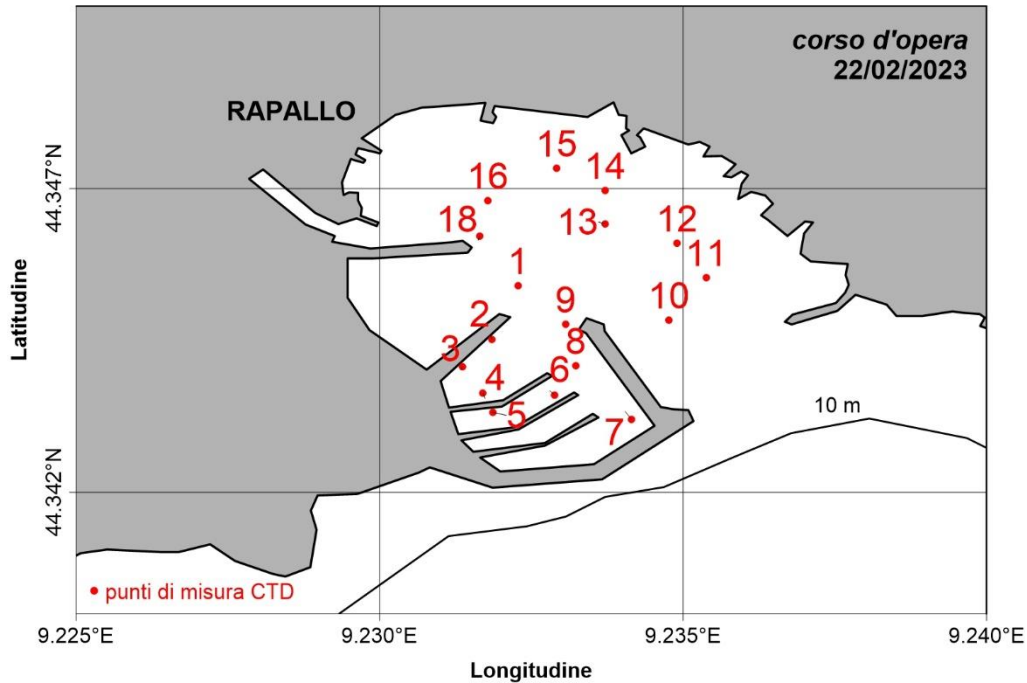


Mapa dei vettori di corrente nello strato di fondo.

22/02/2023

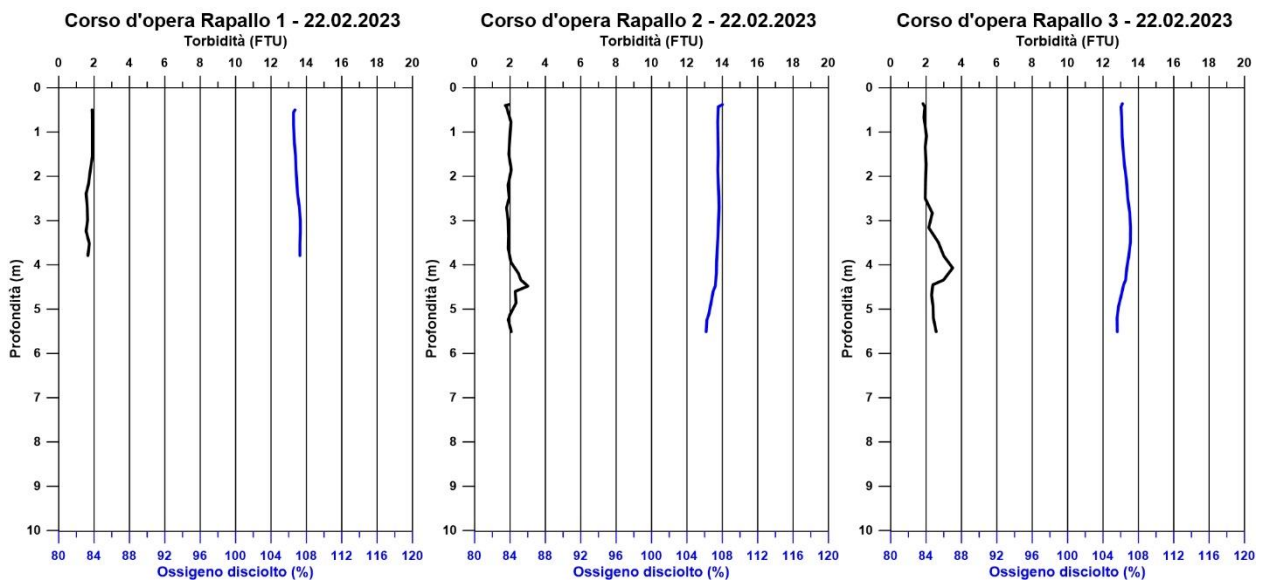
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di mare calmo, cielo coperto e calma di vento. Sono state effettuate 18 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-fisici

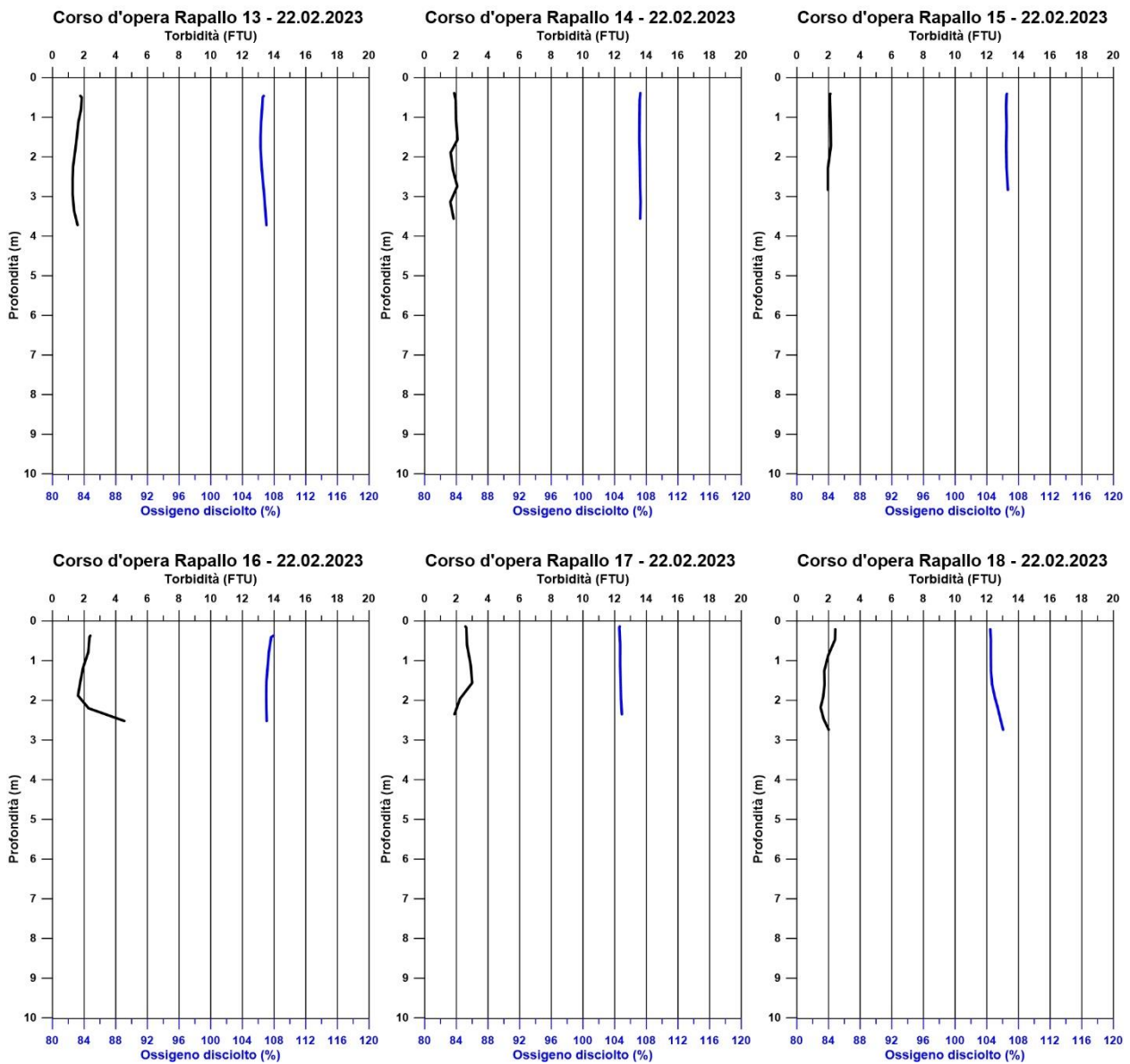
lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica e 6 stazioni per l'acquisizione di dati sulla dinamica. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.



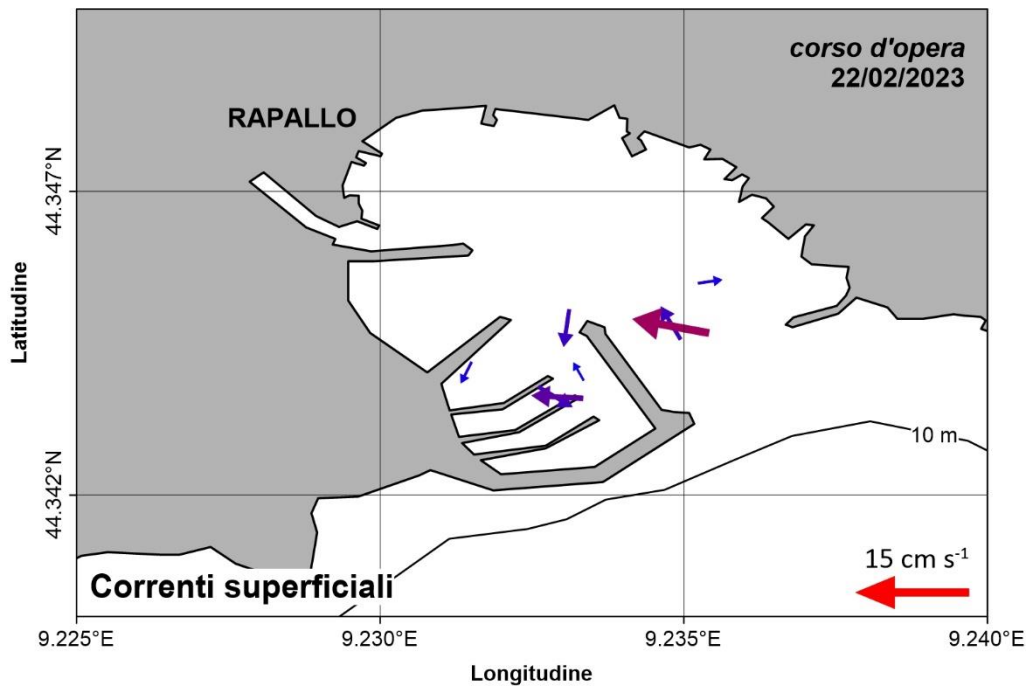
Mapa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

La torbidità ha mostrato valori bassi in tutta l'area indagata e compresi tra 1.2 e 4.7 FTU. L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi nell'intervallo tra 104 e 108%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.

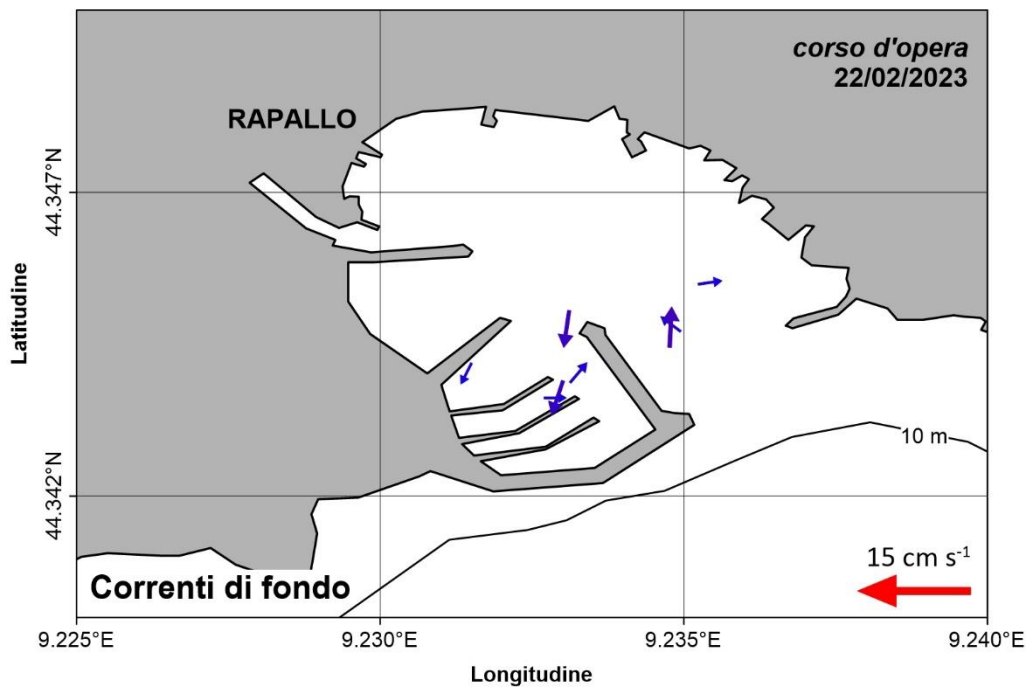




Le correnti hanno mostrato velocità comprese tra 0.2 e 14.4 cm s⁻¹ in tutta la colonna d'acqua. Di seguito sono riportate le mappe dei vettori di corrente misurati nello strato superficiale e in quello prossimo al fondo.



Mappa dei vettori di corrente nello strato superficiale.

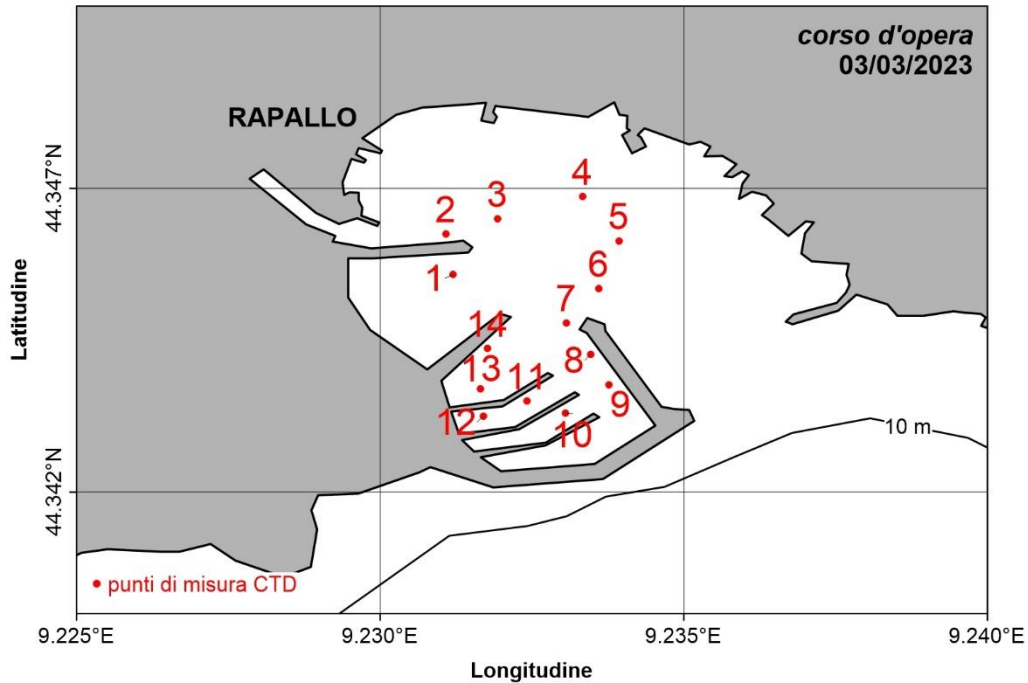


Mappa dei vettori di corrente nello strato di fondo.

03/03/2023

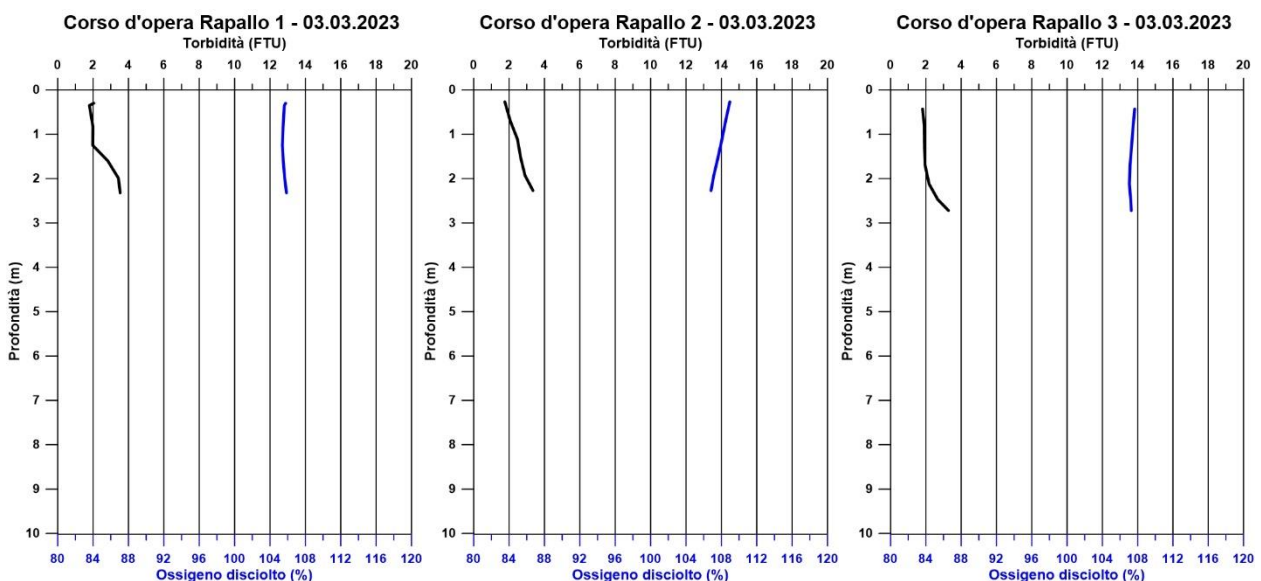
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di mare calmo, cielo variabile e calma di vento. Sono state effettuate 14 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-

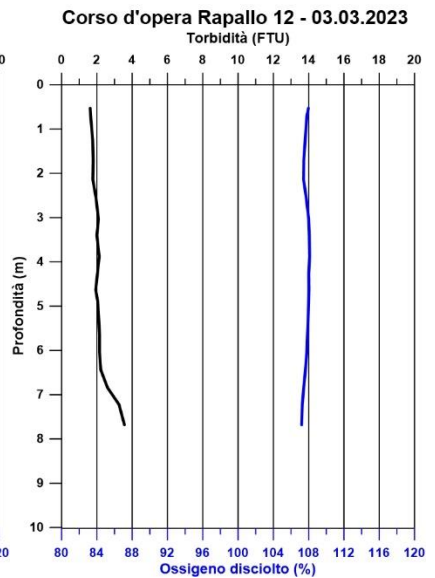
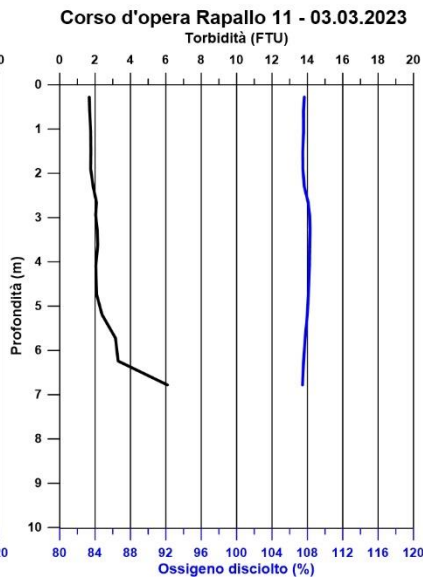
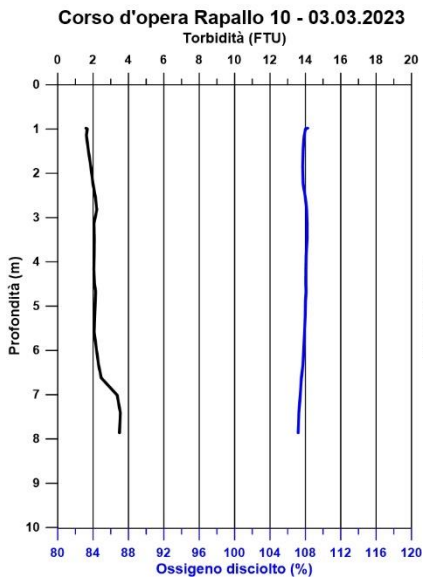
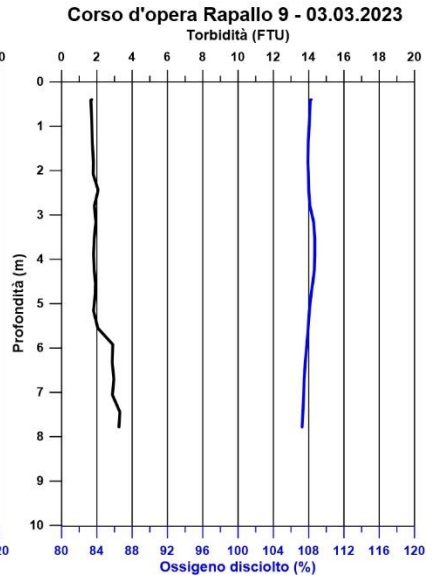
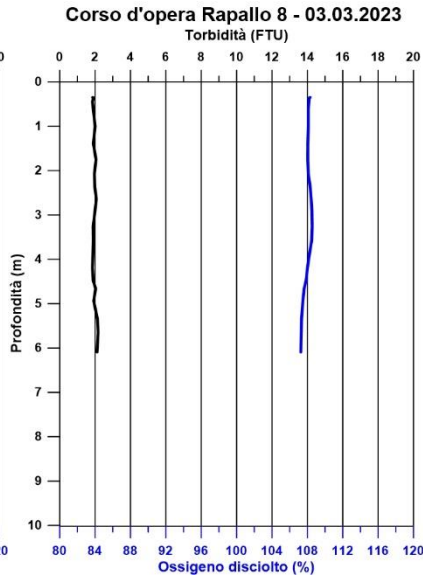
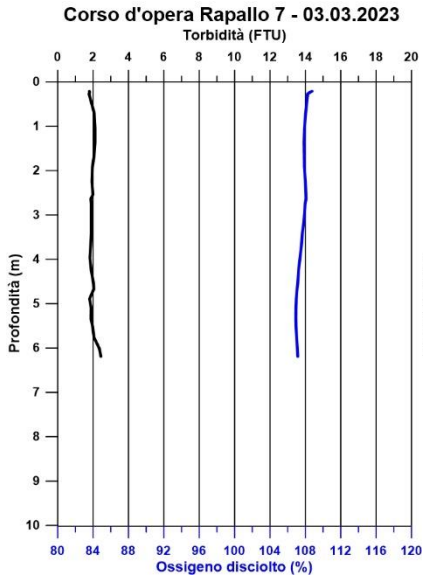
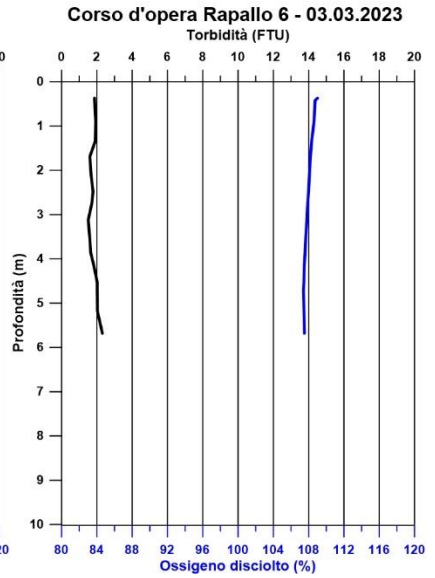
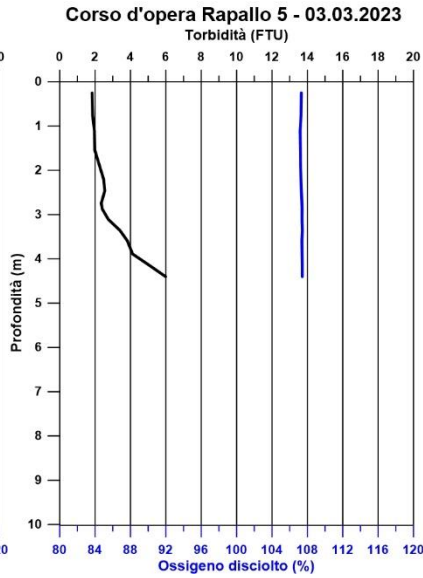
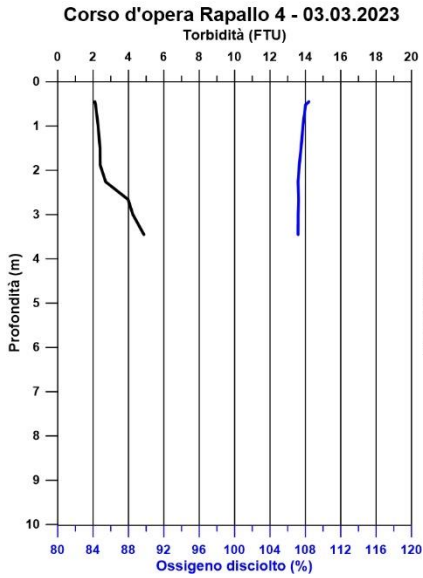
fisici lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica e 4 stazioni per l'acquisizione di dati sulla dinamica. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.

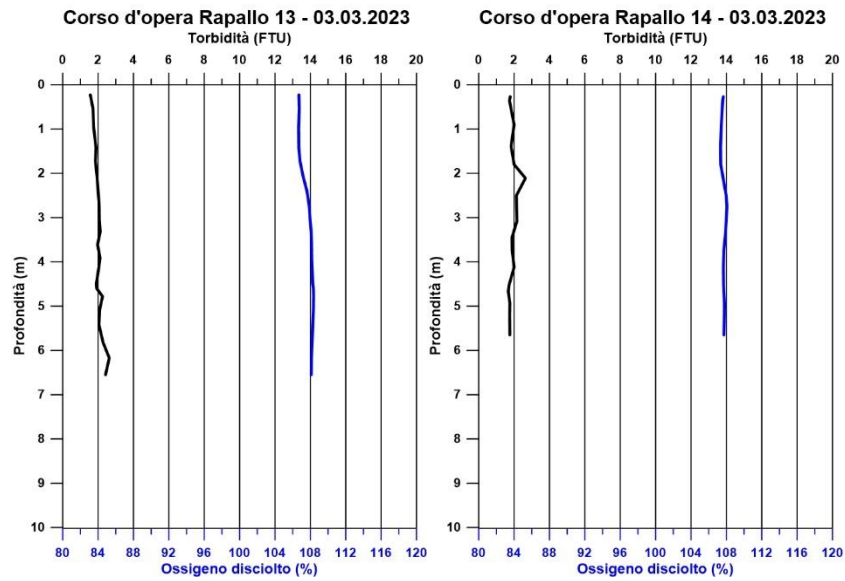


Mapa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

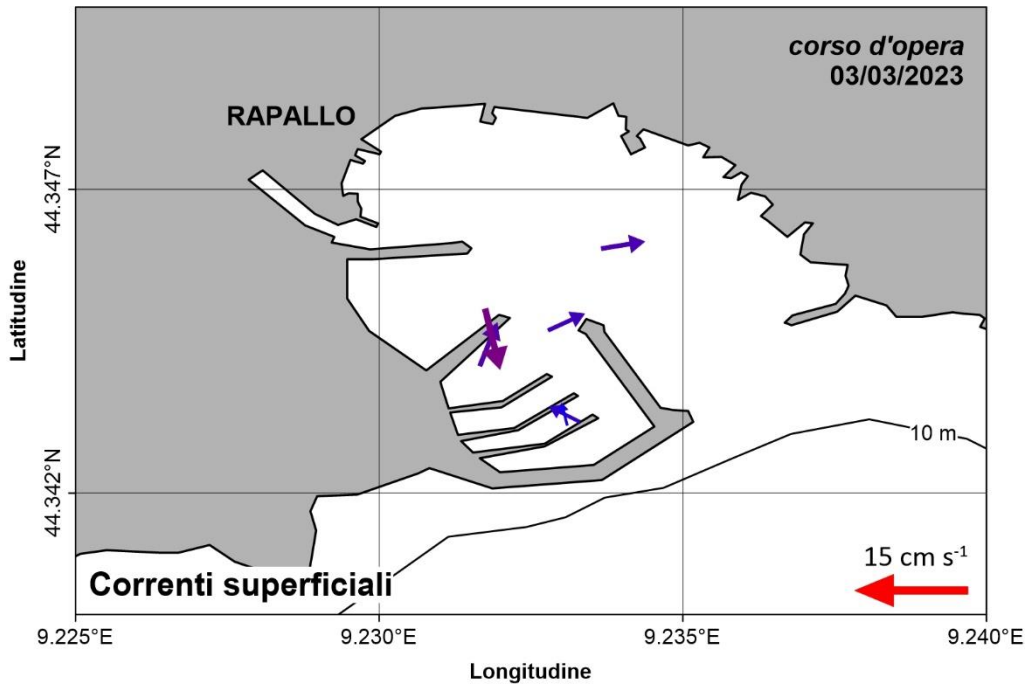
La torbidità ha mostrato valori nel complesso tra 1.5 e 6.1 FTU, con il massimo nella stazione 11 interna al Carlo Riva. L'ossigeno era compreso tra 105 e 109%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.



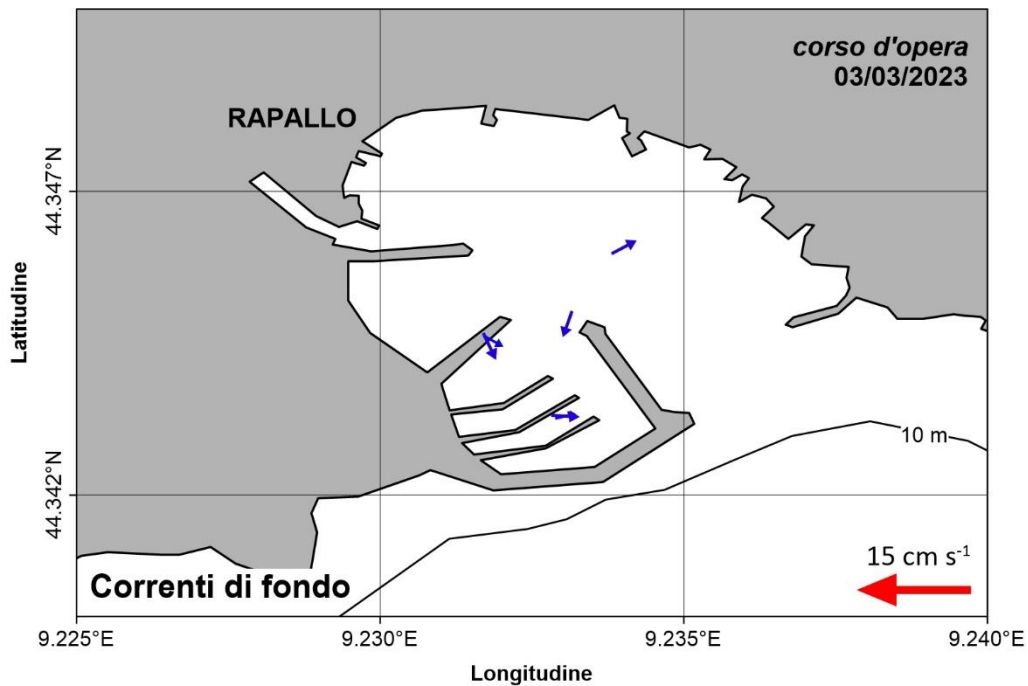




Le correnti hanno mostrato velocità comprese tra 0.2 e 13.6 cm s^{-1} in tutta la colonna d'acqua. Di seguito sono riportate le mappe dei vettori di corrente misurati nello strato superficiale e in quello prossimo al fondo.



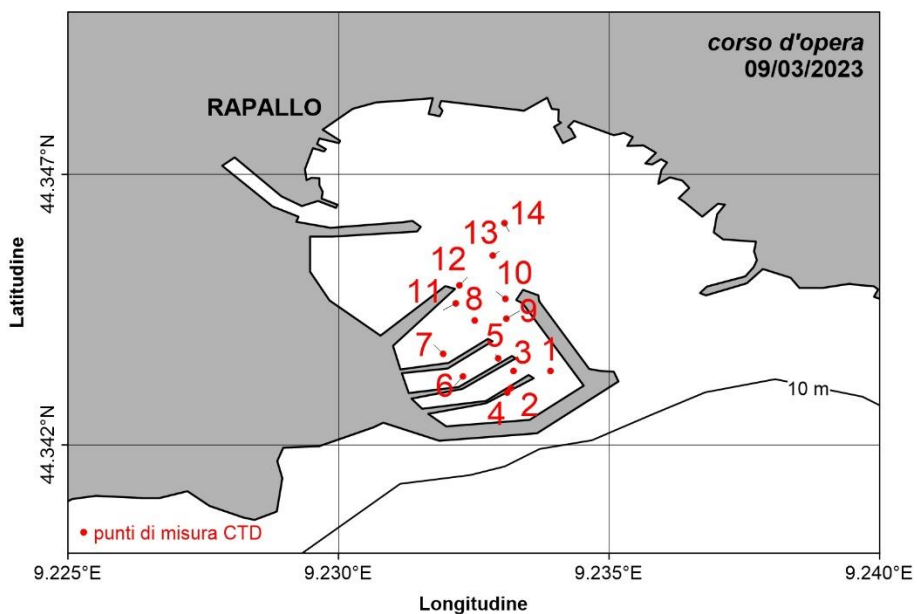
Mappa dei vettori di corrente nello strato superficiale.



Mapa dei vettori di corrente nello strato di fondo.

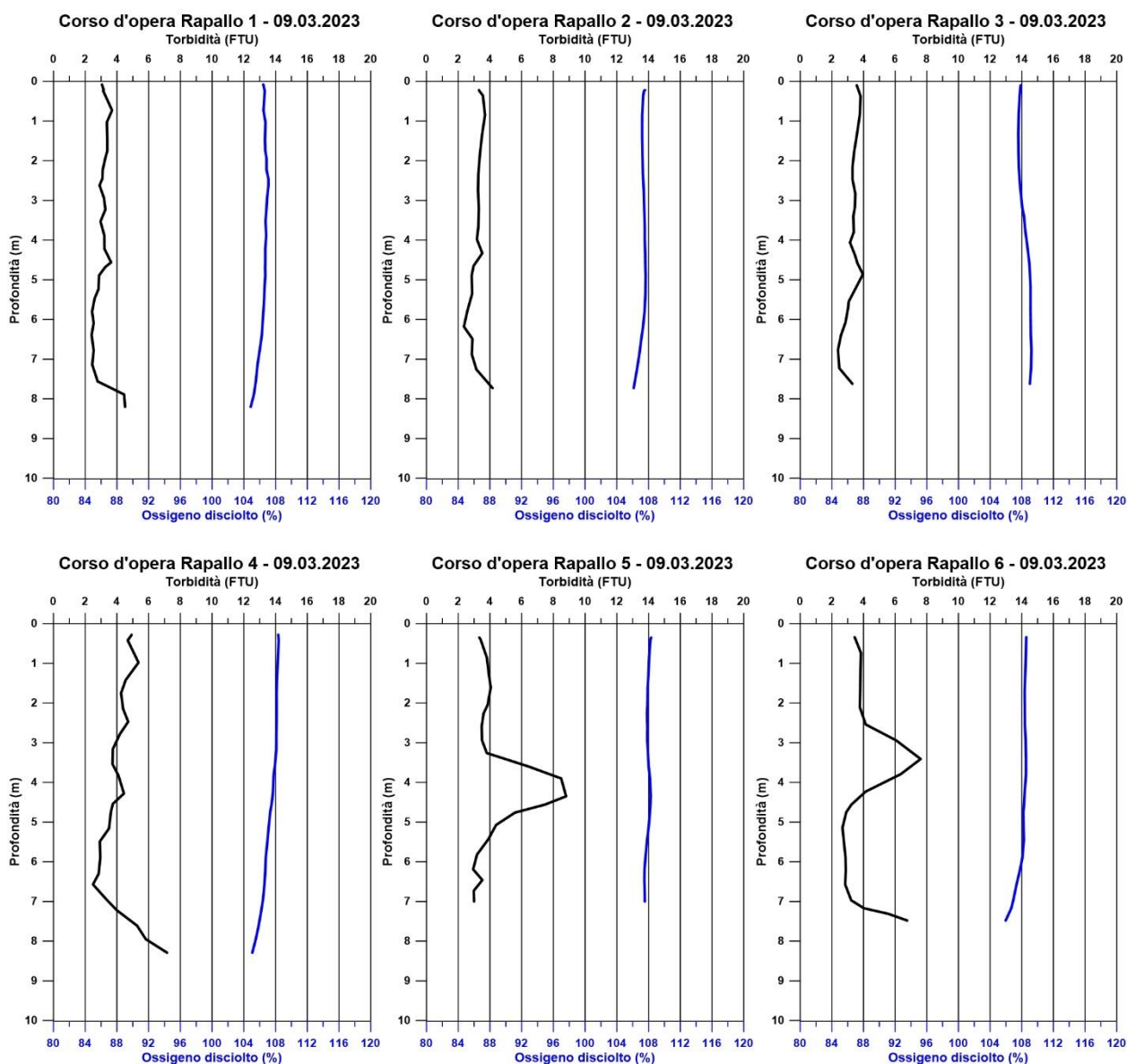
09/03/2023

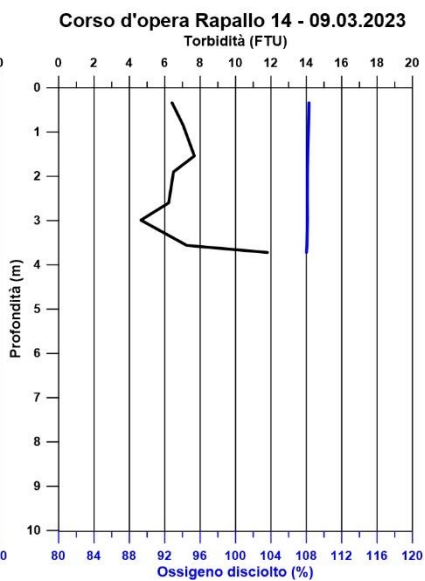
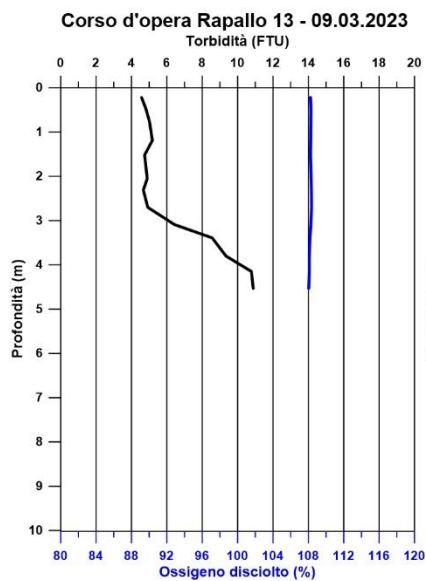
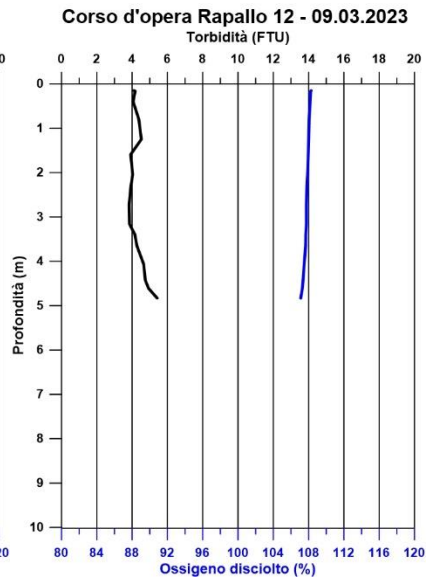
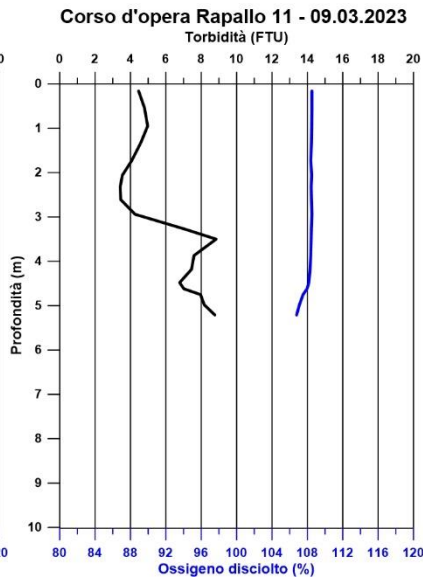
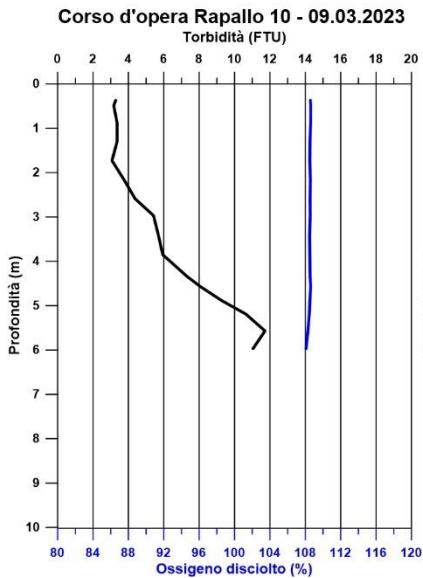
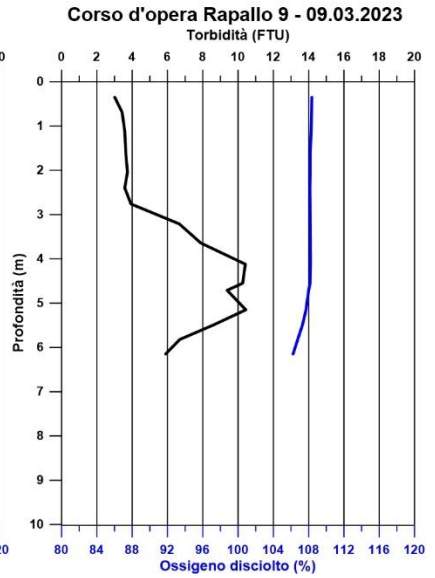
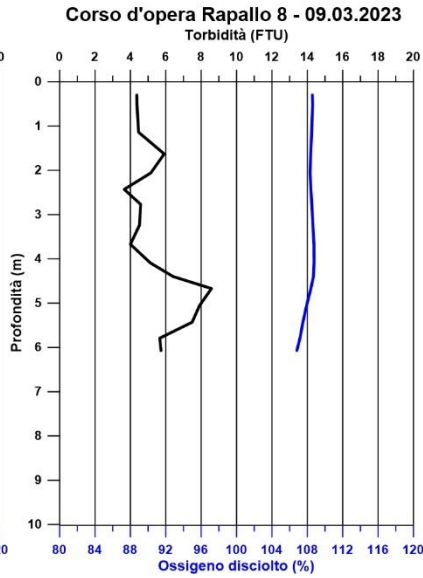
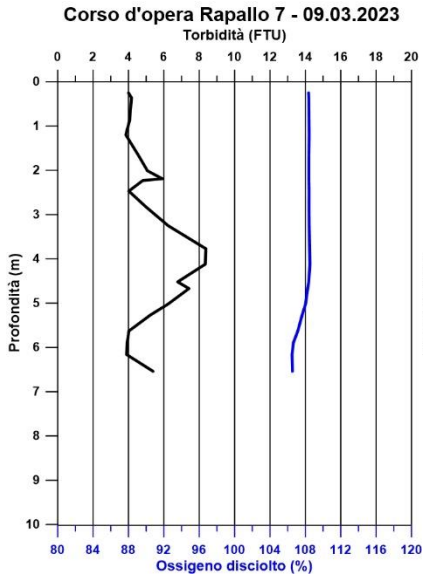
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di mare mosso, cielo coperto e vento da SE. Sono state effettuate 14 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica. Non è stato possibile effettuare misurazioni di corrente a causa dell'onda entrante in porto da scirocco. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.



Mapa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

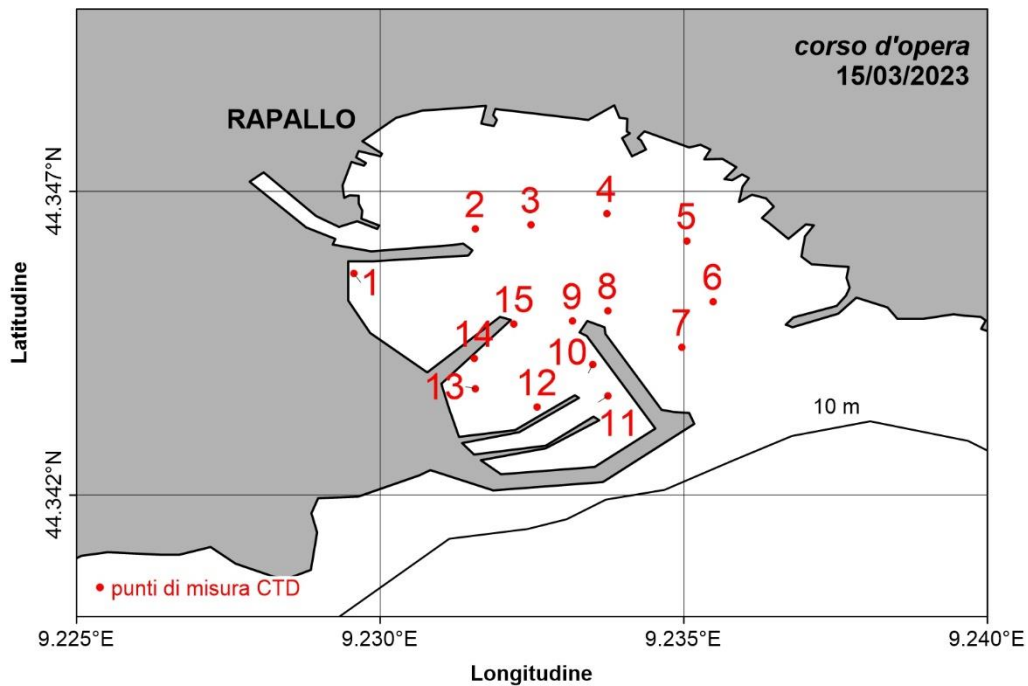
La torbidità ha mostrato valori nel complesso tra 2.4 e 11.8 FTU, con il massimo in prossimità del fondo nella stazione 14 al centro del bacino portuale. Si è notata una situazione perturbata in tutta l'area di misura dovuta al moto ondoso. L'ossigeno era compreso tra 105 e 109%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.





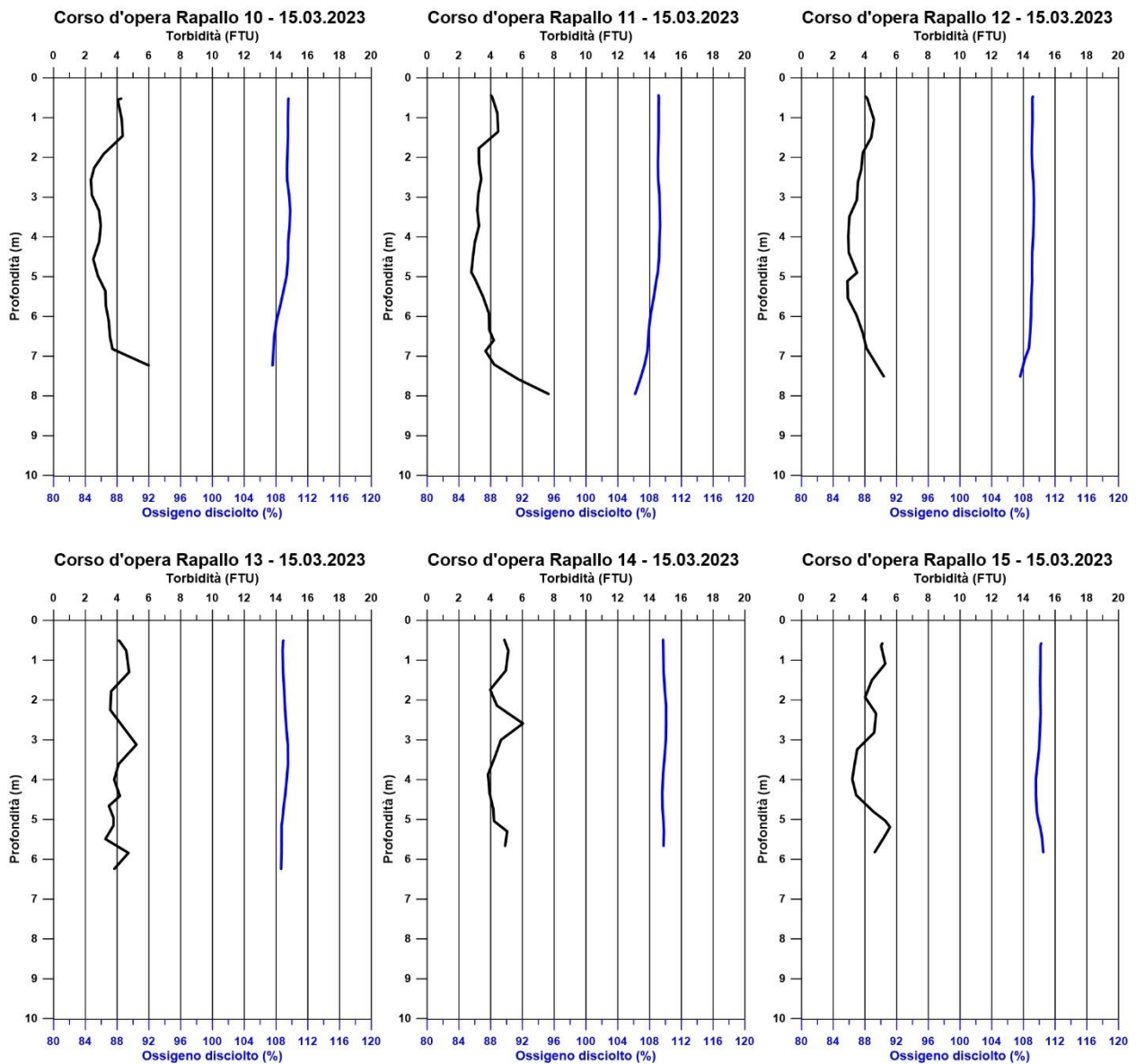
15/03/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di mare calmo, cielo sereno e vento da N. Sono state effettuate 15 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.



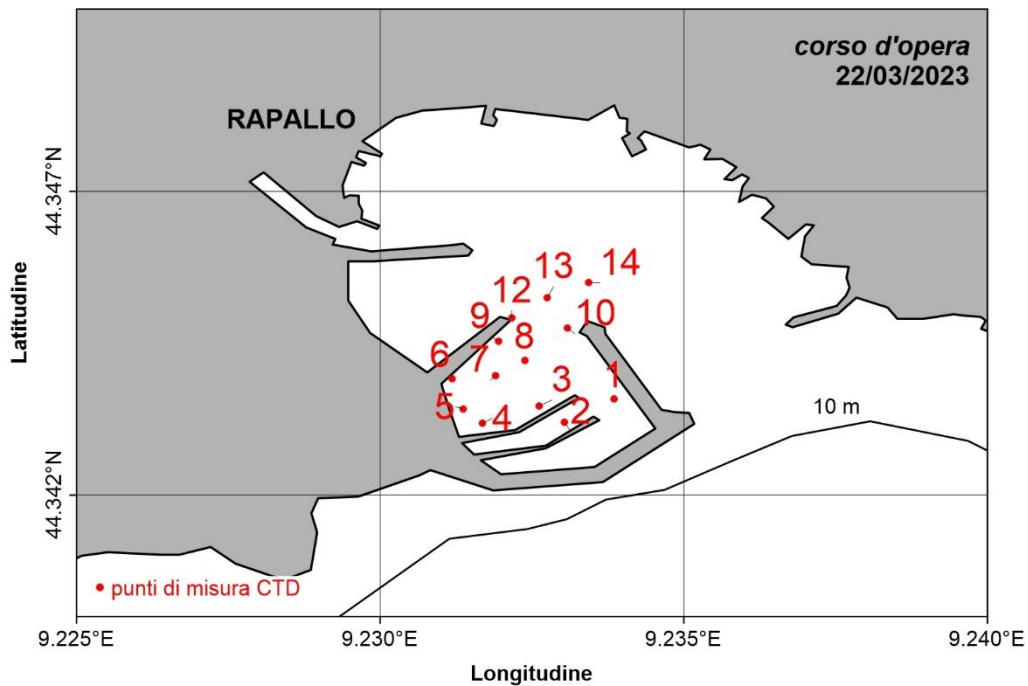
Mapa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

La torbidità ha mostrato valori nel complesso tra 2.3 e 7.6 FTU, con il massimo in prossimità del fondo della stazione 11 interna al Carlo Riva. L'ossigeno era compreso tra 103 e 111%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.



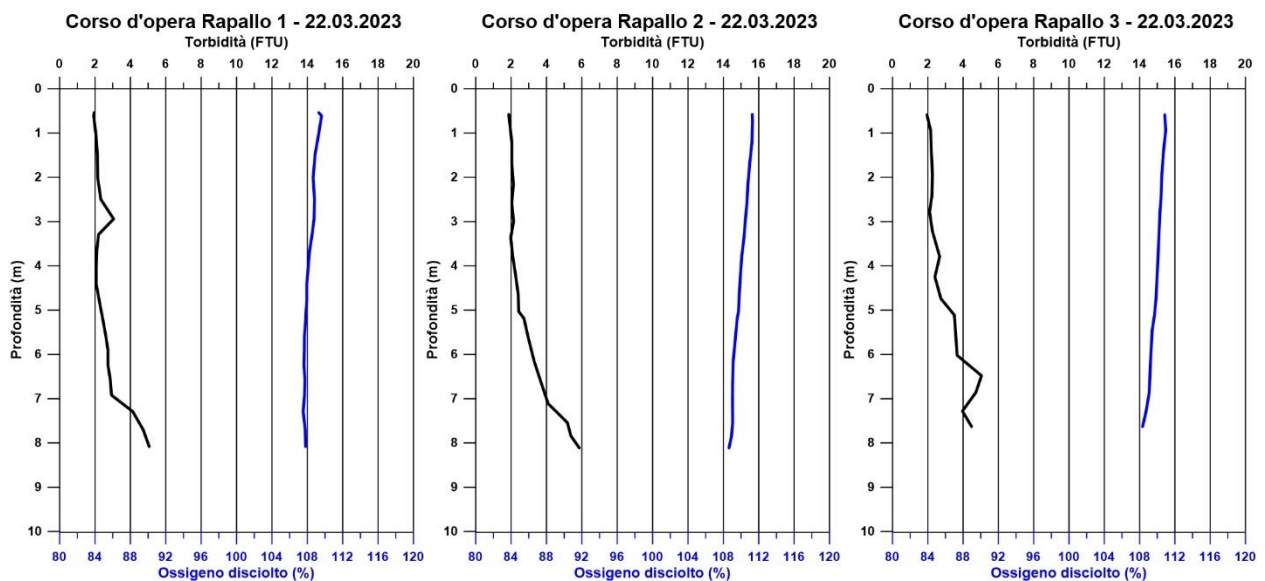
22/03/2023

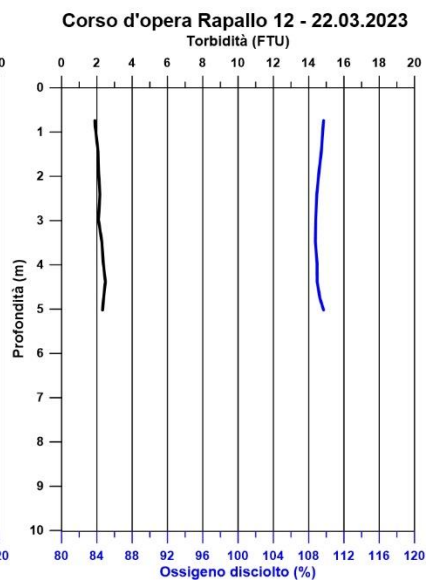
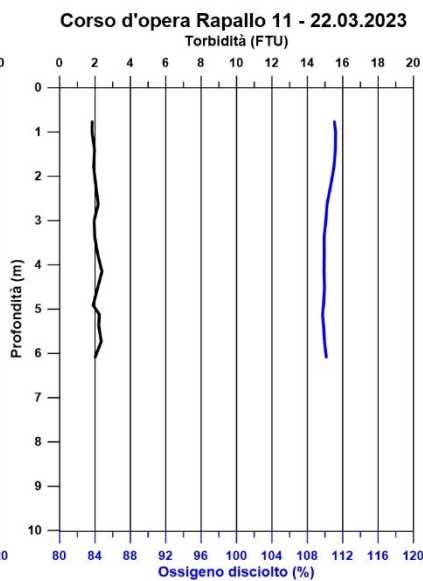
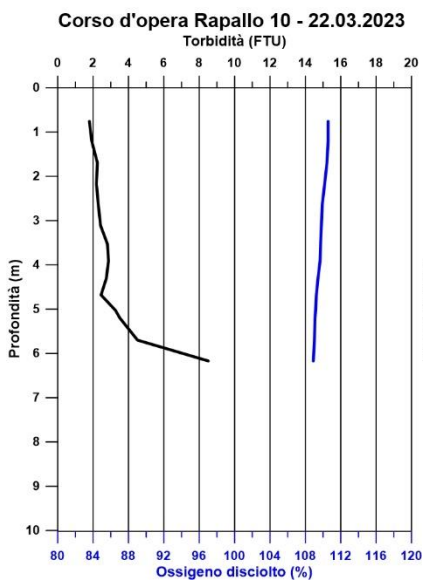
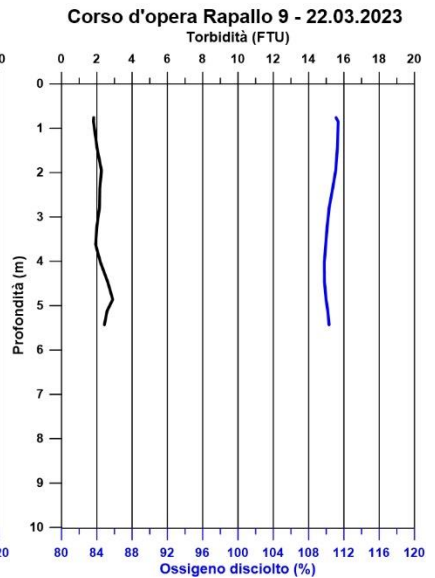
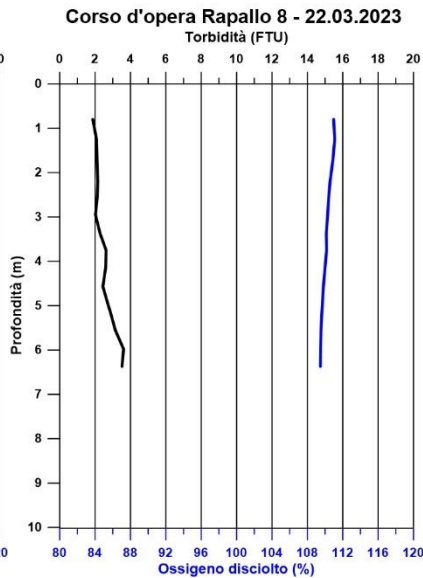
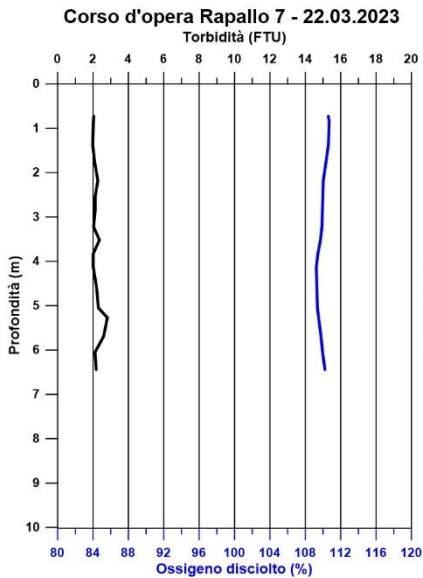
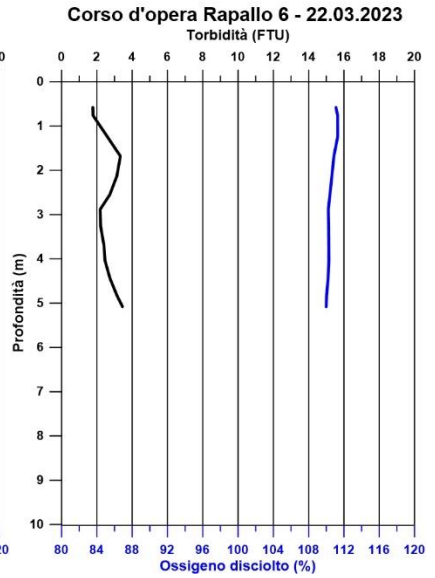
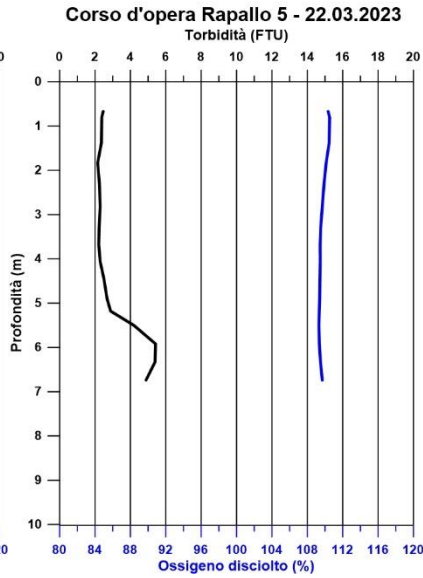
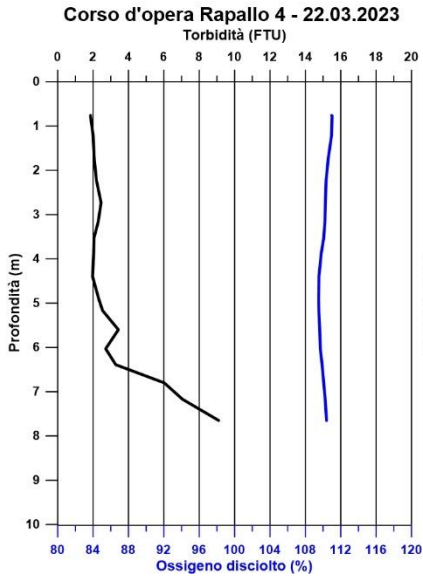
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di mare calmo, cielo sereno e debole vento da SE. Sono state effettuate 14 stazioni per il rilievo dei parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua a mezzo sonda multiparametrica. La distribuzione delle stazioni è indicata nella seguente figura.

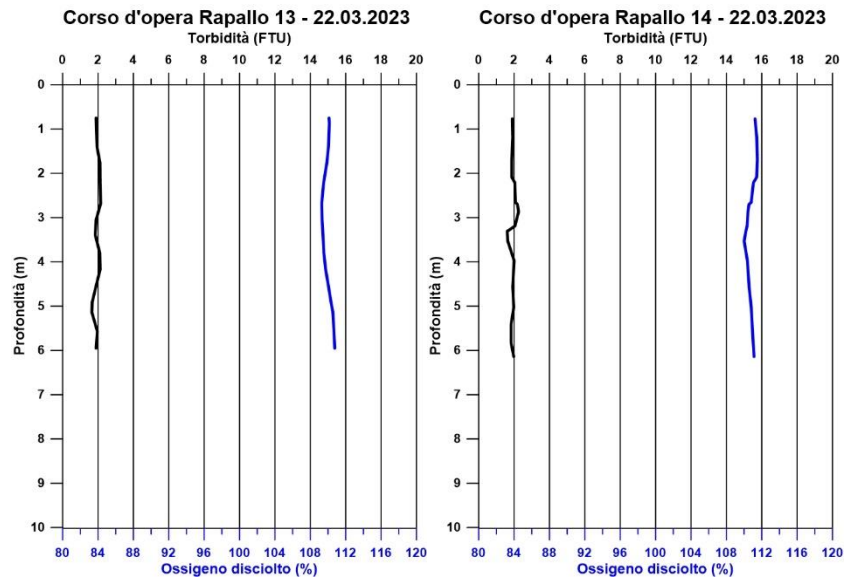


Mappa delle stazioni di misura dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

La torbidità ha mostrato valori nel complesso tra 1.6 e 9.1 FTU, con il massimo in prossimità del fondo della stazione 4 interna al Carlo Riva, vicino ai lavori di rinforzo del molo. L'ossigeno era compreso tra 108 e 112%. Di seguito sono riportati i profili verticali di torbidità (in FTU, scala 0-20 FTU, in nero) e ossigeno disciolto (in %, scala 80-120%, in blu) misurati in tutte le stazioni.



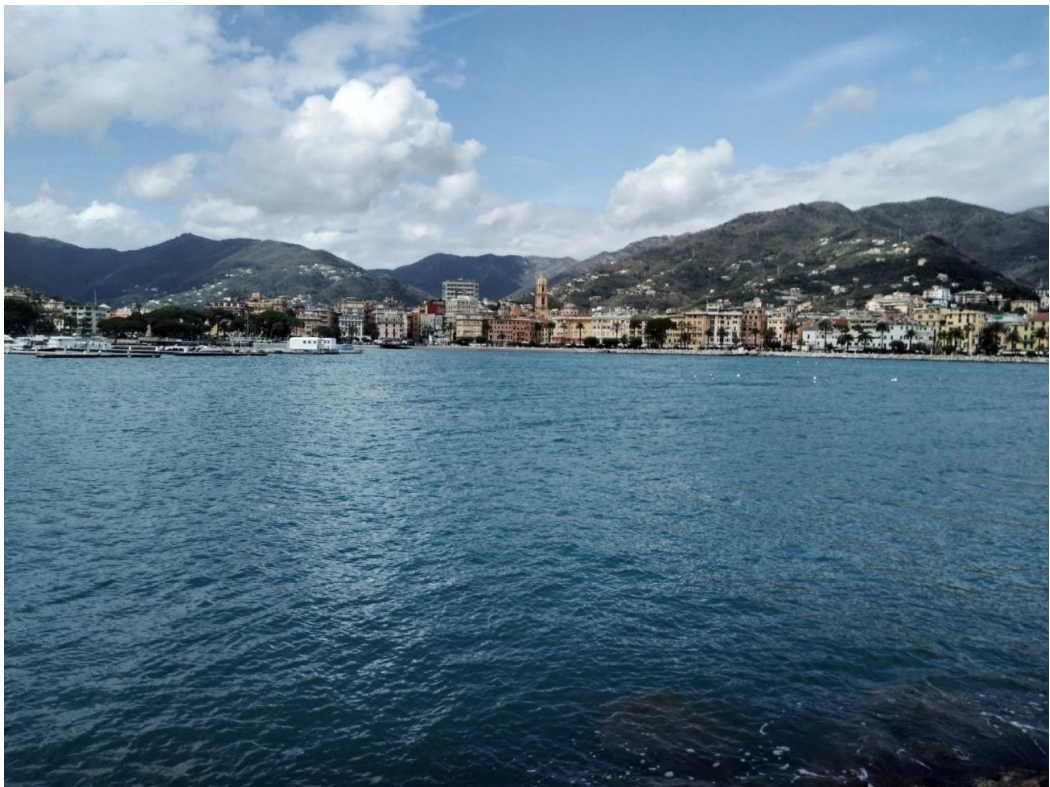




29/03/2023

Non è stato possibile effettuare operazioni di monitoraggio a causa dello stato del mare, caratterizzato da forte scirocco con onde entranti all'interno del bacino portuale. Si è deciso quindi di controllare la torbidità generata dai lavori di rinforzo dei moli tramite un controllo visivo dai moli. Come si può vedere dalle fotografie di seguito riportate, era presente torbidità all'esterno del porto che tendeva ad entrare e a muoversi verso l'interno lungo il lato N del bacino (lungo il lato del Castello).





CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DEL PERIODO DI FEBBRAIO-MARZO 2023

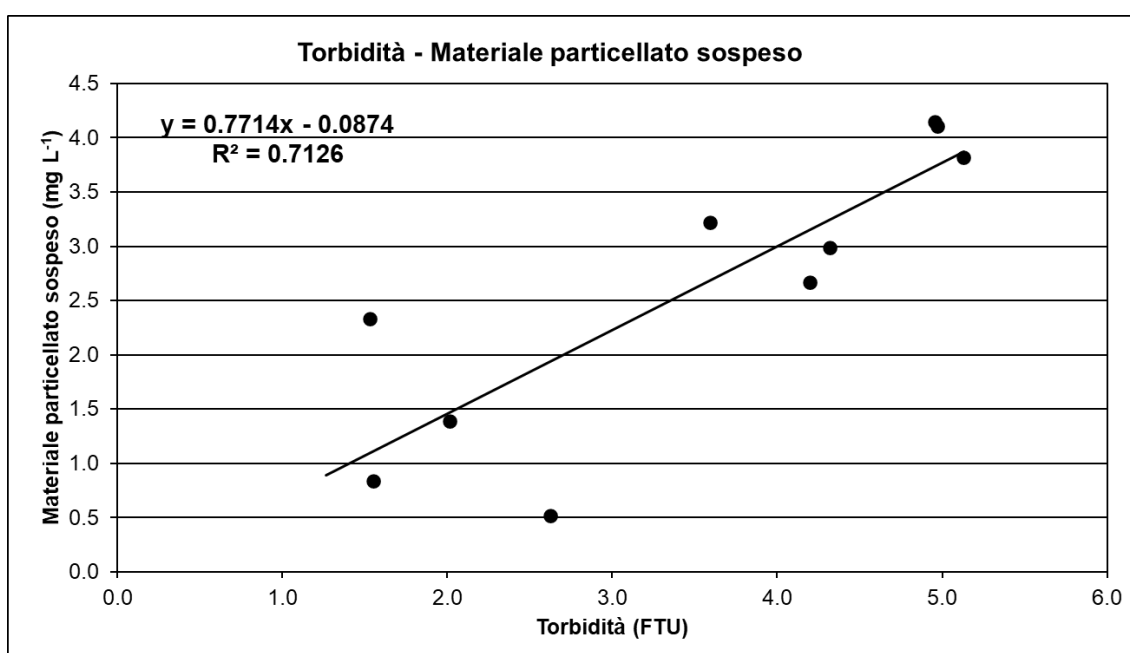
Il giorno 15/03/2023 sono stati prelevati 5 campioni di acqua per completare la calibrazione tra torbidità e solidi sospesi nella colonna d'acqua. Nella seguente tabella sono riportati i valori di solidi sospesi trovati nei campioni e i corrispondenti valori di torbidità misura con la sonda.

Stazione	Data	Profondità (m)	Solidi sospesi totali (mg L ⁻¹)	Torbidità (FTU)
1	15/03/2023	0	3.2	3.6
3	15/03/2023	0	4.2	5.0
9	15/03/2023	0	3.0	4.3
14	15/03/2023	0	4.1	5.0
15	15/03/2023	0	3.8	5.1

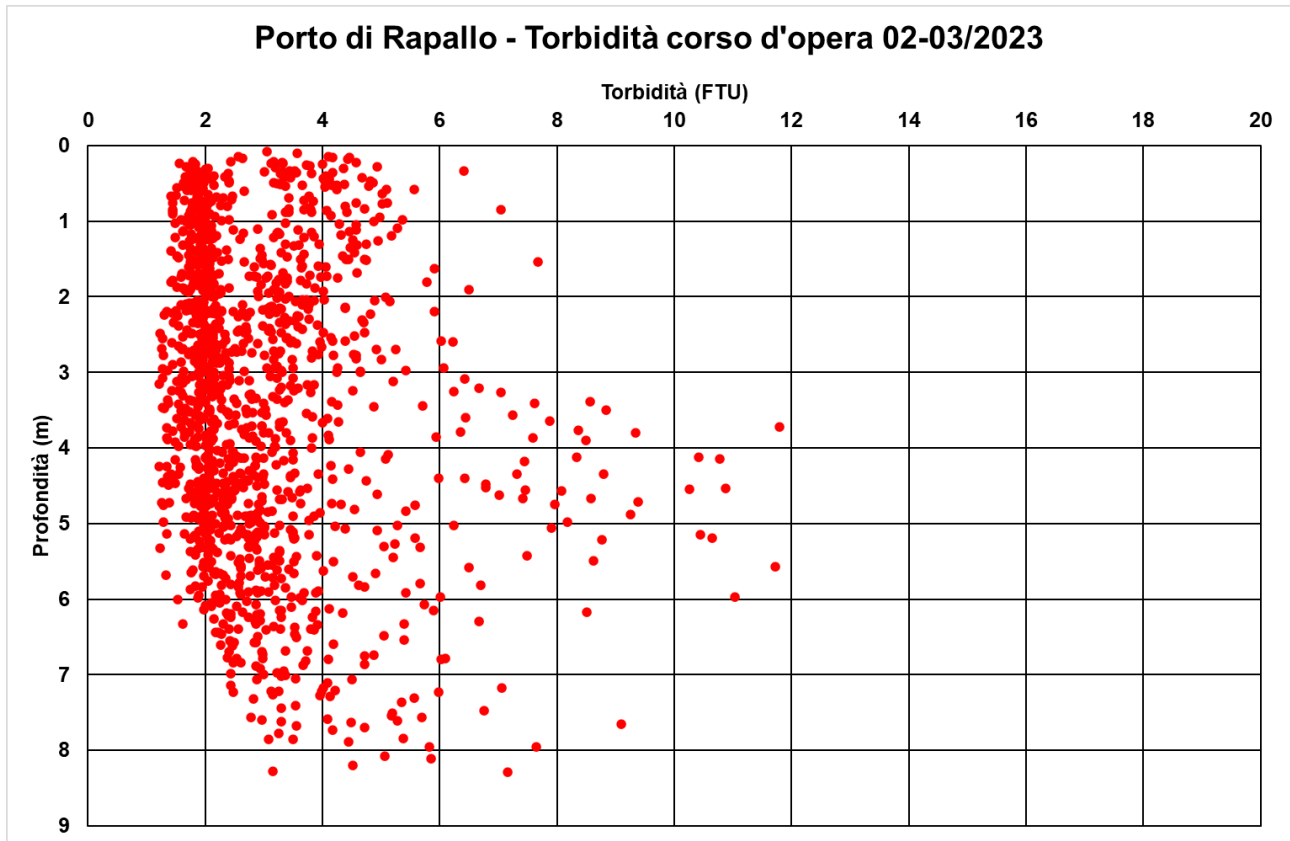
Unendo i valori sopra ottenuti con quelli ottenuti durante la fase *ante operam*, la relazione tra solidi sospesi e torbidità è la seguente:

$$TSS = 0.7714 To - 0.0874$$

Si precisa che un campione della fase *ante operam* non è stato considerato nella relazione in quanto riportava un contenuto in solidi sospesi non corrispondente alla torbidità misurata dalla sonda probabilmente a causa dello scarroccio dell'imbarcazione.

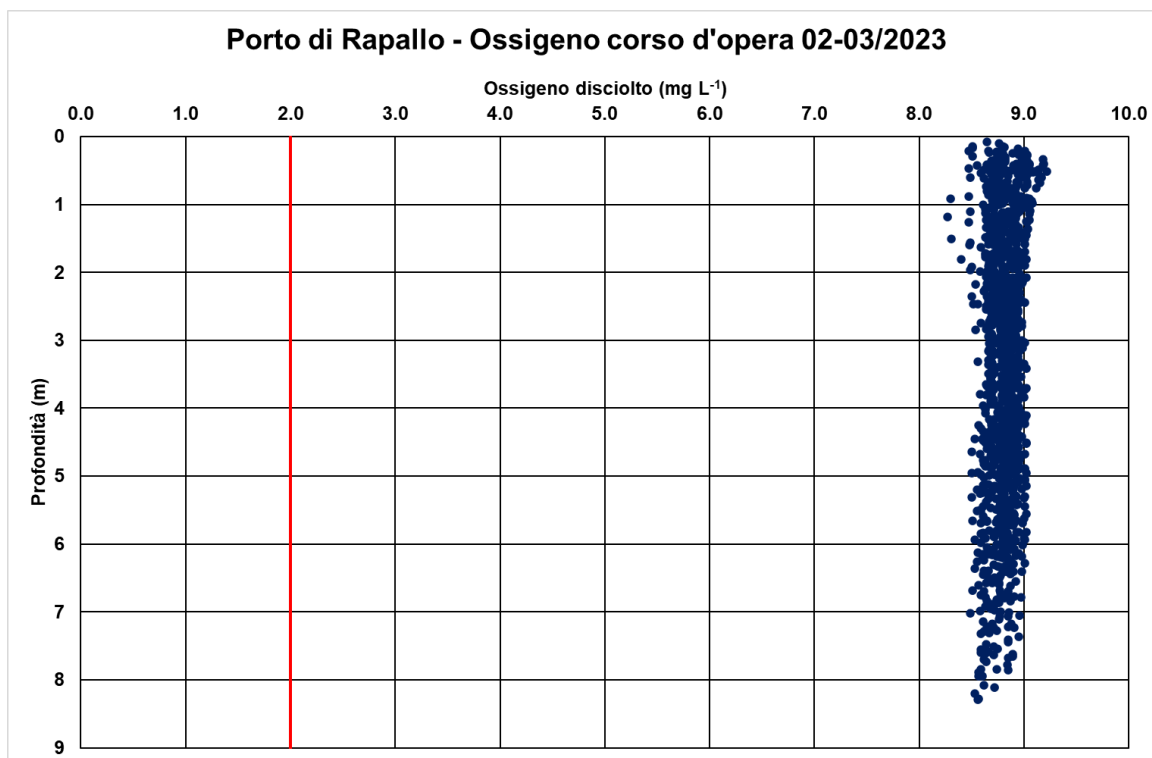


Di seguito sono riassunti tutti i valori di torbidità registrati in tutte le stazioni delle campagne in corso d'opera realizzate nei mesi di Febbraio e Marzo. Nel complesso la torbidità è compresa tra 1.2 e 11.8 FTU.

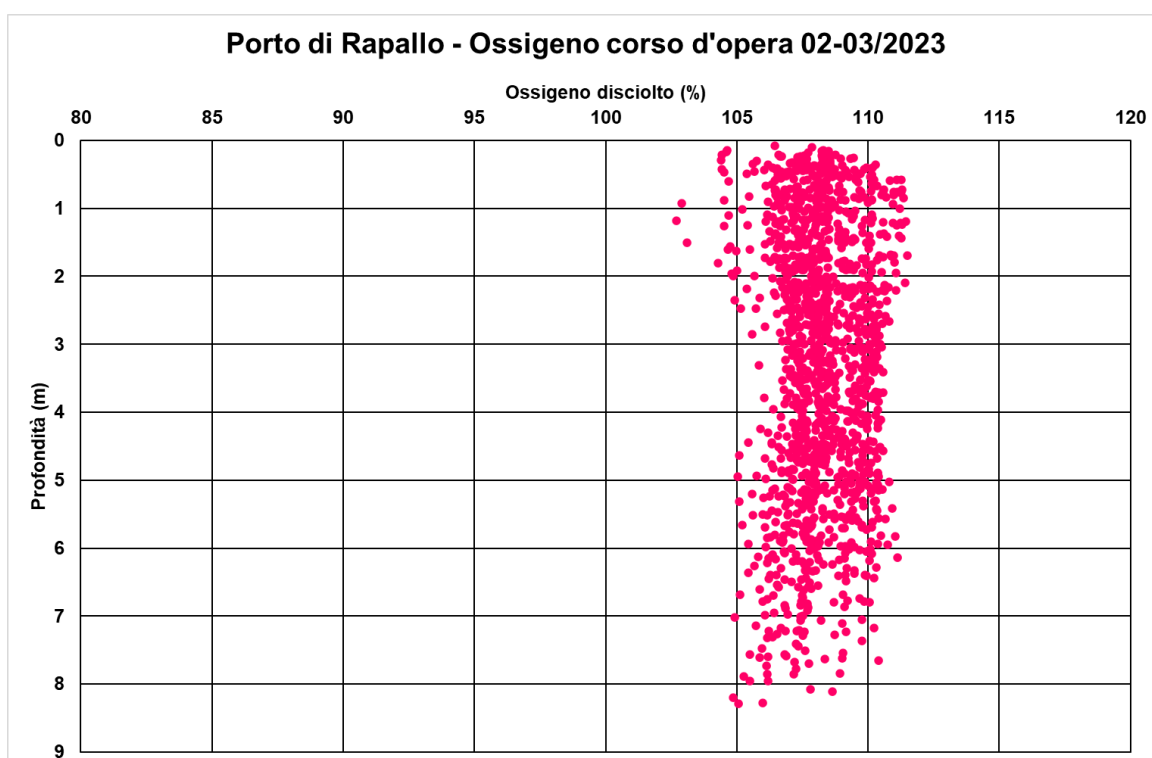


Valori di torbidità registrati durante le campagne in corso d'opera del periodo di Febbraio-Marzo 2023.

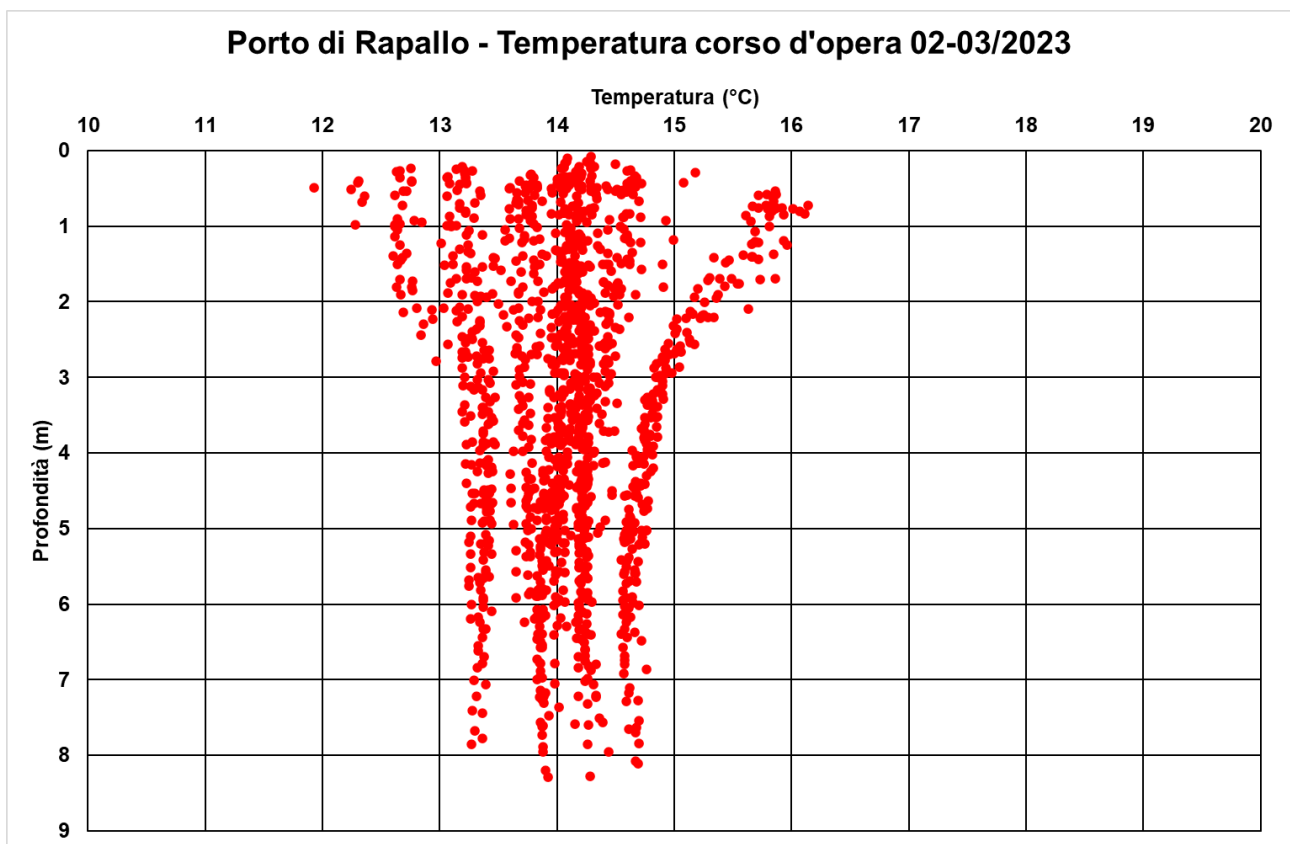
Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, ricordando che la sua concentrazione in mare, sia essa espressa in valori % sia in mg L^{-1} , non è correlata alla presenza di torbidità nelle masse d'acqua bensì a condizioni meteomarine-atmosferiche e dinamiche, ed al periodo stagionale in cui vengono effettuate le letture con la sonda multiparametrica, possiamo osservare come nel periodo di osservazione l'ossigeno disciolto abbia mostrato valori compresi tra 8.3 e 9.2 mg L^{-1} in tutta l'area portuale, non evidenziando particolari criticità. Di seguito è riportato il grafico riassuntivo dei valori misurati, con indicato in rosso il limite di 2 mg L^{-1} .

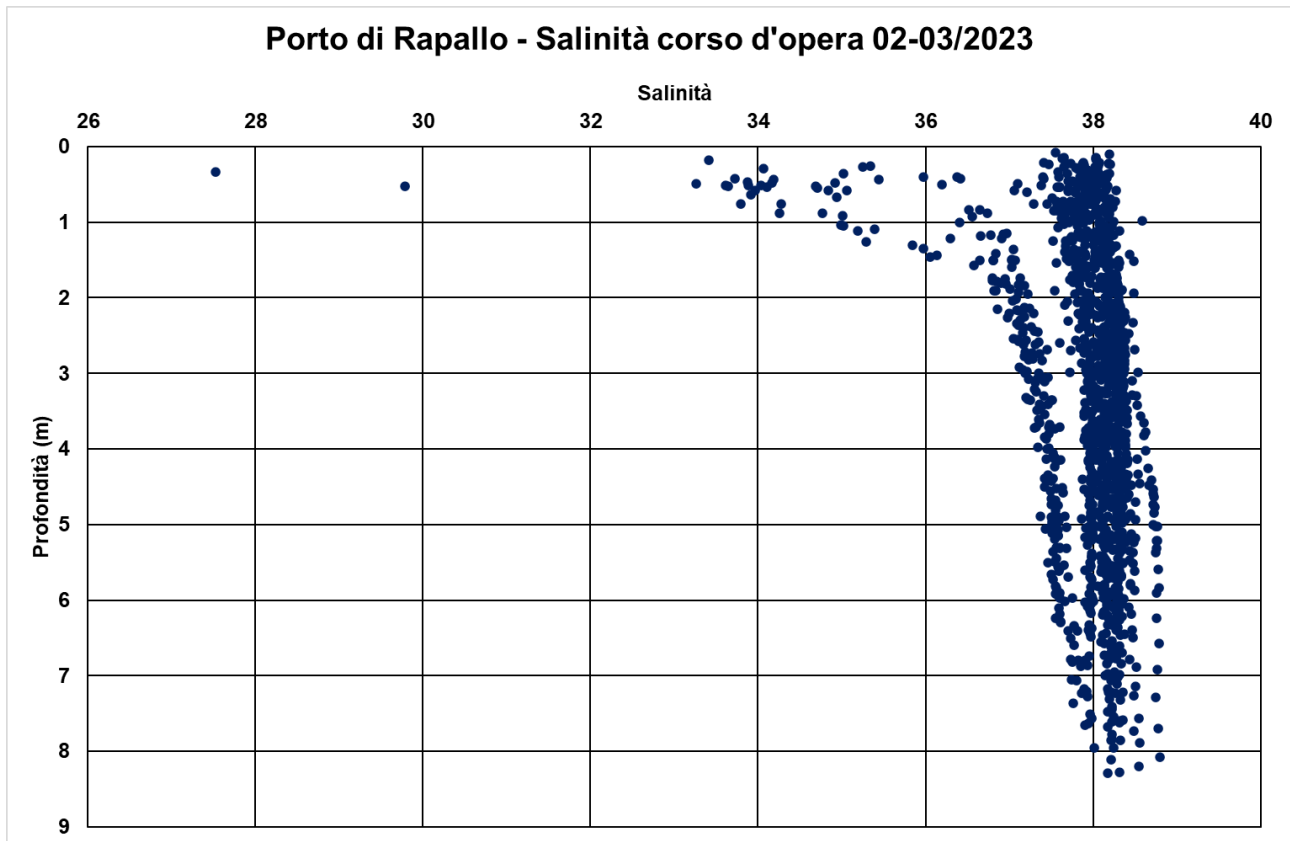


Per un confronto inseriamo anche il grafico cumulativo dei valori percentuali dell'ossigeno disciolto già rappresentati precedentemente nei profili della sonda multiparametrica. Nel complesso del periodo l'ossigeno disciolto percentuale ha mostrato valori compresi tra 103 e 112% in tutta l'area portuale.



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 11.9 e 16.1°C, ad evidenza di un progressivo generale riscaldamento della colonna d'acqua dovuto al progressivo e stagionale aumento delle temperature dell'aria. La salinità ha mostrato valori compresi tra 27.5 e 38.8. Il minimo di salinità è stato rilevato il 15 Marzo nella stazione 2 effettuata davanti alla foce del Torrente Boate ed indicava la presenza di acqua dolce nello strato superficiale dovuto agli apporti del torrente dopo le piogge.





COMMENTO FINALE ALLE OSSERVAZIONI DEL PERIODO FEBBRAIO-MARZO 2023

Per quanto riguarda i monitoraggi effettuati in questo periodo non abbiamo evidenza di alcuna situazione di allerta o di pericolo: grazie alla dinamica interna al porto limitata e ad attivit  condotte in mare con bassissimo impatto ambientale e allo stato del mare presente nel Golfo (spesso caratterizzato da vento da SE e correnti verso N) la poca torbidit , che abbiamo evidenziato con i profili della sonda multiparametrica,   rimasta confinata all'interno dell'area del porto "Carlo Riva" o   stata ritrovata internamente al Porto di Rapallo. Alcuni valori di torbidit  sono risultati correttamente pi  elevati di altri ma erano relativi a punti di campionamento prossimi ai siti dove le attivit  erano in corso. In generale relativamente alla torbidit  ed all'ossigeno disciolto, le attivit  non hanno causato criticit  per l'ambiente marino-marittimo del Porto di Rapallo.