AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DIP.TE.RIS.

"Studio delle caratteristiche fisiche e correntometriche e della dinamica dei sedimenti sospesi nelle acque alle imboccature del Porto di Genova"

RELAZIONE FASE "BIANCO"

Responsabile Scientifico DIP.TE.RIS.
(Prof. Sergio Tucci)

INDICE

INTRODUZIONE 2

1. OBIETTIVI 3

2. MATERIALI E METODI 5

    2.1 Metodologia per la determinazione del TPM 5

    2.2 Metodologia Numero di particelle 6

    2.3 Misure di corrente 8

    2.4 Misure di Torpidità 13

3. ATTIVITA' IN MARE 13

4. RISULTATI 14

5. CONCLUSIONI 15

BIBLIOGRAFIA 16

Allegato 1A (Bianco 1), 1B (Bianco 2), 1C (Bianco 1+2) - Profili del sensore di torbidità 17

Allegato 2A (Bianco 1), 2B (Bianco 2) - Vettori e componenti di corrente rilevate con ADCP 34

Allegato 3A (Bianco 1), 3B (Bianco 2) - Profili dimensionali del materiale in sospensione 86

Allegato 4 - Tabelle del valore del TPM 113

INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Genova, per la realizzazione del progetto di studio riguardante l'impatto ambientale connesso al dragaggio di sedimento di fondo all'interno del Porto di Genova, ha stipulato una Convenzione di ricerca con il Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'Università degli Studi di Genova, che prevede la definizione delle concentrazioni e delle caratteristiche del materiale particellato sospeso nei siti individuati per il dragaggio e la valutazione delle possibilità di diffusione del materiale sospeso durante le attività di dragaggio.

Durante le operazioni di dragaggio del sedimento di fondo si crea inevitabilmente una nuvola torbida che è necessario monitorare per impedirne la diffusione nell'ambiente circostante al fine di evitare effetti negativi su sull'ambiente stesso.

Per definire i limiti normali dei parametri chimico-fisici e di corrente del Porto sono state effettuate 2 campagne oceanografiche, della durata di due giorni ciascuna; questa fase di Bianco del dragaggio ha seguito quella del Prebianco che si è svolta dal 14.02 al 21.03.2008.

Le campagne si sono svolte il 23-25.06 e il 23-24.10.2008.

In questa fase del progetto si sono svolte indagini in 11 stazioni di campionamento, rappresentative di tutta l'area portuale e delle immediate vicinanze. Si sono indagati:

- la torbidità delle masse d'acqua nel porto;
- la dinamica delle correnti;
- il materiale particellato sospeso, utilizzato poi come "bianco di riferimento", sia come quantità sia come dimensioni;

Per rendere maggiormente efficiente il sistema di controllo si è adottata una tecnica di indagine che prevede l'impiego di una imbarcazione equipaggiata con un correntometro profilante ADCP ed una sonda multiparametrica CTD, accoppiata ad uno strumento per la misura della torbidità (torbidimetro).

I dati registrati dalla strumentazione sopra citata, unitamente a misure effettuate su campioni di acqua, appositamente prelevati per la taratura delle misure ottiche ed acustiche, ed all'utilizzo di sofisticati software di elaborazione dei dati, hanno permesso di ottenere una descrizione completa e con elevata risoluzione spaziale in tre dimensioni delle caratteristiche dello specchio acqueo portuale.

Sempre in questa fase del lavoro, un Ricercatore del Gruppo di Lavoro del DIP.TE.RIS. ha partecipato a riunioni organizzative con la Ditta Idromar, fornitrice della strumentazione fissa, al fine di concordare le attività sul campo e verificare il corretto funzionamento degli strumenti.

1 OBIETTIVI

Gli obiettivi delle 2 campagne di misura eseguite nel Porto di Genova (Fig. 1.1) sono stati quelli di definire i valori limite (soglia di attenzione e soglia limite) dei parametri velocità e direzione della corrente e torbidità.

Per ottenere questi risultati si è operato con lo schema seguente:

1. sono state effettuate misure con CTD per determinare la torbidità dell'acqua, e prelevati campioni di acqua per la taratura del sistema.
2. sono state effettuate misure con ADCP.

In particolare, per la stima della quantità dei solidi sospesi in acqua di mare, si è proceduto seguendo le seguenti fasi:

1. Pianificazione delle procedure da adottare in missione.
2. Preparazione e calibrazione dei vari strumenti utilizzati.
3. Raccolta delle misure *in situ*.
4. Elaborazione dei dati per mezzo di un *software*.

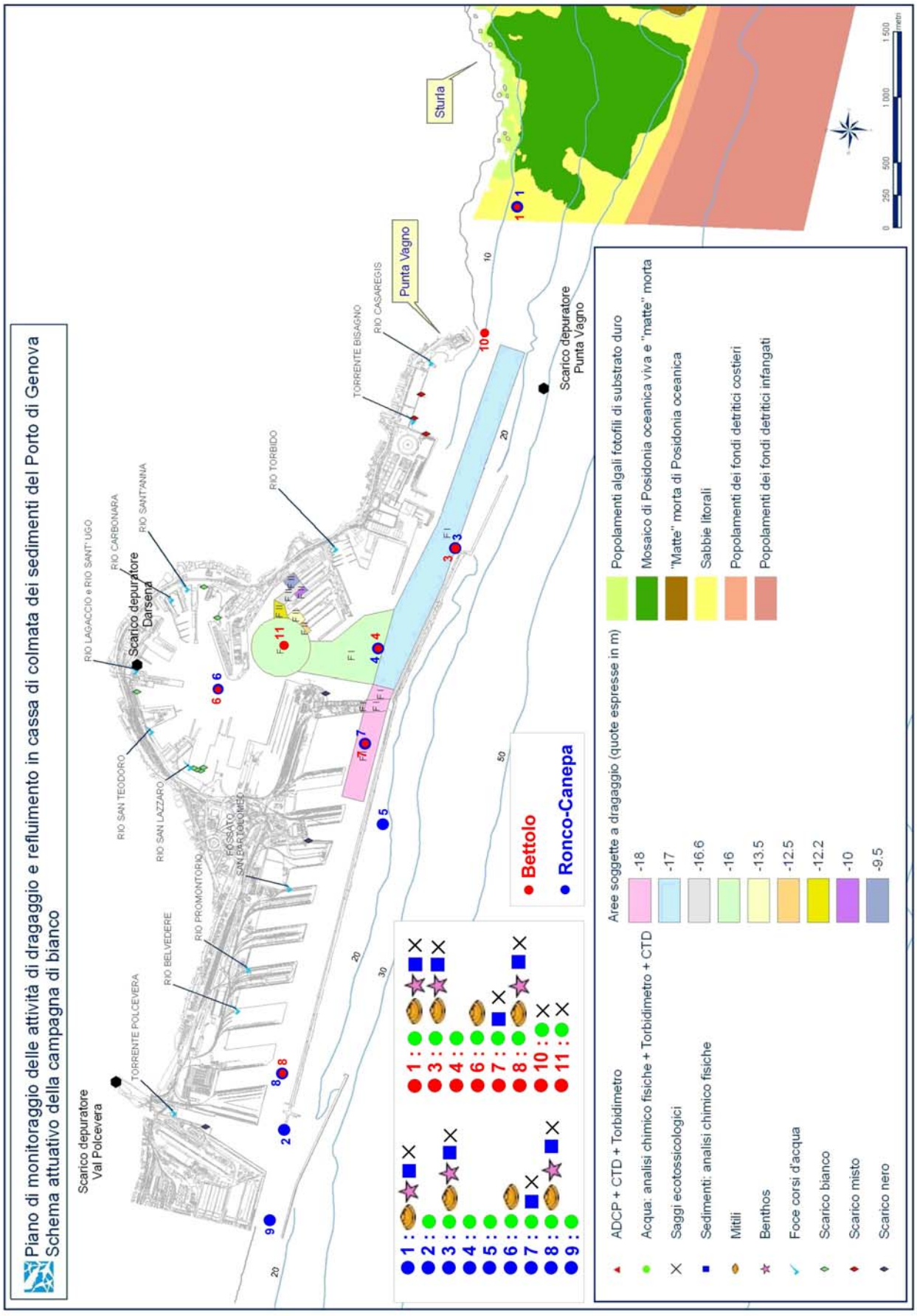


Fig. 1.1 - Inquadramento dell'area coinvolta nell'analisi di Bianco

2 MATERIALE E METODI

Le operazioni di misura sono state effettuate a bordo della M/B Maso della Società ARCO89 nel corso di nel corso di 2 campagne oceanografiche della durata di 4 giorni complessivi, e cioè il 23-25.06.2008 e il 23-24.10.2008, a 4 mesi di distanza l'una dall'altra per ottenere così due serie di dati relative a stagionalità diverse.

2.1 Metodologia per la determinazione del TPM

In laboratorio, prima di iniziare le attività di filtrazione, i filtri di acetato di cellulosa Millipore (∅ 47 mm e porosità 0.45 µm), sono stati pre-pesati, numerati e stoccati per le operazioni da svolgere successivamente alle campagne in mare.

Le operazioni di pesatura dei filtri "vergini" sono avvenute immettendo gli stessi in un apposito forno essiccatore a ventilazione forzata per 3 ore a 60-65°C e, successivamente, riportati a temperatura ambiente in essiccatori, quindi pesati; le operazioni di pesatura sono state effettuate con una bilancia elettronica di precisione a cinque cifre decimali Scaltec SBC21 (precisione ± 1 µg).

Nelle stazioni di misura, sono stati prelevati campioni d'acqua a profondità scelte *ad hoc*, utilizzando bottiglie Niskin. I campioni sono stati conservati a 4 °C e successivamente in laboratorio, quantità note d'acqua campionata sono state filtrate attraverso i filtri, precedentemente pesati, allo scopo di concentrare il materiale sospeso in essa contenuto.

Per evitare di introdurre errori di misura dovuti alle diverse condizioni atmosferico-ambientali al momento della pesatura, si sono conservati a parte alcuni filtri "bianchi" (solitamente due, uno all'inizio e l'altro alla fine di ogni giornata di campionamento): la loro variazione di peso, rispetto a quello calcolato in partenza, è servito a determinare la correzione (positiva o negativa) da apportare al peso dei filtri con campione (Pierce *et al*., 1981) nella determinazione del TPM.

Tutti i filtri utilizzati per la filtrazione dei campioni d'acqua prelevati durante la campagna sono stati quindi trattati per la determinazione delle quantità (in peso) di materiale particellato (nelle frazioni totale "TPM", inorganico "IPM" ed organico "OPM") secondo le modalità indicate da Stricklend e Parson (1968), modificate da Picazzo e Tucci (1983).

I filtri sono stati quindi asciugati, sempre con un forno, ad una temperatura di 60-65°C per 3 ore e quindi, per riportarli a temperatura ambiente, posti in un essiccatore per 30'. A questo punto i filtri sono stati pesati: la differenza tra il peso riscontrato ed

il peso iniziale (prima cioè della partenza per la campagna di campionamento) ha determinato la quantità di materiale particellato totale (TPM).

I filtri, successivamente alla pesatura, sono stati poi inseriti in crogioli di ceramica precedentemente tarati con la seguente procedura. I crogioli sono stati puliti con un pennellino per eliminare i residui di precedenti analisi presenti all'interno; successivamente i crogioli sono stati posti in muffola (forno termostatato) a 1050°C e vi sono rimasti per 30' dal momento in cui è stata raggiunta tale temperatura; trascorsi i 30' la muffola è stata spenta e aperta e dopo 15' i crogioli sono stati tolti e disposti in un essicatore per circa 30-40'; trascorso tale lasso di tempo i crogioli sono stati pesati con una bilancia elettronica di precisione a cinque cifre decimali Scaltec SBC21 (precisione ± 1 µg). Questa procedura è stata ripetuta almeno tre volte, fino ad ottenere per ciascun crogiolo variazioni di peso (tra una pesata e l'altra) inferiore a 0.00030 g: il peso medio delle 3 o più pesate è stato quindi assunto come peso finale del crogiolo.

I filtri inseriti nei crogioli sono stati sciolti con alcune gocce di acetone e posti in muffola a 1050°C per 3^h 30' al fine di eliminare per combustione la frazione organica (OPM). Infine i crogioli, opportunamente raffreddati in essiccatore, sono stati pesati e, per differenza con il loro peso "a vuoto" determinato in precedenza con una serie di pesate, è stato determinato il peso della frazione inorganica (IPM): una semplice differenza (TPM-IPM) ha permesso poi di determinare il peso della parte organica bruciata (OPM).

2.2 Metodologia Numero di particelle

Poiché il rapporto tra la concentrazione di TPM e la risposta del torbidimetro in FTU dipende anche dalla dimensione e dal numero di particelle presenti nelle acque, sono stati acquisiti anche questi dati. Le analisi dimensionali del particellato sono state determinate in laboratorio utilizzando un Coulter Counter® Multisizer 3 (Fig. 2.2.1; Coulter® El. Ltd., 1998) con una doppia cella di campionamento e due capillari; un capillare da 100 µm per determinare la frazione fine ed un capillare da 280 µm per determinare la frazione grossolana, in base alle caratteristiche del campione. Il numero di particelle e la dimensione delle stesse è stato calcolato usando rispettivamente 500 µl e 2000 µl di campione con 5 repliche (Krank, 1980). I valori del numero di particelle per litro sono stati messi in relazione con la concentrazione del TPM per litro per il controllo e la validazione dei dati (Fig. 2.2.2, campagna effettuata a giugno 2008, e Fig. 2.2.3, campagna effettuata a ottobre 2008).



Fig. 2.2.1 - Beckman Coulter Counter Multisizer 3.

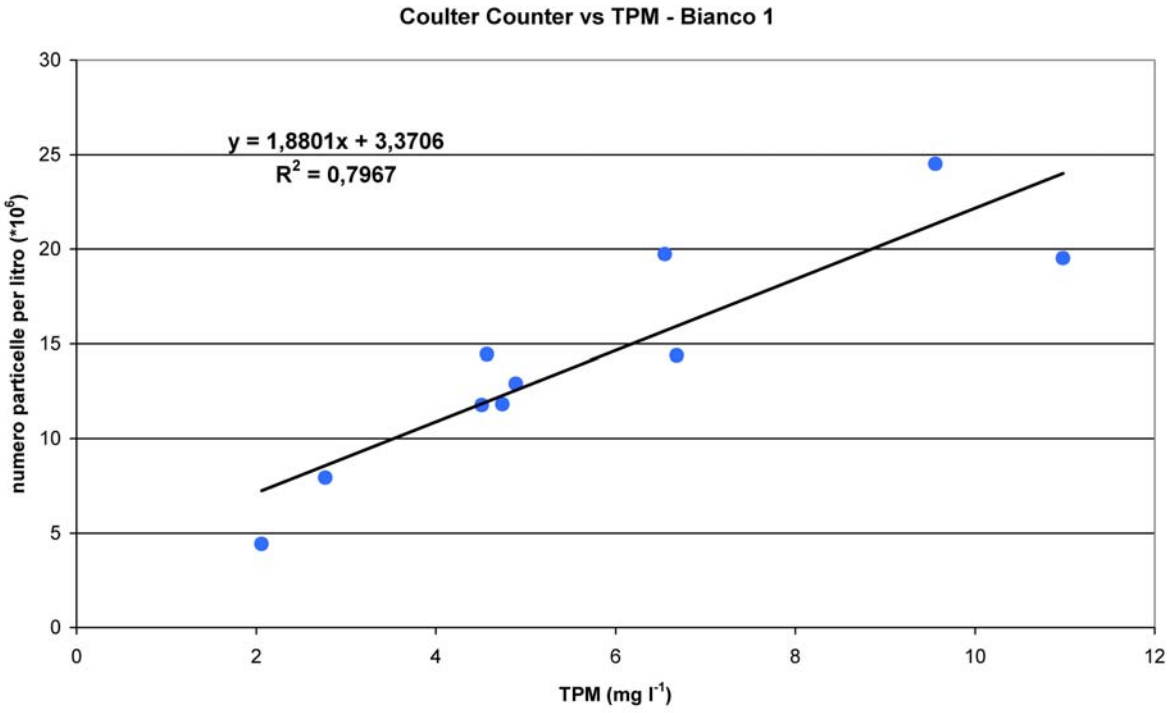


Fig. 2.2.2 - Retta di taratura tra TPM e Numero delle particelle per litro (Bianco1).

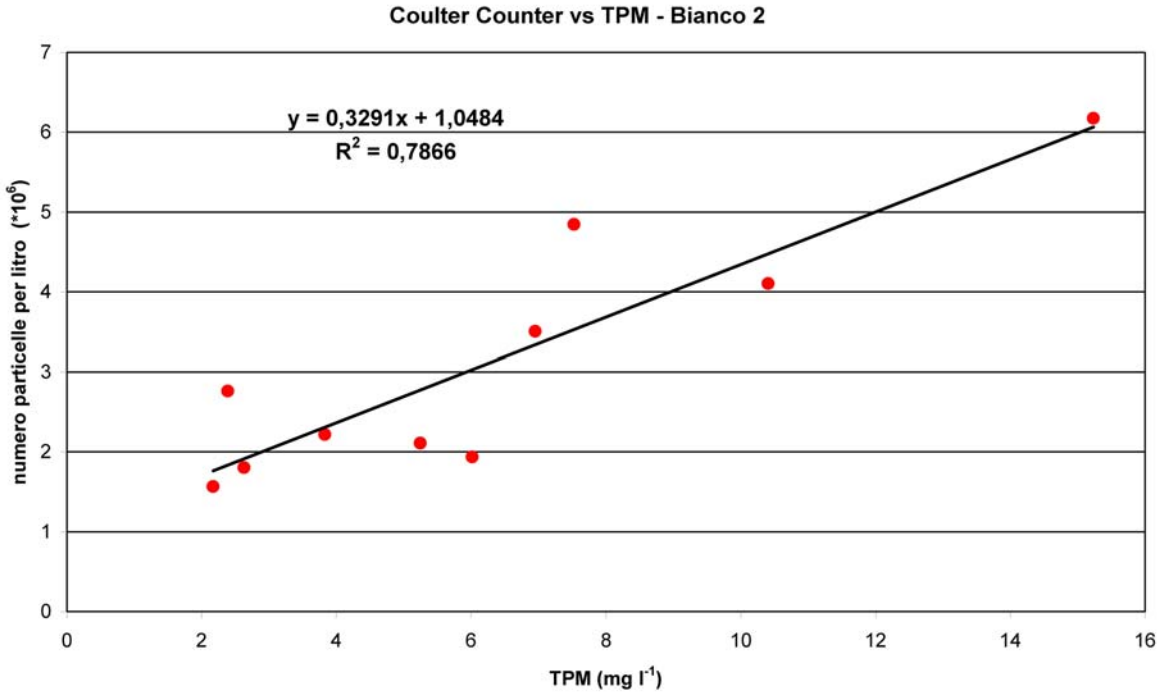


Fig. 2.2.3 - Retta di taratura tra TPM e Numero delle particelle per litro (Bianco2).

Il controllo del rapporto "TPM-numero di particelle" ha permesso un'operazione di filtraggio che ha portato ad eliminare alcuni valori di TPM ritenuti poco attendibili.

2.3 Misure di corrente

Le misure di corrente sono state effettuate mediante l'utilizzo di un ADCP RDI con frequenza 600Khz.

L'ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) misura la velocità dell'acqua trasmettendo un impulso acustico ad una frequenza nota fissa attraverso l'acqua e registrando la frequenza e l'ampiezza dell'eco riflesso dalle particelle sospese nell'acqua e che, si assume, si muovano alla stessa velocità dell'acqua (RD Instruments, 1996). Il movimento di queste particelle in avvicinamento o in allontanamento dai trasduttori dell'ADCP causano un effetto Doppler nell'eco di ritorno che l'ADCP usa per calcolare la velocità delle particelle e quindi la velocità della corrente. L'ampiezza del segnale di ritorno è registrato come intensità dell'eco. L'ADCP registra la velocità e l'intensità dell'eco da una serie di segmenti detti "bins" che formano ciascuno fascio acustico ("beam") generato da ogni trasduttore (Wall et al., 2006; Fig. 2.3.1).

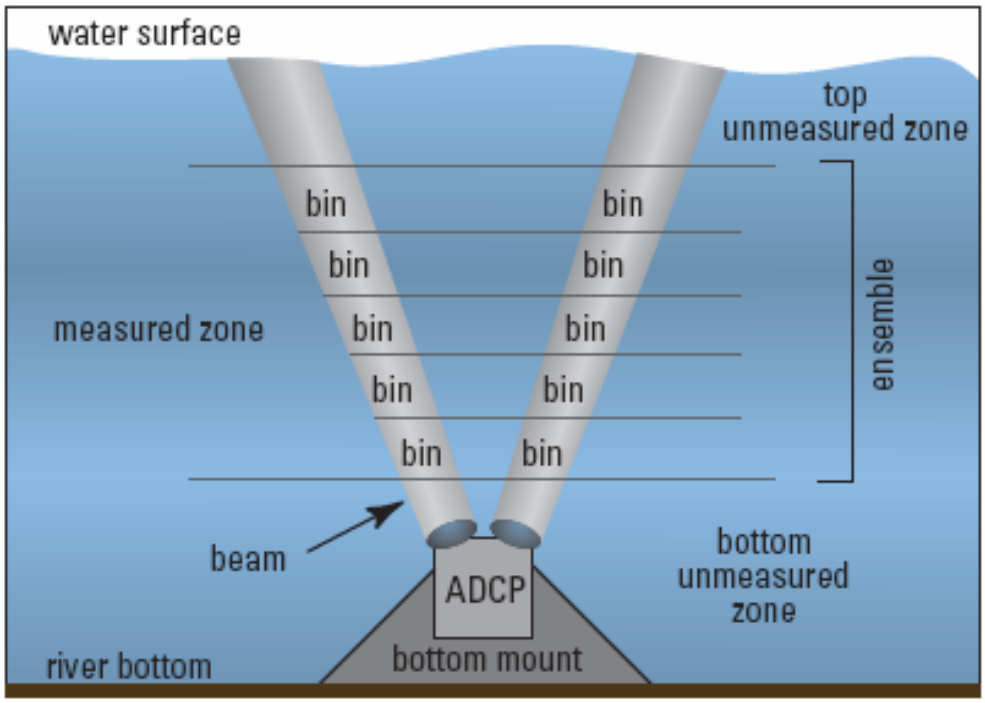


Fig. 2.3.1 - Schema dei bin e beam di un ADCP montato sul fondo (Wall et al., 2006).

L'ADCP quindi utilizza l'effetto Doppler registrato in ciascun bin e beam per misurare il vettore velocità delle particelle, e considerando la velocità del suono ed i tempi di ritorno dell'eco assegna ad ogni bin la propria profondità e la corrispondente velocità di corrente. In questo modo la risposta che l'ADCP dà è equivalente a quella di una catena di n correntometri convenzionali posizionati a quote fisse ed equidistanti lungo la colonna d'acqua.

L'ADCP inoltre scompone il vettore corrente nelle componenti della velocità Nord/Sud, Est/Ovest e verticale (Fig. 2.3.2).

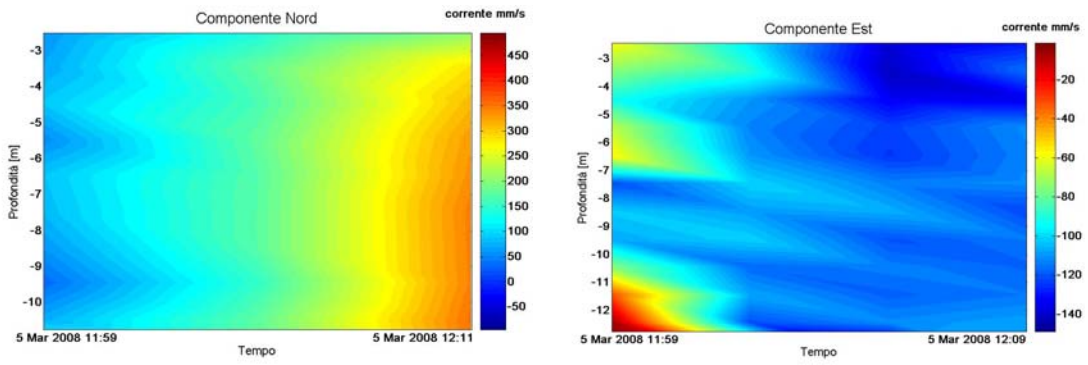


Fig. 2.3.2 - Esempi di profili verticali delle componenti N ed E delle correnti ottenute con ADCP.

L’ADCP può essere utilizzato in diverse configurazioni:

- posizionato sul fondo montato su una piattaforma e rivolto verso l’alto;
- su una boa galleggiante, con i trasduttori rivolti verso il basso;
- a palo, su un’imbarcazione come nel nostro caso (Fig. 2.3.3);
- fisso a molo, come avviene per gli strumenti di controllo in continuo; i trasduttori registrano ad intervalli discreti (celle) lungo la colonna d’acqua.

L’ADCP montato a palo è solidale all’imbarcazione quindi subisce come questa rollio, beccheggio, scarroccio e deriva in dipendenza da vento, onde e correnti. L’ADCP è collegato ad un sistema GPS che fornisce dati in tempo reale al sistema di acquisizione tramite comunicazione seriale; questo sistema permette di eliminare errori di misura con ADCP dovuti al *drift* compiuto dall’imbarcazione durante le misure. Infatti uno spostamento di questa porterebbe alla errata determinazione di una massa d’acqua in quiete.

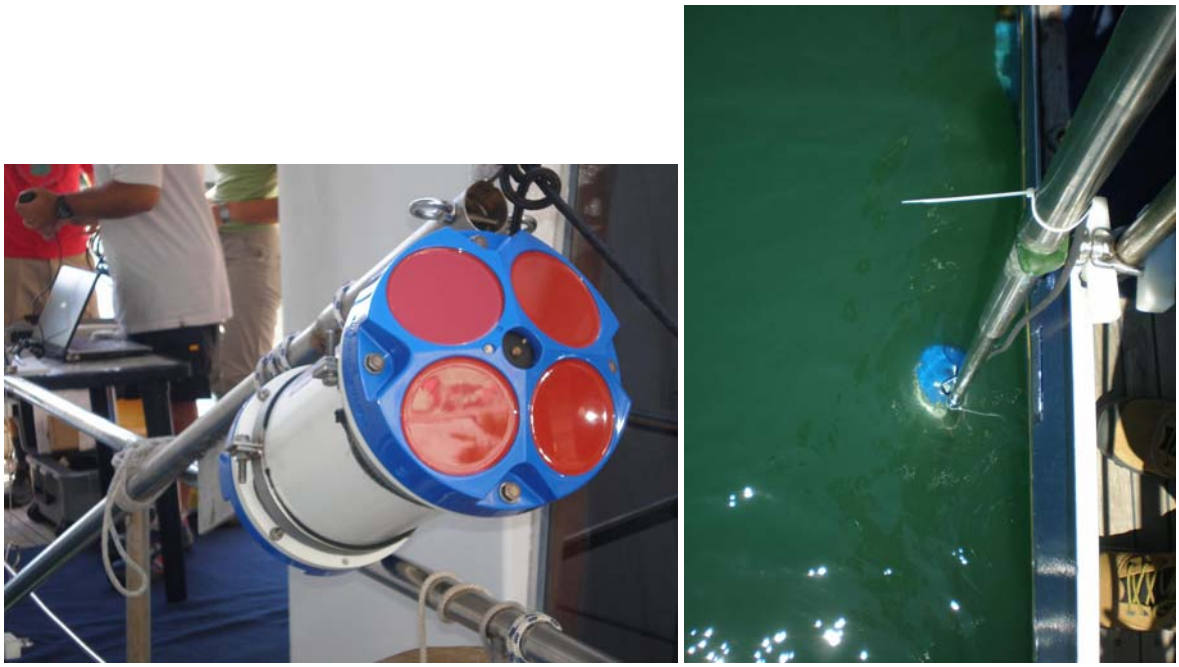


Fig. 2.3.3 – Posizionamento dell’ADCP al palo sull’imbarcazione.

I dati in superficie e sul fondo non possono essere misurati con l’ADCP; in superficie ciò è dovuto al fatto che il trasduttore deve essere immerso di almeno un metro in modo da non subire le turbolenze dovute alla navigazione ed allo strato di formazione di bolle d’aria che inficiano la misure di *backscatter*. Inoltre c’è uno strato detto *blank*, nelle immediate vicinanze del trasduttore, in cui i dati non possono essere ottenuti: questa distanza dipende dal tipo di ADCP utilizzato e va da 0,5 ad 1 metro. Sul fondo, invece, i dati non sono accurati a causa degli echi laterali del

fondo, quindi non possono essere utilizzati per calcolare la concentrazione dei solidi. Nei due strati non misurabili con l'ADCP si devono utilizzare le misure del torbidimetro.

Mediante il sistema utilizzato, i dati misurati dall'ADCP e dal GPS possono essere acquisiti in tempo reale mediante il software VMDAS della RDI Instruments e contemporaneamente visualizzati mediante WINADCP. Questi due software permettono non solo di visualizzare le correnti in tempo reale, ma anche di controllare che tutti i parametri dell'ADCP garantiscano misure valide.

L'elaborazione dei dati è l'ultima fase della stima dei solidi in sospensione: questa provvede alla calibrazione dei dati dell'ADCP mediante l'utilizzo di alcuni dati di calibrazione ottenuti con il CTD, il torbidimetro e i campioni d'acqua. Questa calibrazione è molto complicata, ma può essere automatizzata grazie all'utilizzo del software SEDIVIEW.

Il metodo ed il software Sediview sono stati sviluppati dalla DRL (Dredging Research Ltd) per stimare la concentrazione dei solidi sospesi nella colonna d'acqua usando i dati acustici di backscatter (segnale di ritorno) acquisiti con ADCP. Prima di arrivare al dato assoluto di concentrazione di solido sospeso, partendo dai dati grezzi registrati dall'ADCP, l'utente deve modificare alcune variabili che hanno lo scopo di calibrare le concentrazioni rilevate dall'ADCP rendendole pari o comunque prossime a quelle ottenute, in sincronia spazio-temporale con le misure del torbidimetro. La calibrazione può essere fatta anche direttamente con le analisi dei solidi sospesi sui campioni d'acqua, ma in questo caso sono necessari numerosi campioni di acqua.

La funzione principale del Sediview è processare i dati binari ottenuti usando un ADCP a banda larga Workhorse della RDI. Oltre ai files binari, utilizza anche i vari dati che servono per calibrare la risposta dell'ADCP, come:

- profili di temperatura e salinità nella colonna d'acqua;
- fattore di scala e offset per ognuno dei quattro trasduttori, in modo da permettere la conversione dei dati da conteggi dello strumento in decibel;
- le costanti di calibrazione ed il coefficiente di attenuazione dei sedimenti.

Utilizzando i dati di temperatura, salinità e profondità, il Sediview elabora un profilo dei parametri del sito dove sono state fatte le misure; i parametri che sono calcolati sono densità dell'acqua, viscosità cinematica, salinità e temperatura. Questi dati sono usati per determinare la velocità del suono attraverso la colonna d'acqua e, da questa, trovare la profondità, il range e la lunghezza delle celle di misura dell'ADCP. Il Sediview calcola il coefficiente di attenuazione dell'acqua e corregge il coefficiente

di attenuazione del sedimento per ogni cella rispondendo alle variazioni della densità dell'acqua e della viscosità cinematica. Così facendo, calcola l'andamento della concentrazione dei solidi in sospensione, il quale deve essere corretto con un offset ottenuto grazie alle misure *in situ* di calibrazione effettuate con il torbidimetro ed i campioni d'acqua (Fig. 2.3.4, campagna giugno 2008, e Fig. 2.3.5, campagna ottobre 2008)

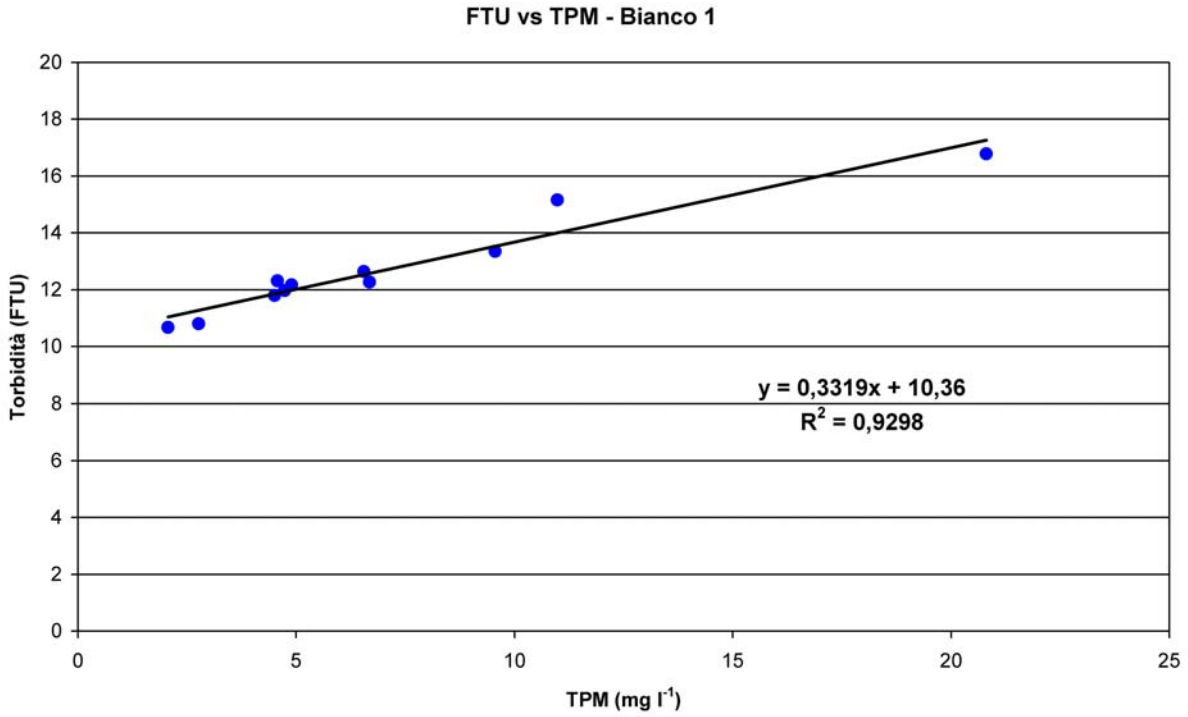


Fig. 2.3.4 - Retta di taratura del torbidimetro (Bianco 1)

Il Sediview facilita questa correzione non solo grazie alla visualizzazione dei dati ADCP e di quelli del torbidimetro sovrapposti in un unico grafico, ma anche grazie alla possibilità di variare le costanti di calibrazione finché non si raggiunge l'offset corretto.

I dati sono stati misurati con un ADCP RDI con frequenza 600 kHz e con un GPS, sono stati acquisiti in tempo reale mediante il software VMDAS della RDI Instruments e contemporaneamente visualizzati mediante WINADCP. I dati di torbidità validati, sono stati messi in relazione con quelli misurati dall'ADCP in modo tale da correggere il coefficiente di attenuazione del sedimento nel software Sediview ed avere una distribuzione corretta della concentrazione lungo tutta la colonna d'acqua.

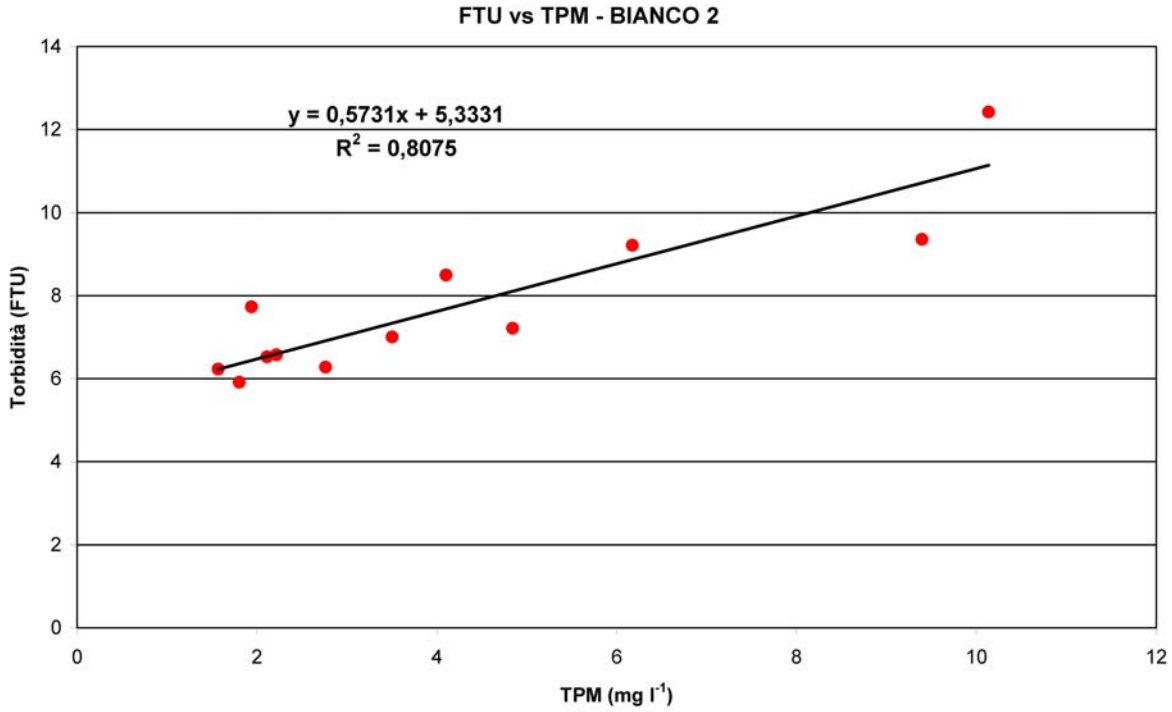


Fig. 2.3.5 - Retta di taratura del torbidimetro (Bianco 2)

2.4 Misure di Torbidità

Le concentrazioni di materiale sospeso sono state determinate utilizzando un sensore di torbidità montato su una sonda multiparametrica. Al fine di calibrare i valori misurati con questa, espressi in FTU, i valori validati di concentrazione di materiale particellato (mgl^{-1}) ottenuti in laboratorio sono stati plottati insieme ai valori di torbidità (FTU) misurati negli stessi punti. Si sono ottenute così, per entrambe le campagne di Bianco, le curve di taratura che hanno permesso di ottenere le concentrazioni reali di TPM in mgl^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua (Figg. 2.3.4 e 2.3.5).

3. ATTIVITA' IN MARE

Le attività in mare sono state portate avanti da un secondo Gruppo di Lavoro e verranno discusse e riportate in una differente relazione, oggetto di una seconda Convenzione tra DIP.TE.RIS. ed Autorità Portuale.

4. RISULTATI

I valori di torbidità registrati nella prima campagna di Bianco (giugno 2008) mettono in evidenza una sostanziale omogeneità dei valori (compresi tra 10 e 15 FTU) fatta eccezione per le stazioni 8 e 9 (e 9A, replica della 9), posizionate in prossimità dell'ingresso di ponente del Porto e nel canale di calma dell'aeroporto; qui i profili della torbidità mostrano per la stazione 8 uno strato torbido di fondo (a partire da -8 m), mentre la stazione 9 mostra uno strato torbido intermedio (intorno a -4 m) ed uno di fondo (da -8 m) (Allegato 1A).

I valori di torbidità della seconda campagna (ottobre 2008) evidenziano valori inferiori a quelli della campagna precedente, <10 FTU (Allegato 1B).

La distribuzione orizzontale dei valori di torbidità evidenzia per i campioni superficiali una maggiore concentrazione nella zona della Darsena, mentre per i campioni di fondo è maggiore nella zona della Foce del Polcevera (come evidenziato anche dal profilo verticale della torbidità lungo il Canale della Diga Foranea) (Allegato 1C).

L'analisi dei dati di corrente ottenuti dalle 2 campagne oceanografiche della fase "Bianco" (riferiti a direzione, intensità e verso) ci hanno permesso di confermare quanto in parte già evidenziato dalle 5 campagne della fase "Prebianco", arrivando, come vedremo in seguito, alla determinazione dei valori di attenzione e limite relativamente a questo parametro (Allegati 2A e 2B).

I dati ricavati dalle analisi dimensionali effettuate con il Coulter Counter ha evidenziato per entrambe le campagne oceanografiche spettri dimensionali bimodali relativamente simili con un picco (più o meno marcato) intorno a 10 μm ed uno compreso tra i 45 ed i 65 μm, ad indicare una continua omogeneità dimensionale non legata alla stagionalità dei campionamenti (Allegati 3A e 3B).

5. CONCLUSIONI

I dati registrati durante 9 campagne oceanografiche effettuate nell'ambito portuale e nelle zone immediatamente circostanti dal 14.02 fino al 24.10 2008 (5 nella Fase "Prebianco" e 2 da 2 giorni ciascuna nella Fase "Bianco) ci hanno permesso di tarare il sistema e di fornire i valori limite da monitorare durante le varie fasi del dragaggio.

Per la misura della corrente più che di un valore limite si tratta di un valore soglia di attenzione della velocità della corrente, che potrà essere letta dai correntometri verticali ed orizzontali posizionati alle entrate di levante e ponente; questo valore soglia risulta di 20 cm s^{-1} per la imboccatura di levante con corrente uscente dal porto (e quindi con direzione Est o Sud-Est) e di 40 cm s^{-1} alla imboccatura di ponente con direzione di corrente "levante". Il superamento di questi valori soglia può diventare importante quando i valori di torbidità registrati si avvicinano al valore di attenzione che è di 15 FTU.

Il valore limite per la torbidità risulterà raggiunto quando i valori supereranno i 20 FTU, persistendo per più di 15 minuti, mostrando una evoluzione del dato in crescita.

In caso di superamento del limite soglia di velocità di corrente o di superamento del limite di attenzione della torbidità (15 FTU) il sistema di comunicazione delle stazioni automatiche allerterà il centro di controllo attivo presso il DIP.TE.RIS.; i ricercatori del Dipartimento seguiranno l'evoluzione della situazione in continuo e, nel caso in cui gli strumenti delle stazioni fisse dovessero registrare valori superiori al valore limite di torbidità (con le specifiche sopra riportate) sarà avvisato il responsabile dell'Autorità Portuale preposto al controllo delle operazioni di dragaggio.

Le caratteristiche di formazione e sedimentazione della torbida misurate durante l'esperimento "Grima" (si veda nostra Relazione "Prebianco" a Vostre mani) ci hanno indotto a valutare un ripristino delle condizioni iniziali di torbidità con una interruzione di 1 ora delle attività ogni 2 ore.

Ove il dragaggio fosse continuo o più intensivo rispetto al quadro prospettato ci aspettiamo una torbidità maggiore alle due imboccature; pertanto, durante la prima settimana di dragaggio, verranno effettuate misure per controllare lo scenario reale, l'effettiva utilità dei valori proposti e eventuali mitigazioni da mettere in opera.

BIBLIOGRAFIA

Coulter® Electronics Ltd. (1998). Fine Particle Application for Coulter Multisizer II. Reference Manual for Coulter® Counter Instruments. Issue. Luton, England.

Gartner J.W. (2004). Estimating suspended solids concentrations from backscatter intensity measured by acoustic Doppler current profiler in San Francisco Bay, California. *Marine Geology*, 211, pp. 169-187.

Krank K. (1980). Variability of particulate matter in a small coastal inlet. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 37, 1209-1215.

Piccazzo M. & Tucci S. (1983). "Distribuzione e trasporto di materiale particolato sospeso nei canyons di Genova". *Atti 5° Congr. Ass. It. Oceanol. Limnol*., Stresa (1982), pp 675-690.

Pierce J.W., Tucci S. & Fierro G. (1981). "Assessing variation in suspensates, Ligurian Sea (Northwestern Mediterranean)". *Geo-Marine Letters,* pp. 149 – 154.

RD Instruments, 1996, Principles of operation: A practical primer: 158 p.

Strikland J.D.H. & Parson T.R. (1968). "A practical handbook of seawater analysis." *Bull.Fish.Res.Board of Canada,* pp 167 - 311.

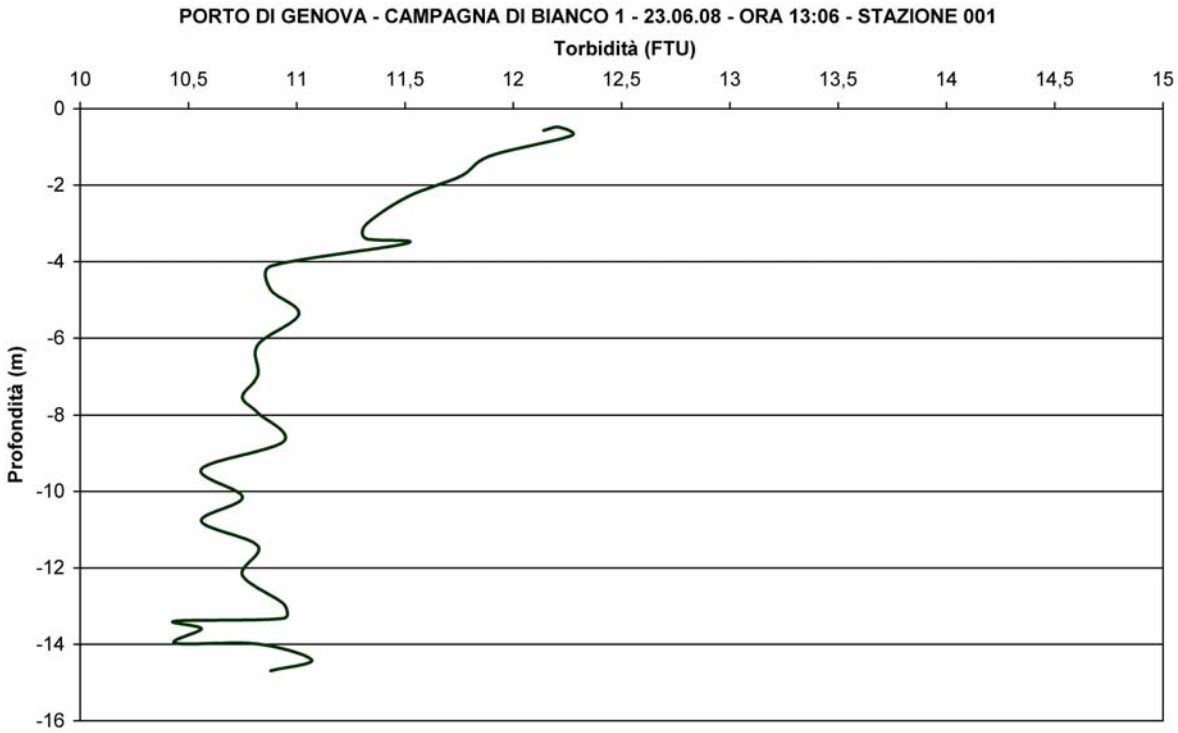
Wall G.R., Nystrom E.A., Litten S., 2006. Use of an ADCP to compute suspended-sediment discharge in the tidal Hudson River, New York: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5055, 16 p.

ALLEGATO 1A

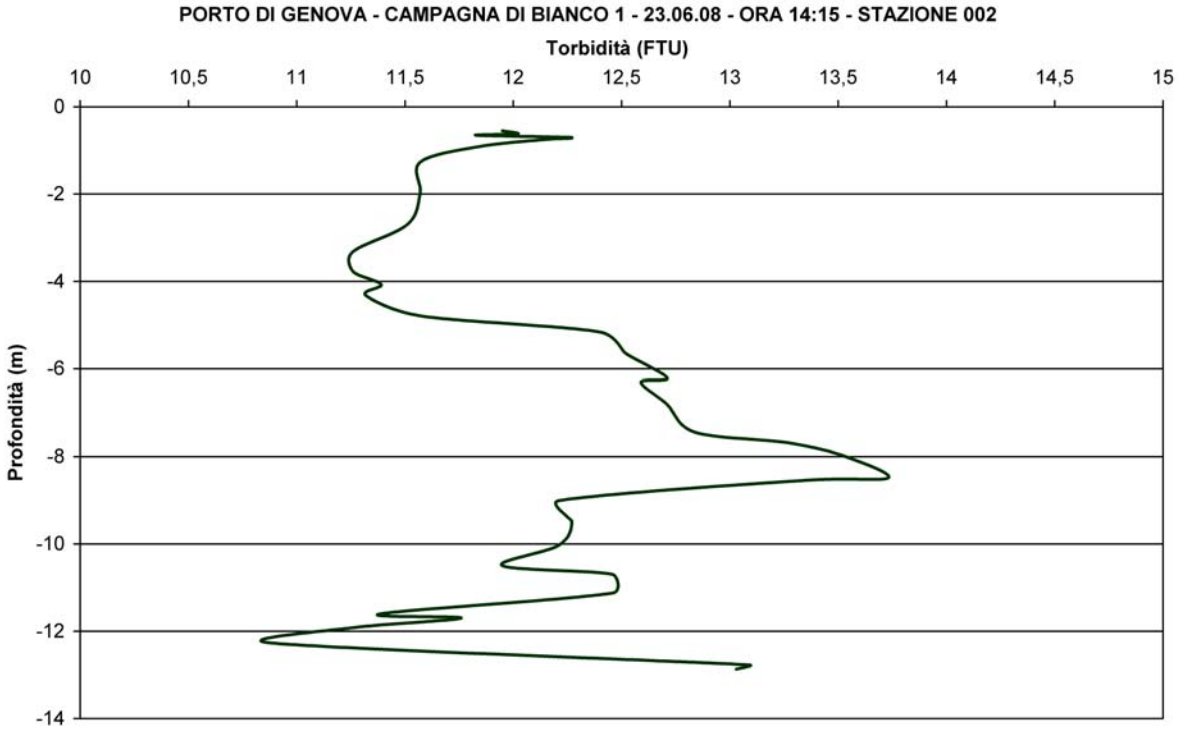
Campagna “giugno 2008”

Profili del sensore di torbidità

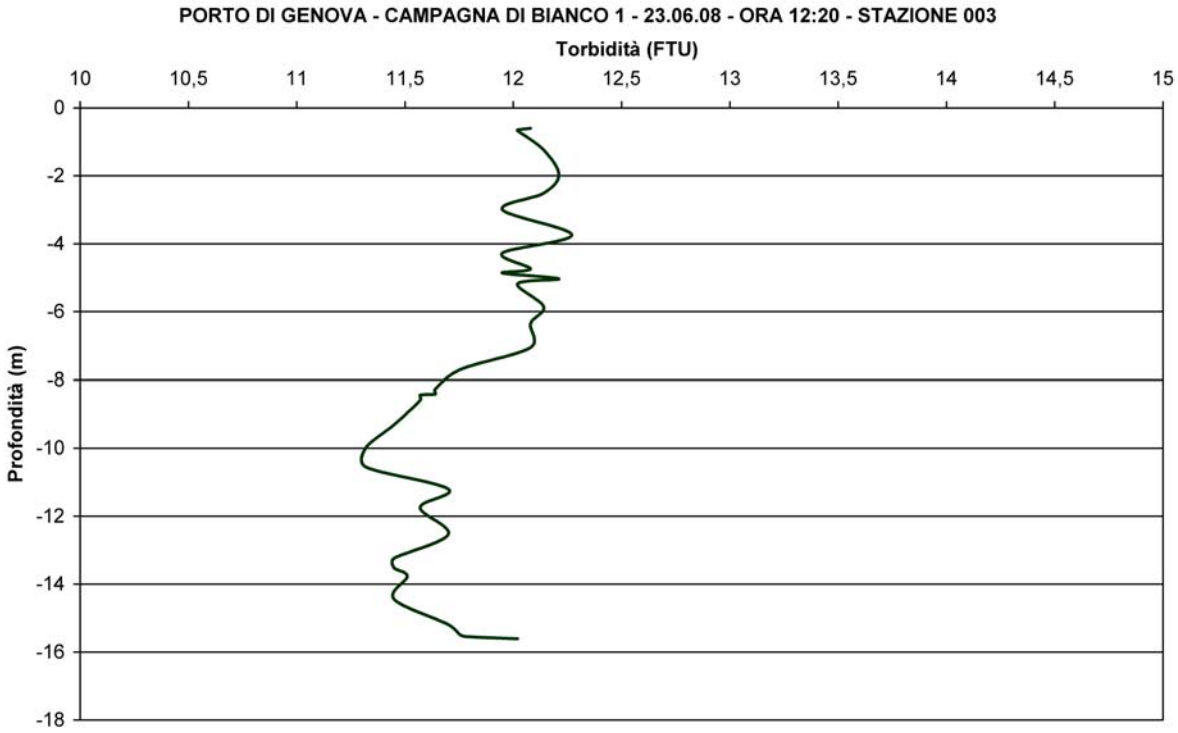
Stazione 1 – Bianco – 23.06.08



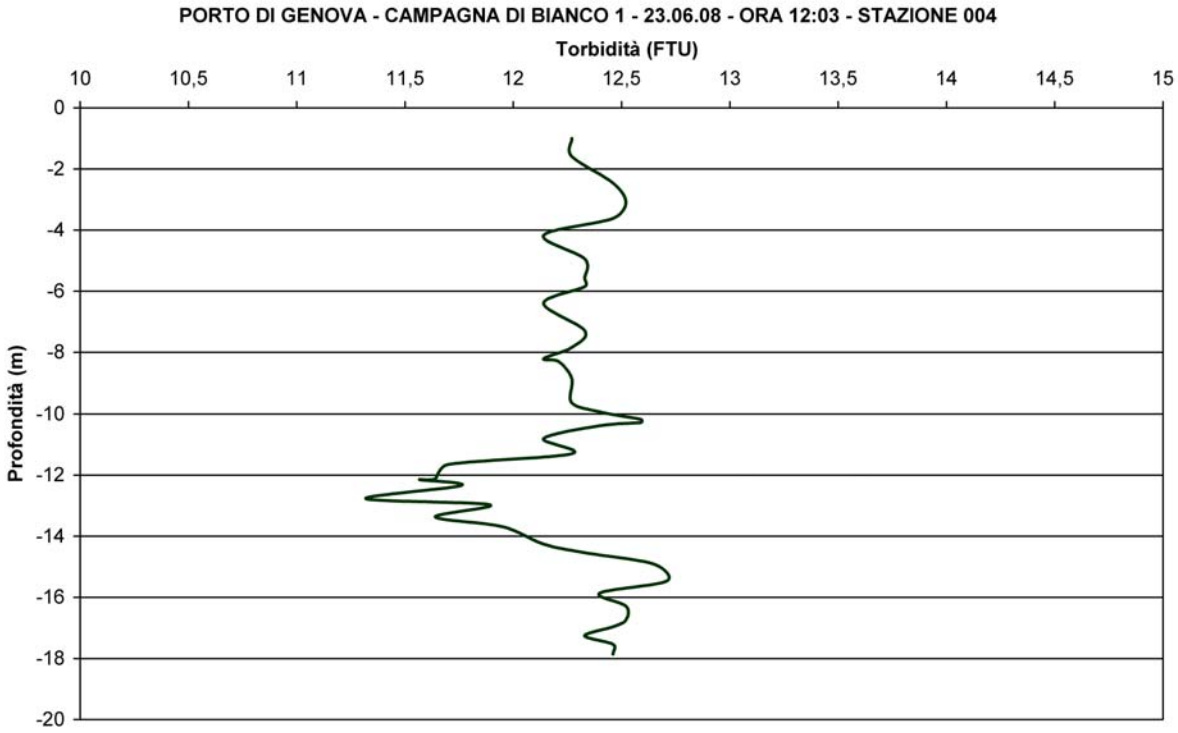
Stazione 2 – Bianco – 23.06.08



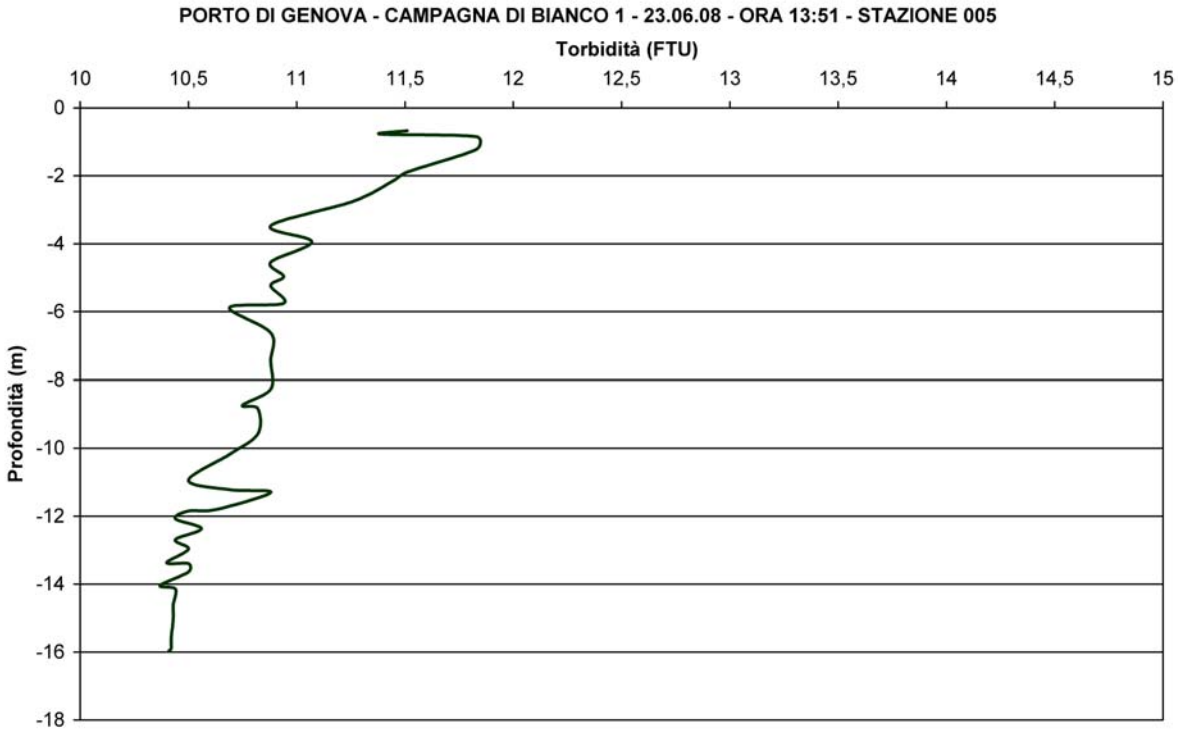
Stazione 3 – Bianco – 23.06.08



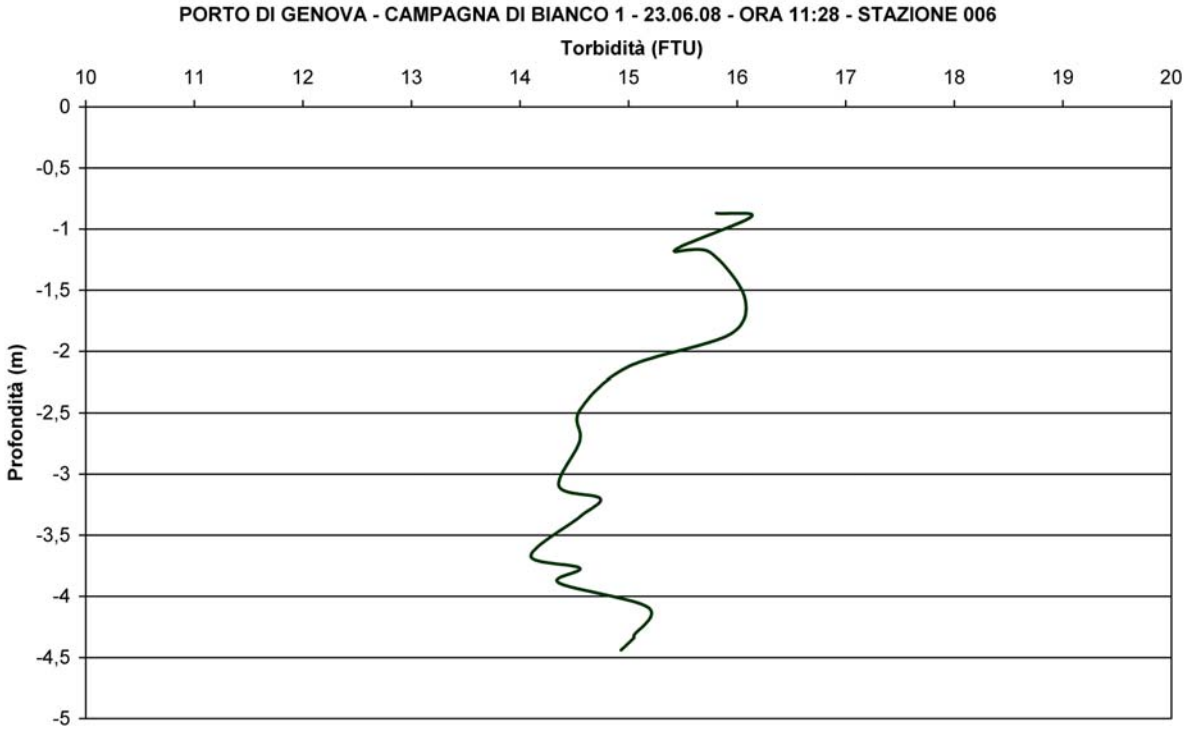
Stazione 4 – Bianco – 23.06.08



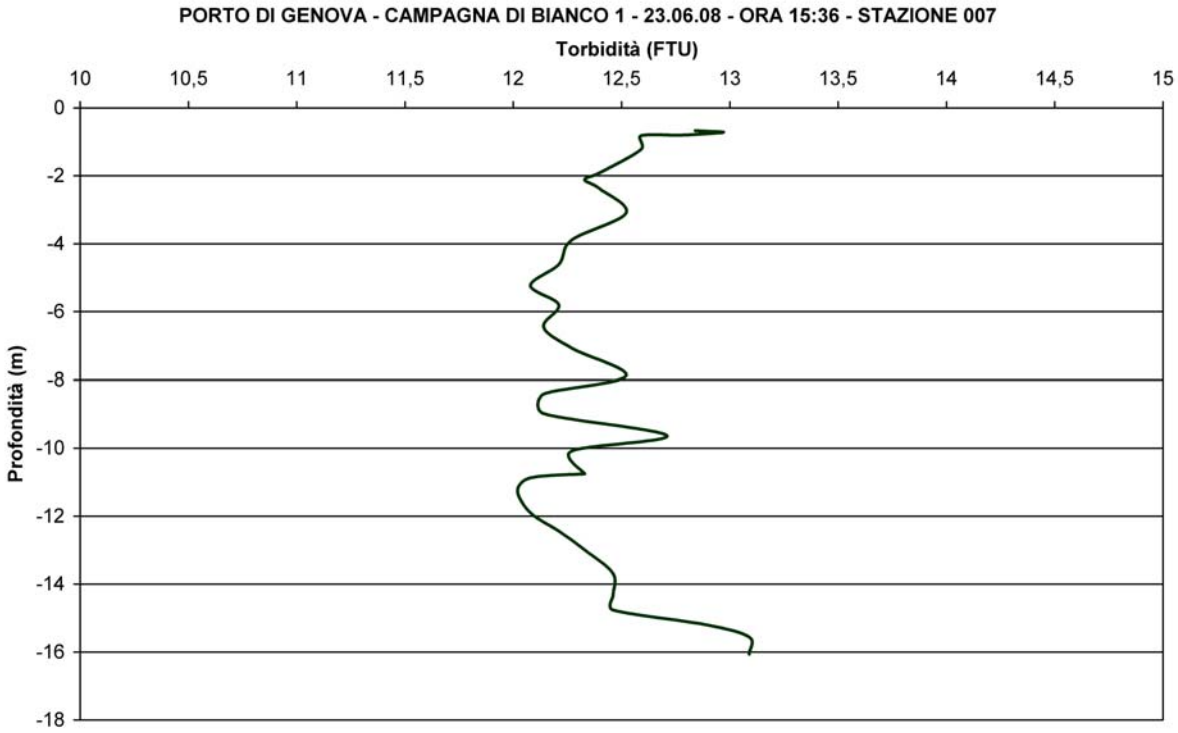
Stazione 5 – Bianco – 23.06.08



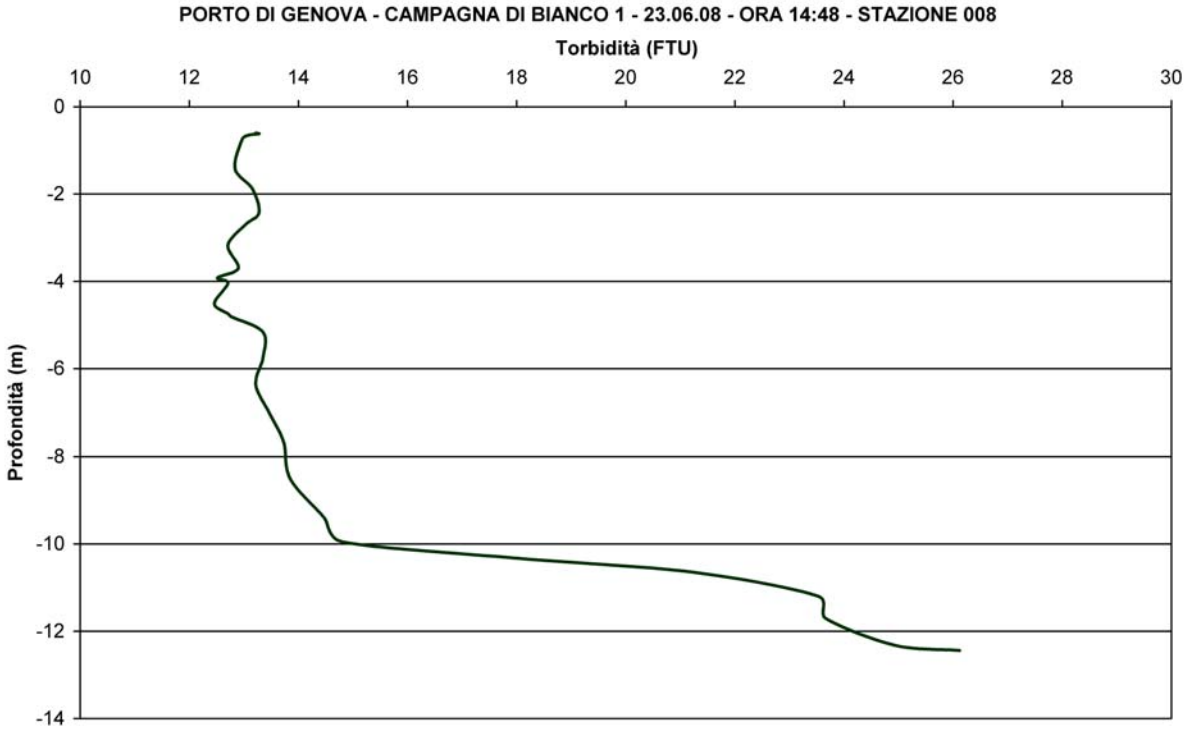
Stazione 6 – Bianco – 23.06.08



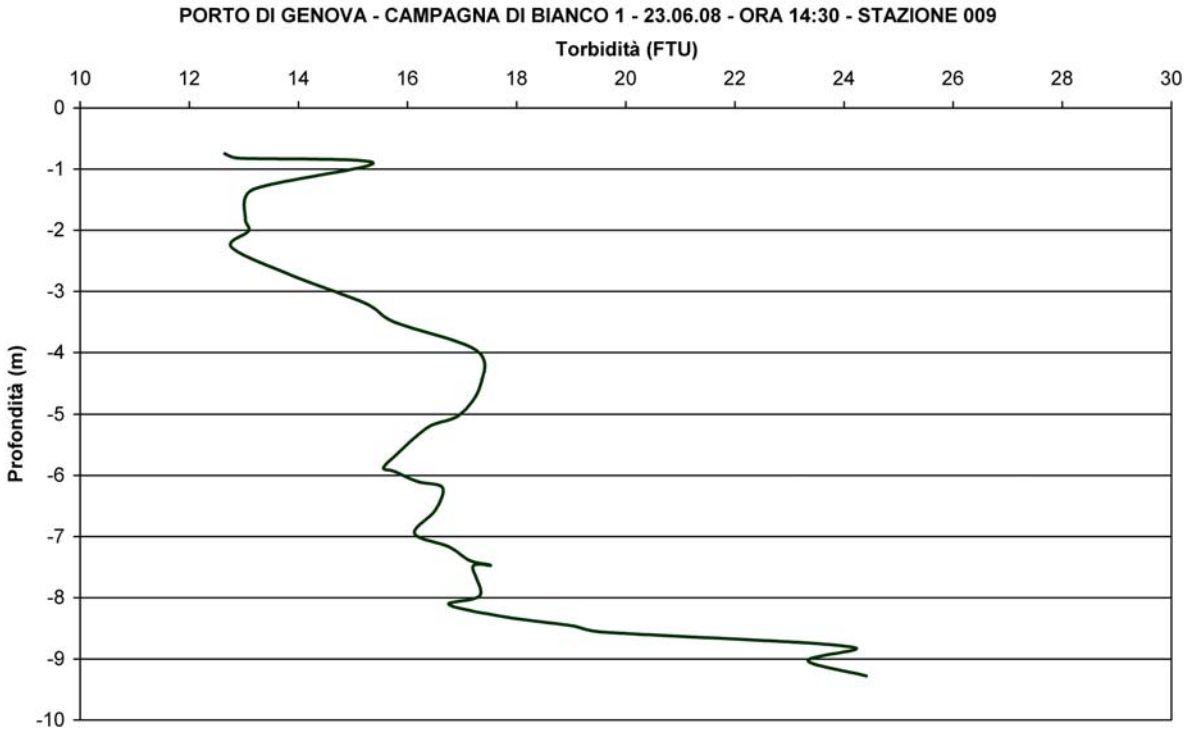
Stazione 7 – Bianco – 23.06.08



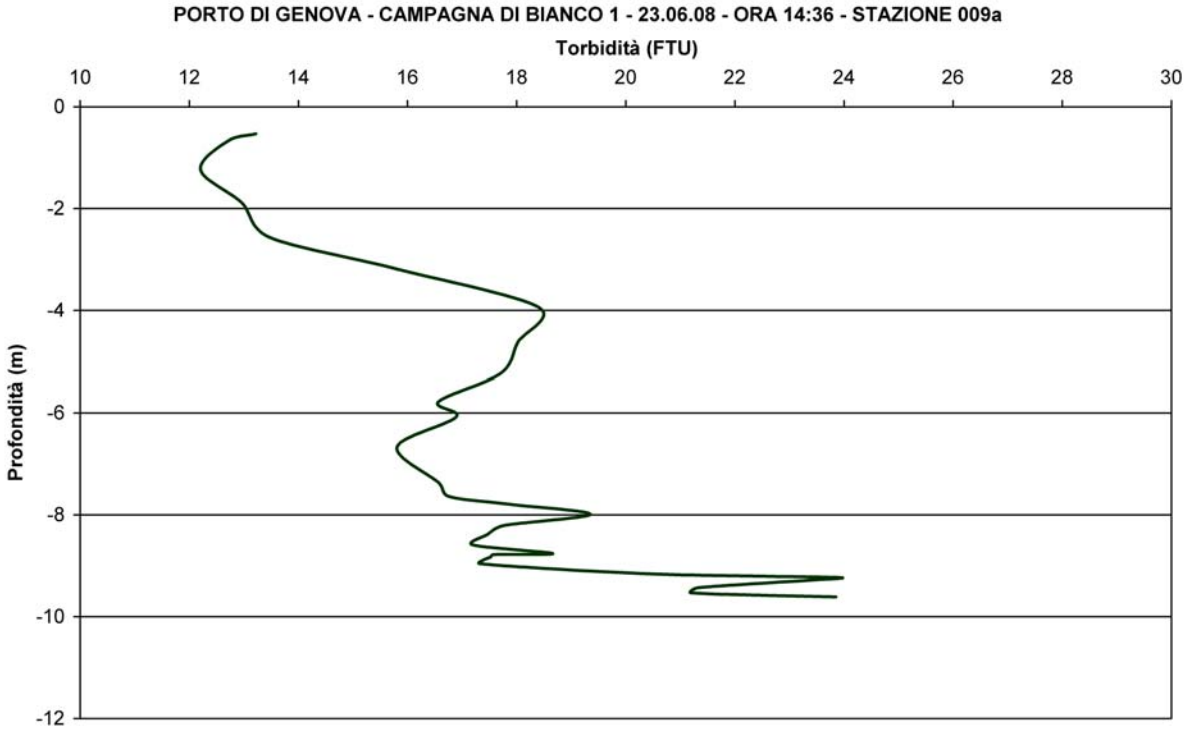
Stazione 8 – Bianco – 23.06.08



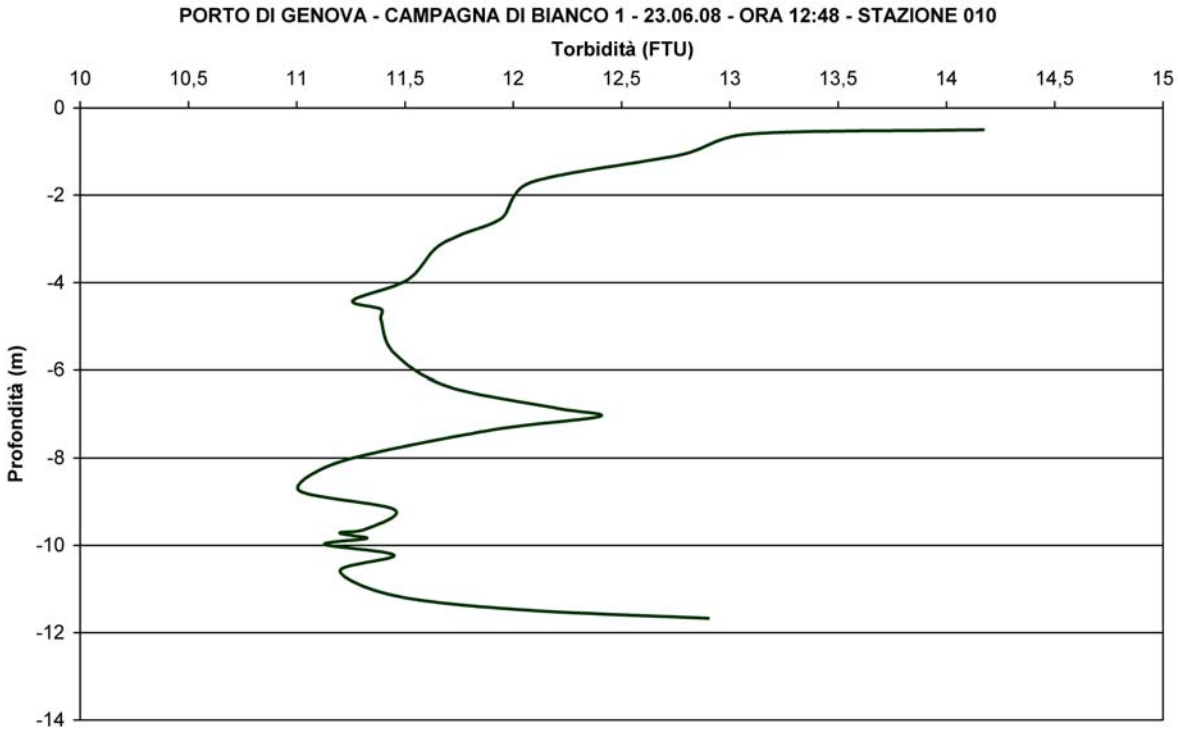
Stazione 9 – Bianco – 23.06.08



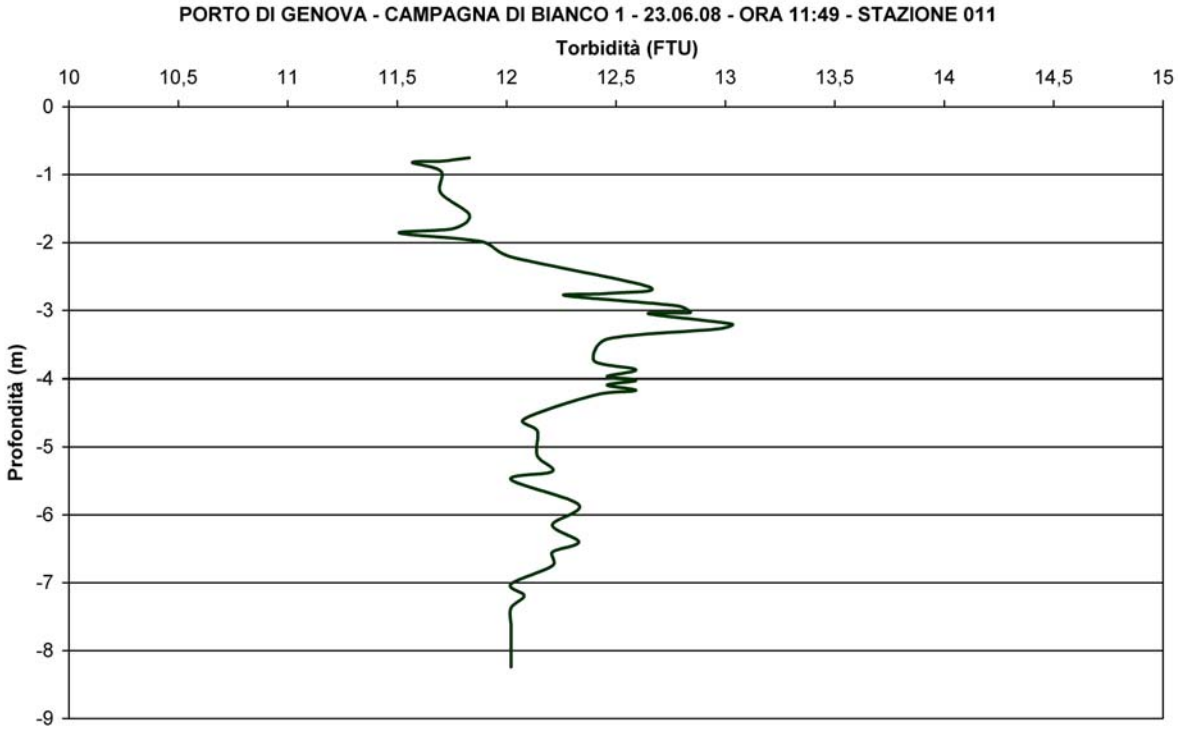
Stazione 9a – Bianco – 23.06.08



Stazione 10 – Bianco – 23.06.08



Stazione 11 – Bianco – 23.06.08

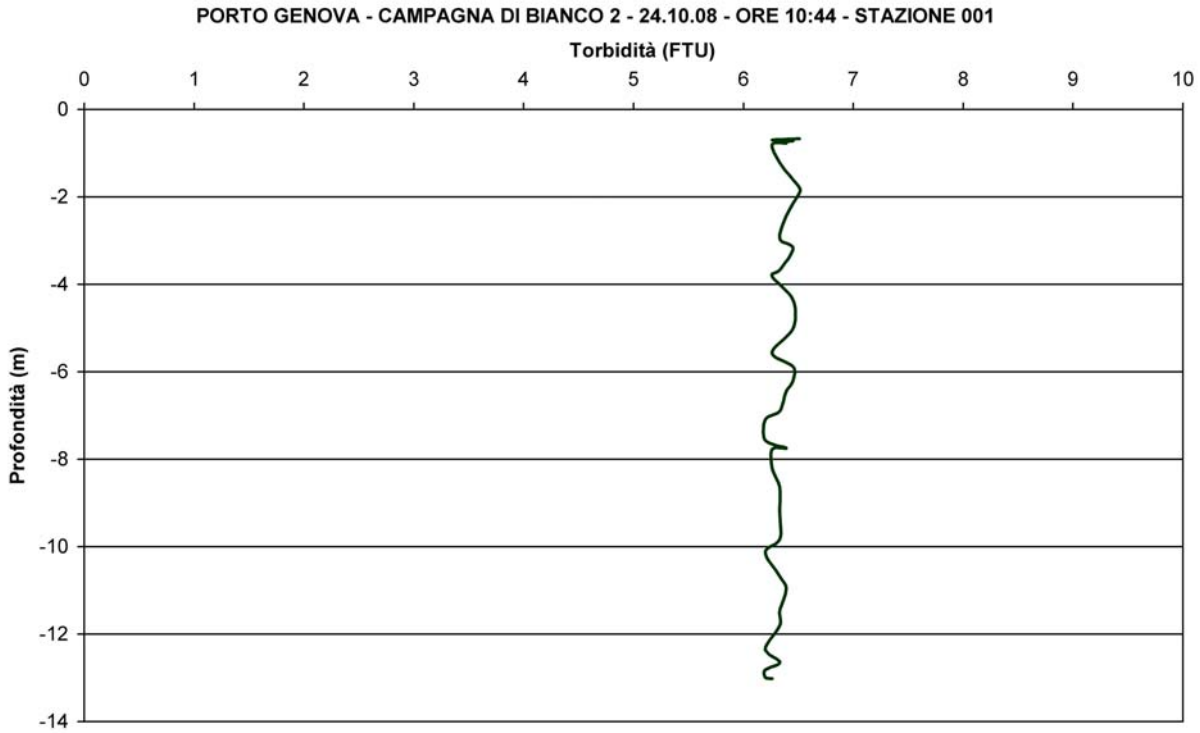


ALLEGATO 1B

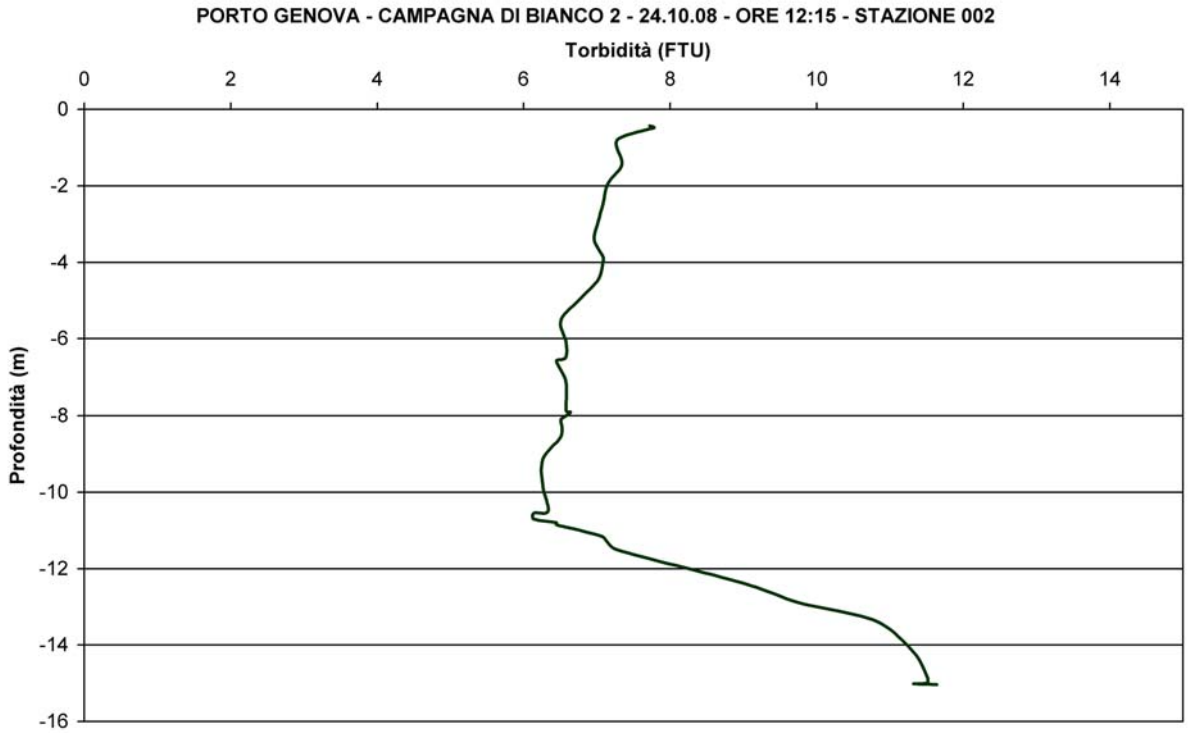
Campagna “ottobre 2008”

Profili del sensore di torbidità

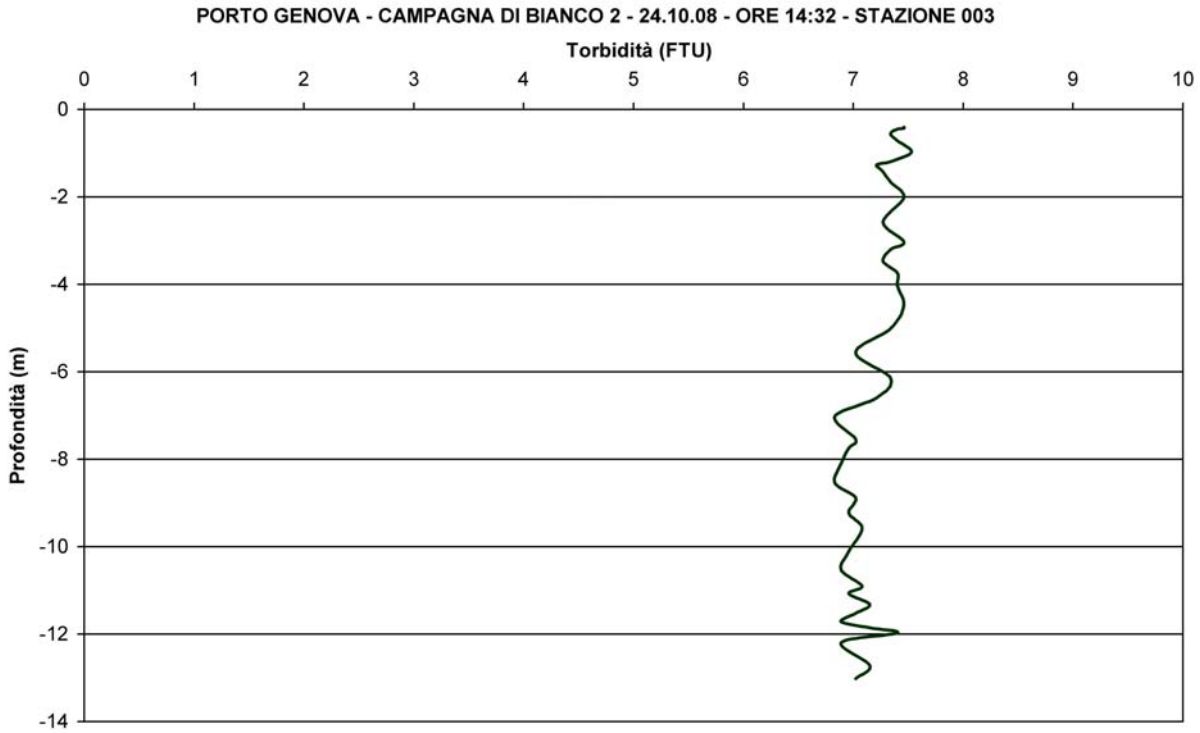
Stazione 1 – Bianco – 24.10.08



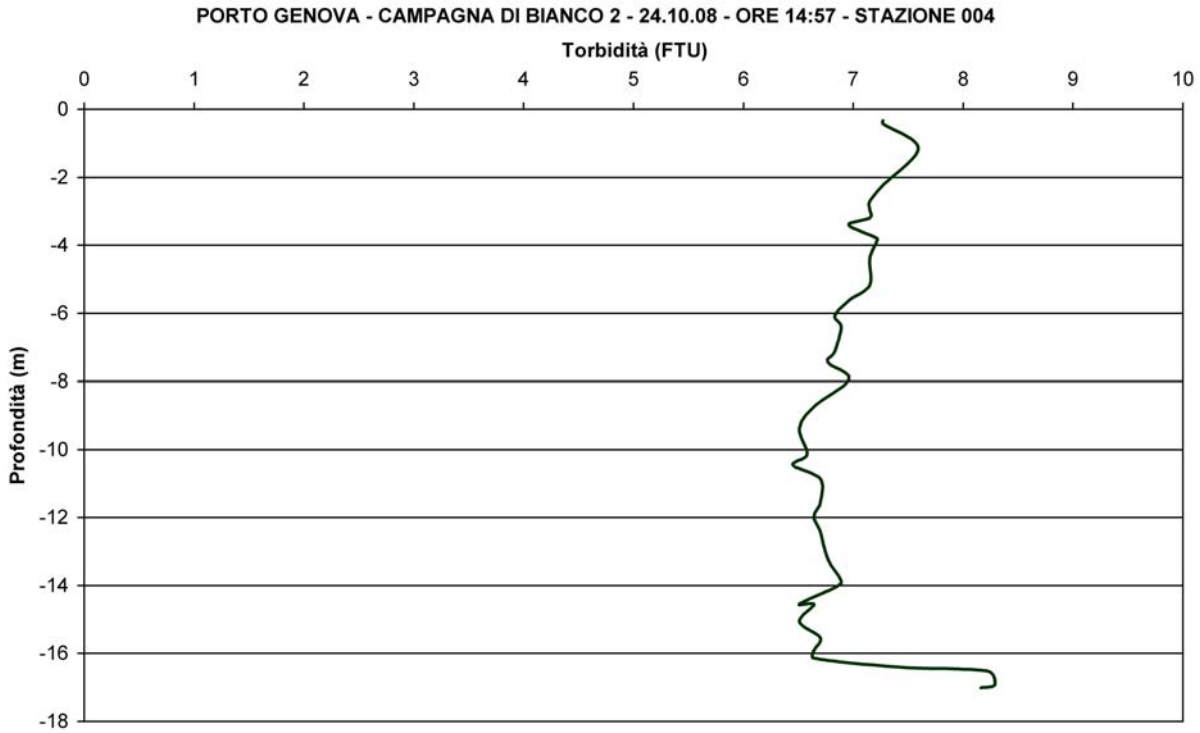
Stazione 2 – Bianco – 24.10.08



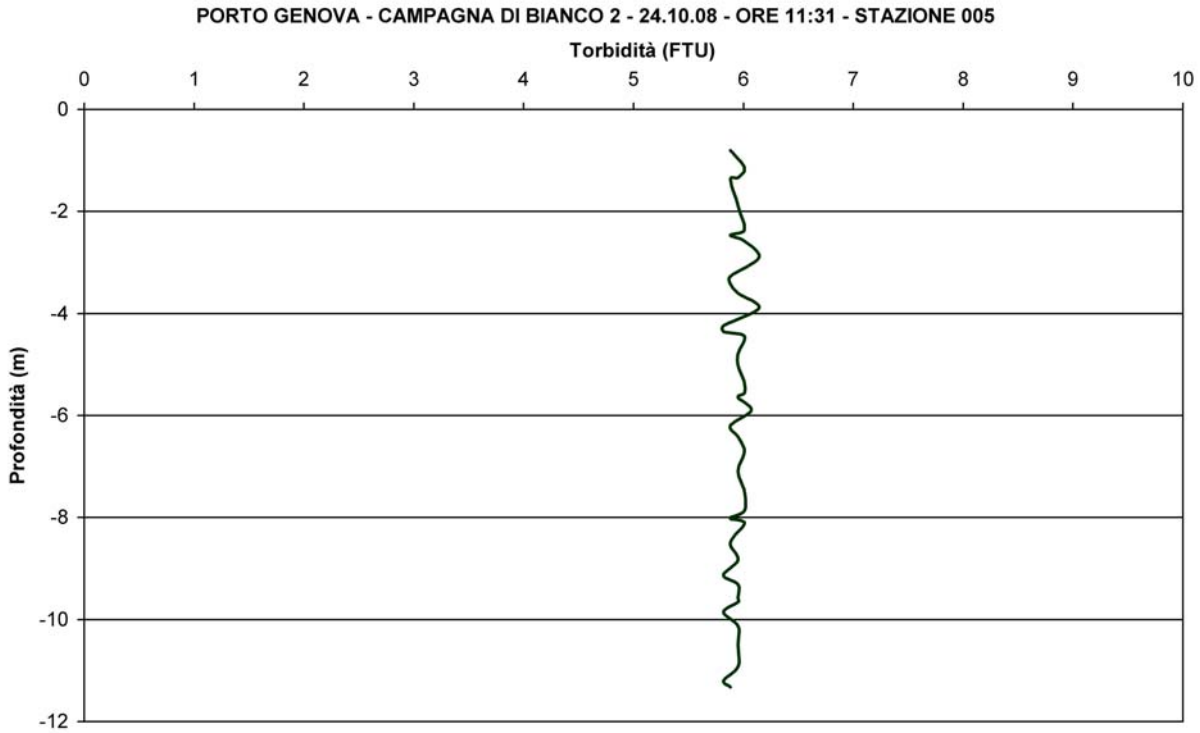
Stazione 3 – Bianco – 24.10.08



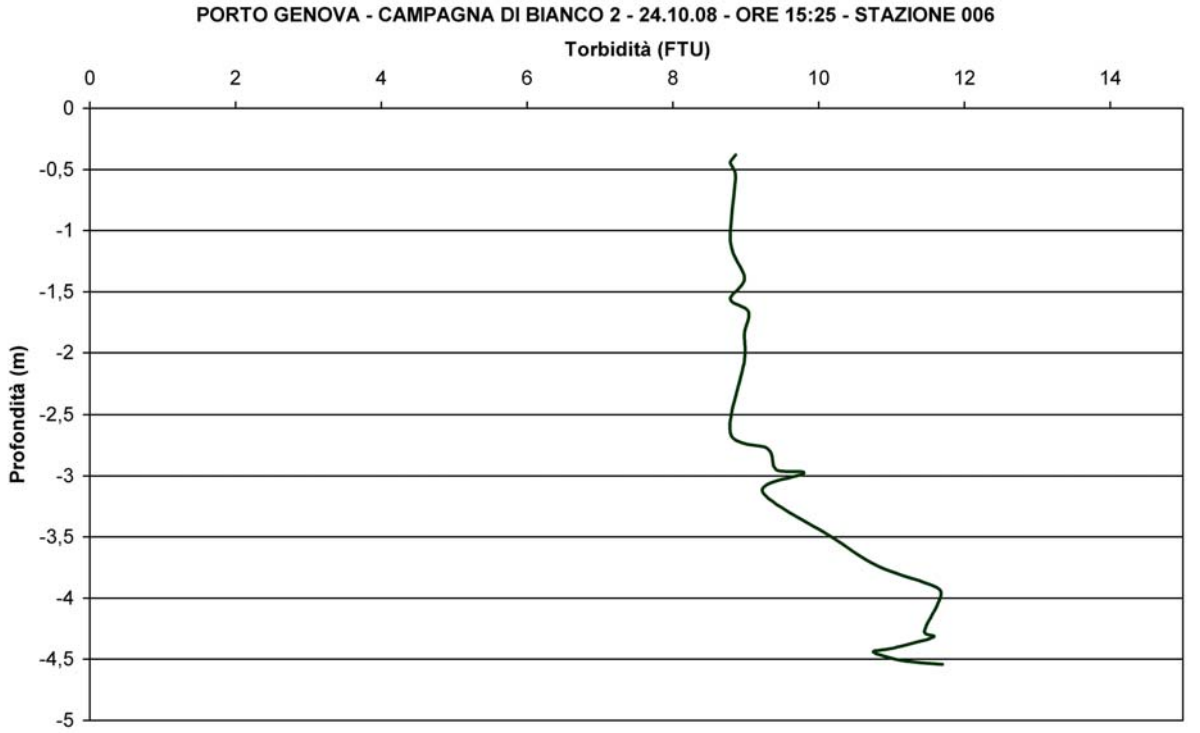
Stazione 4 – Bianco – 24.10.08



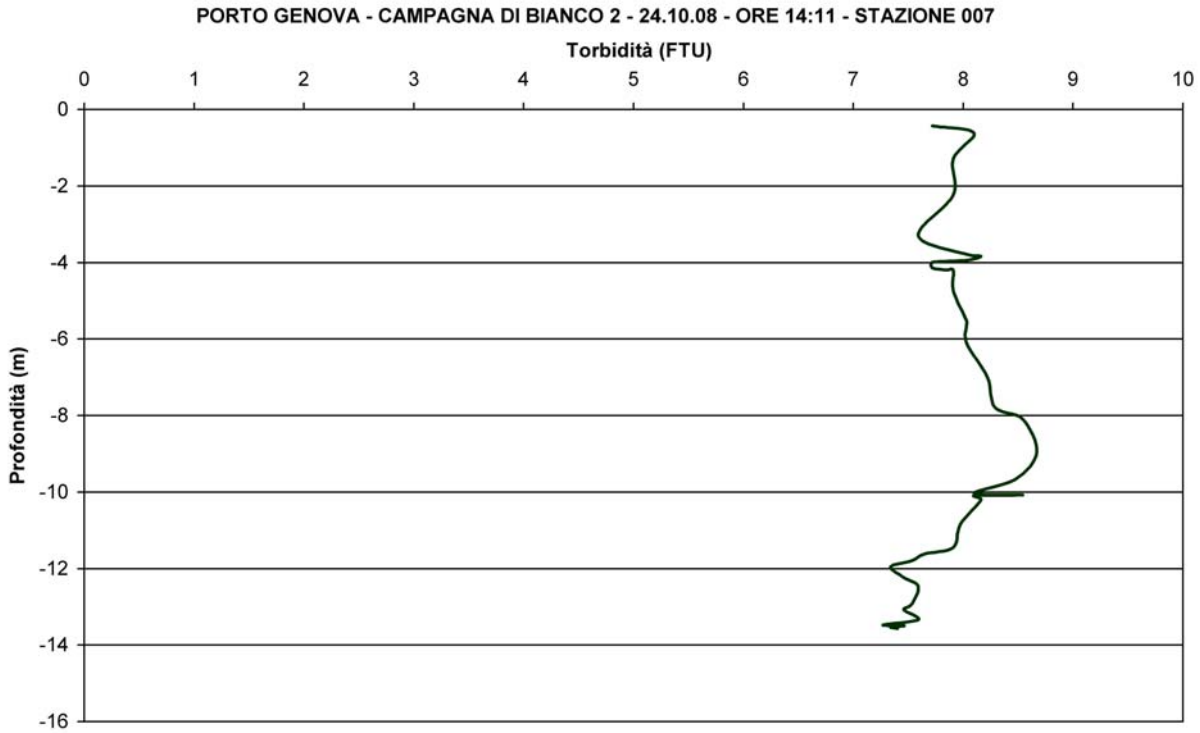
Stazione 5 – Bianco – 24.10.08



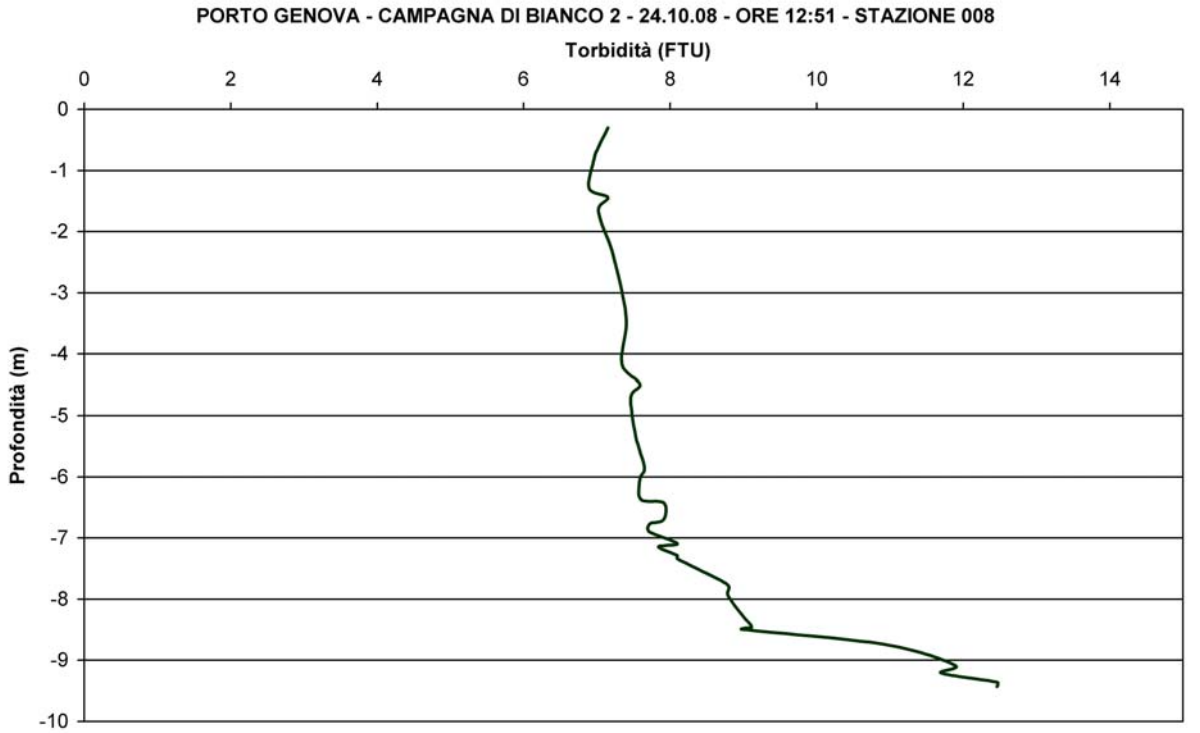
Stazione 6 – Bianco – 24.10.08



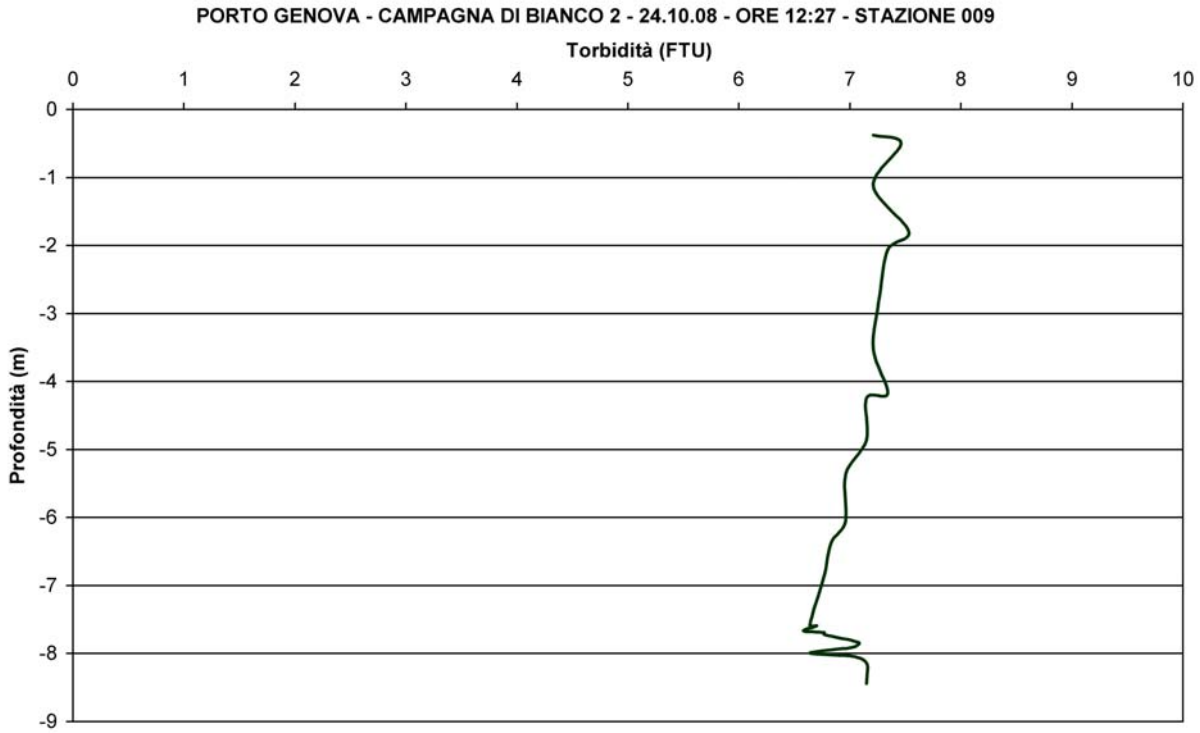
Stazione 7 – Bianco – 24.10.08



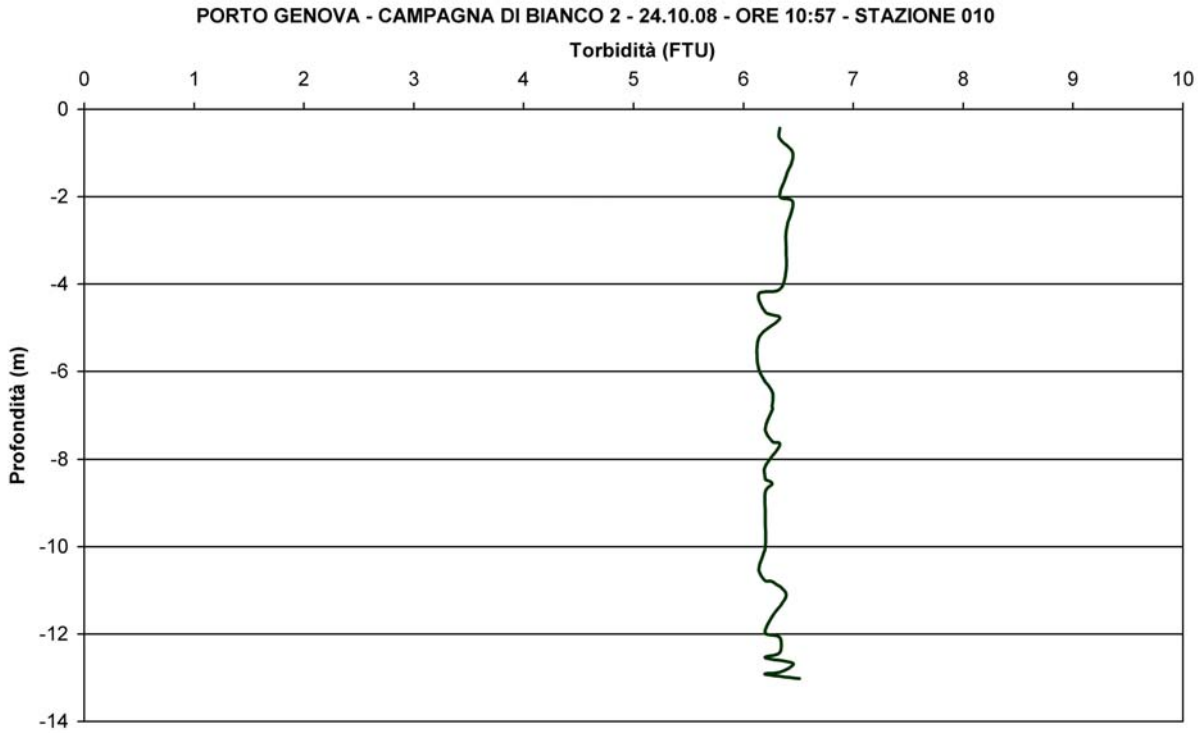
Stazione 8 – Bianco – 24.10.08



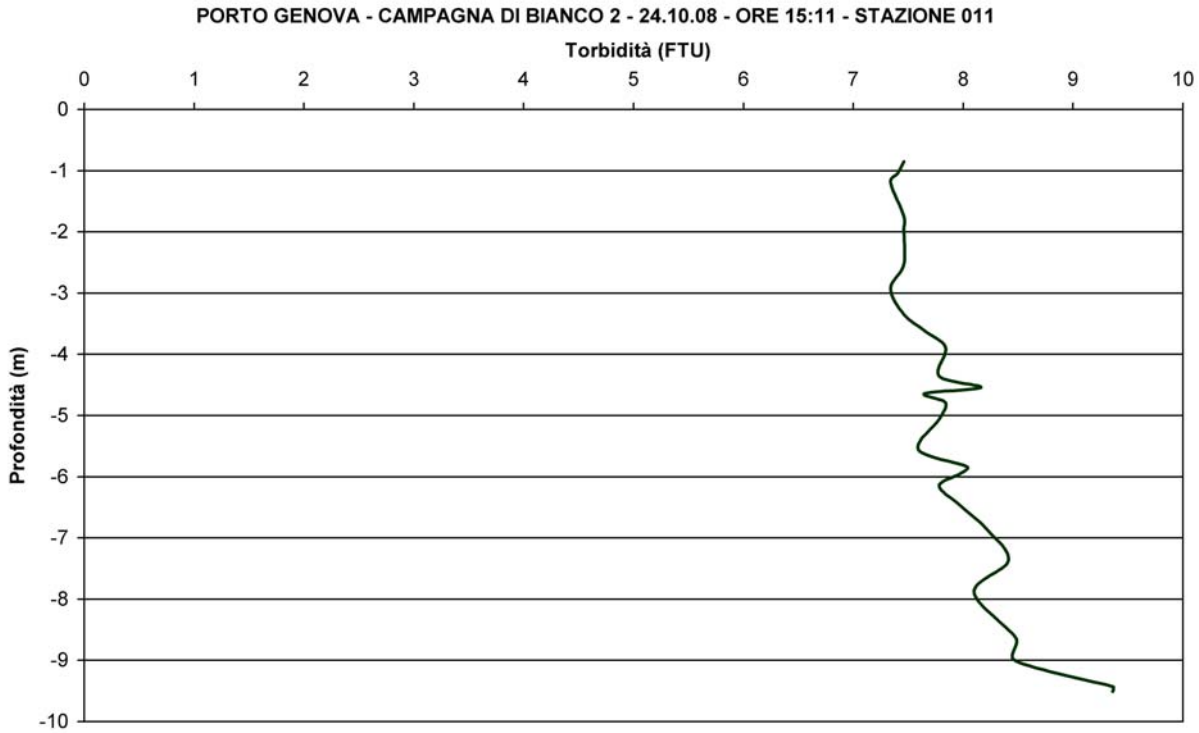
Stazione 9 – Bianco – 24.10.08



Stazione 10 – Bianco – 24.10.08



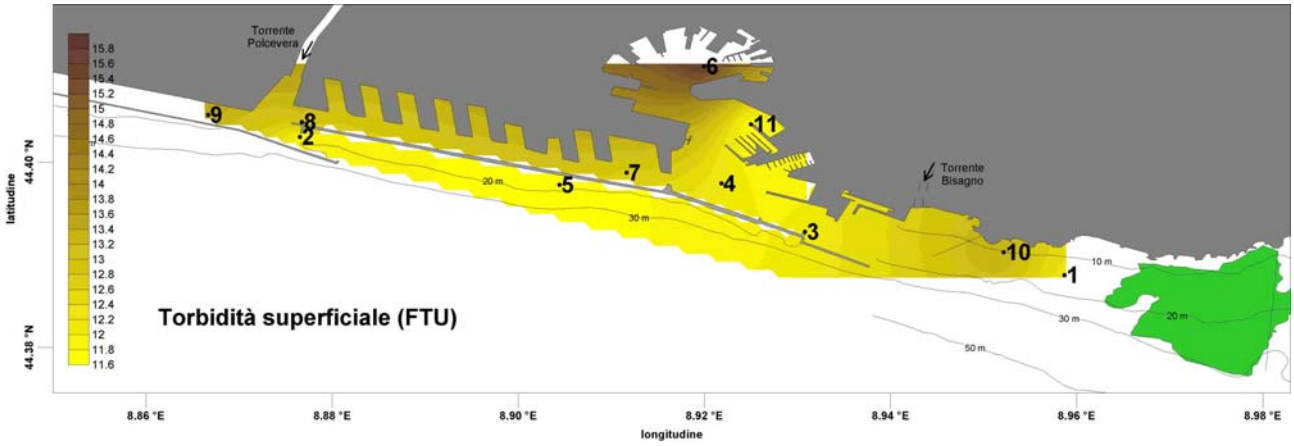
Stazione 11 – Bianco – 24.10.08



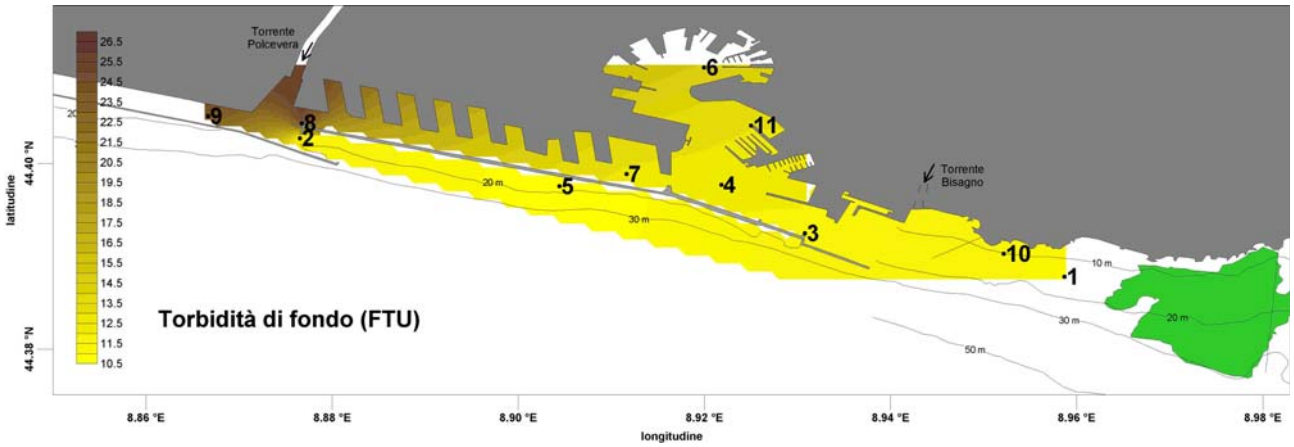
ALLEGATO 1C

Campagna “giugno e ottobre 2008”

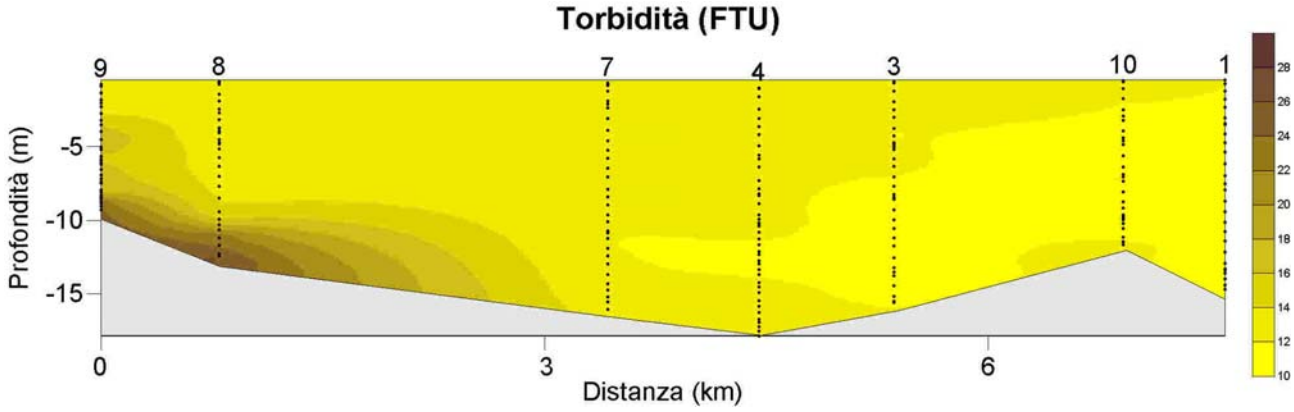
Distribuzioni orizzontali e Profili verticali del valori di torbidità



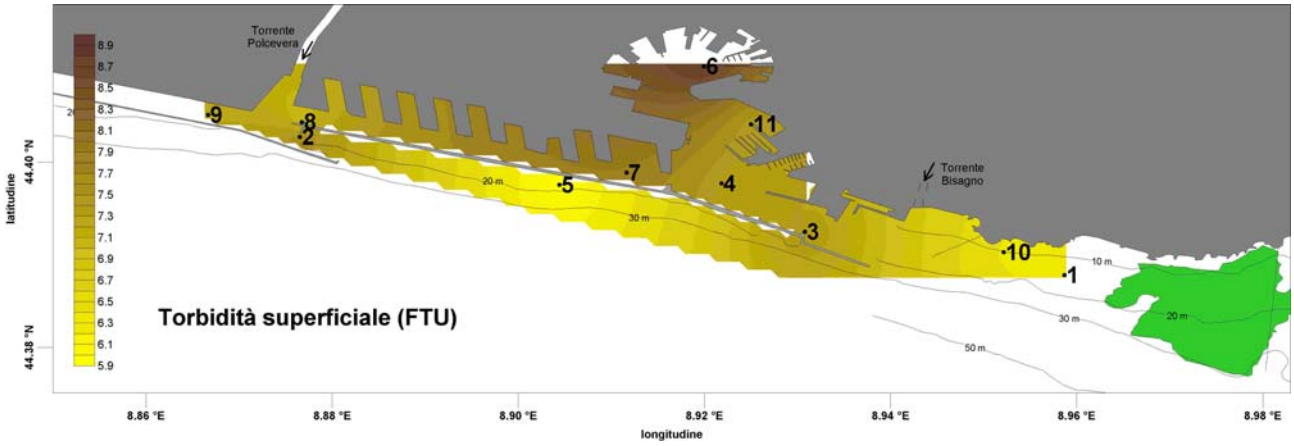
Distribuzione orizzontale della torbidità superficiale (espressa in FTU).



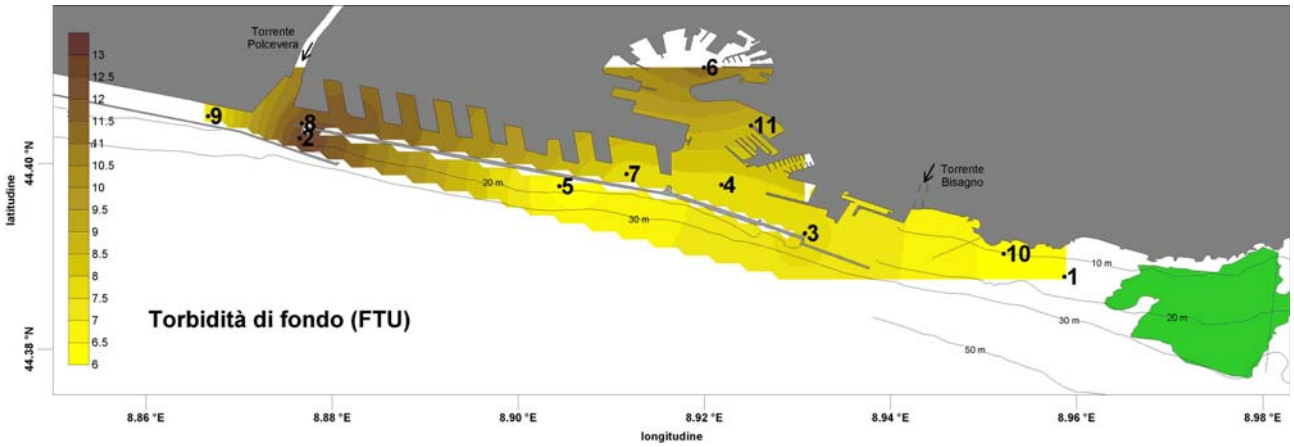
Distribuzione orizzontale della torbidità di fondo (espressa in FTU).



Profilo verticale della torbidità lungo il canale della Diga foranea (espressa in FTU); è evidente la plume della Foce del Polcevera.



Distribuzione orizzontale della torbidità superficiale (espressa in FTU).



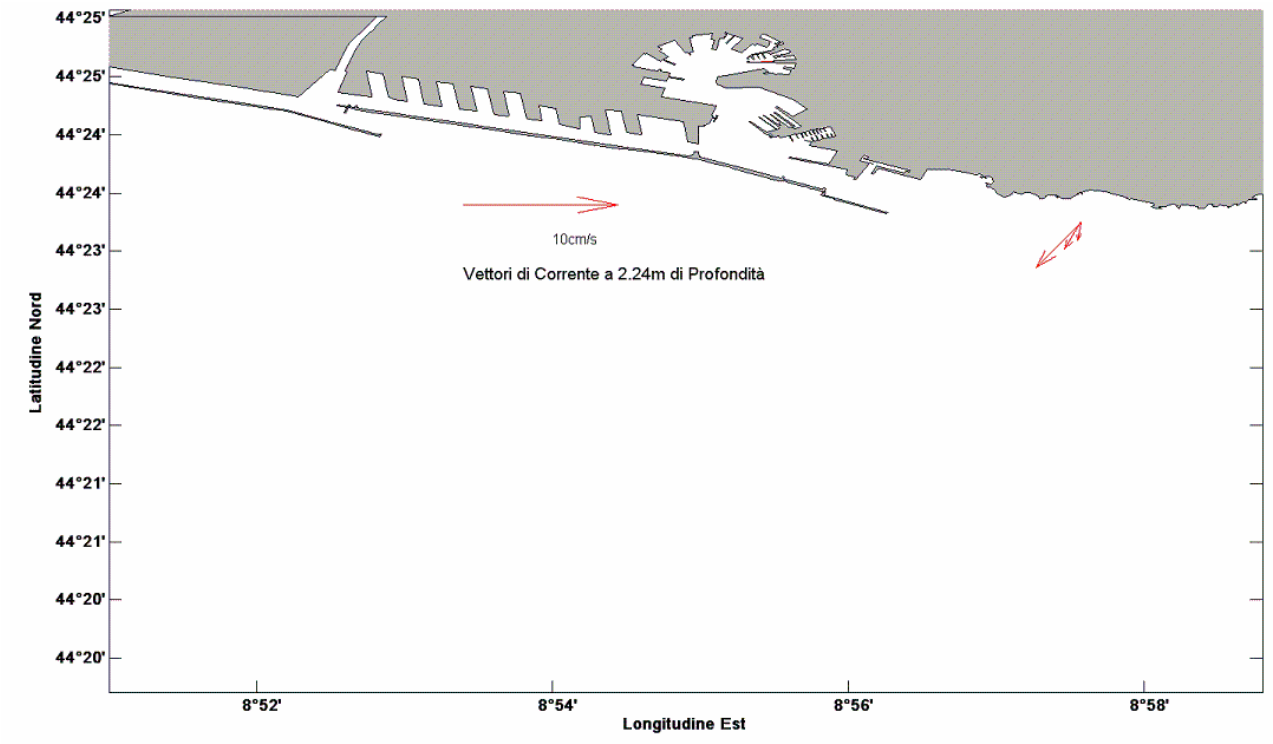
Distribuzione orizzontale della torbidità di fondo (espressa in FTU).

ALLEGATO 2A

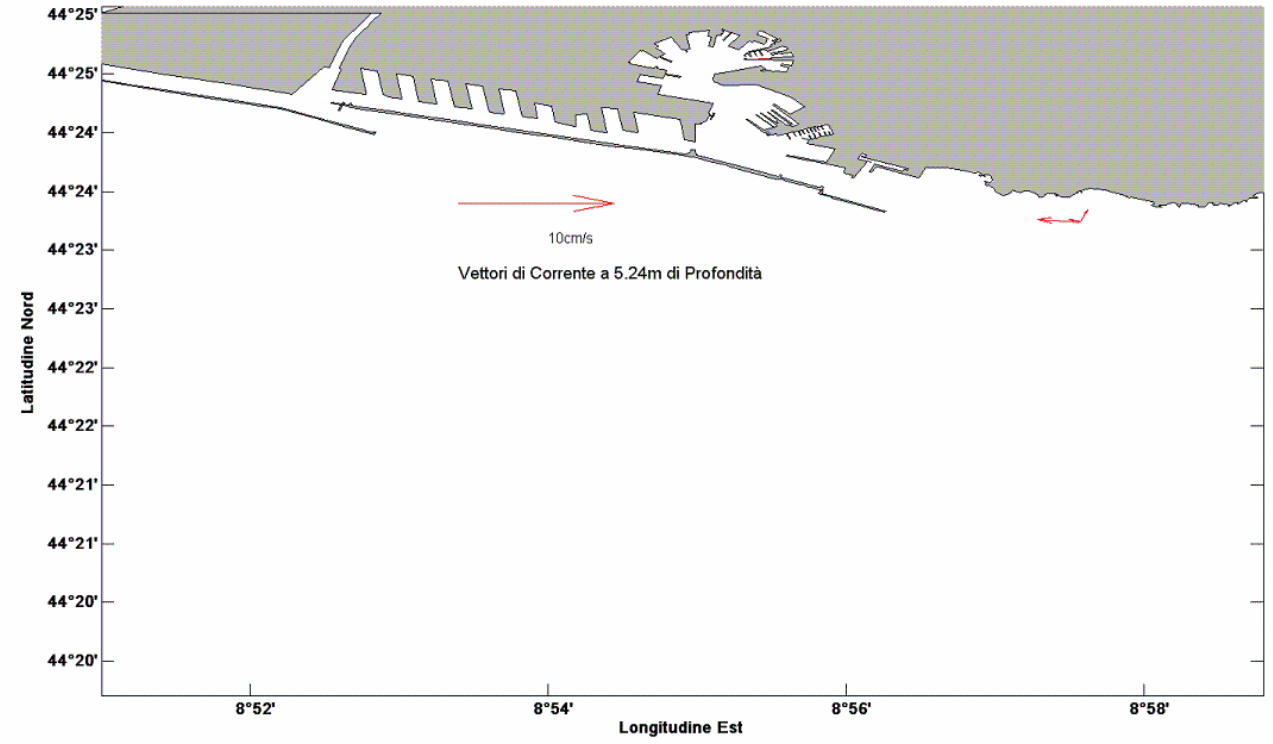
Campagna “giugno 2008”

Vettori rilevati alle varie profondità e

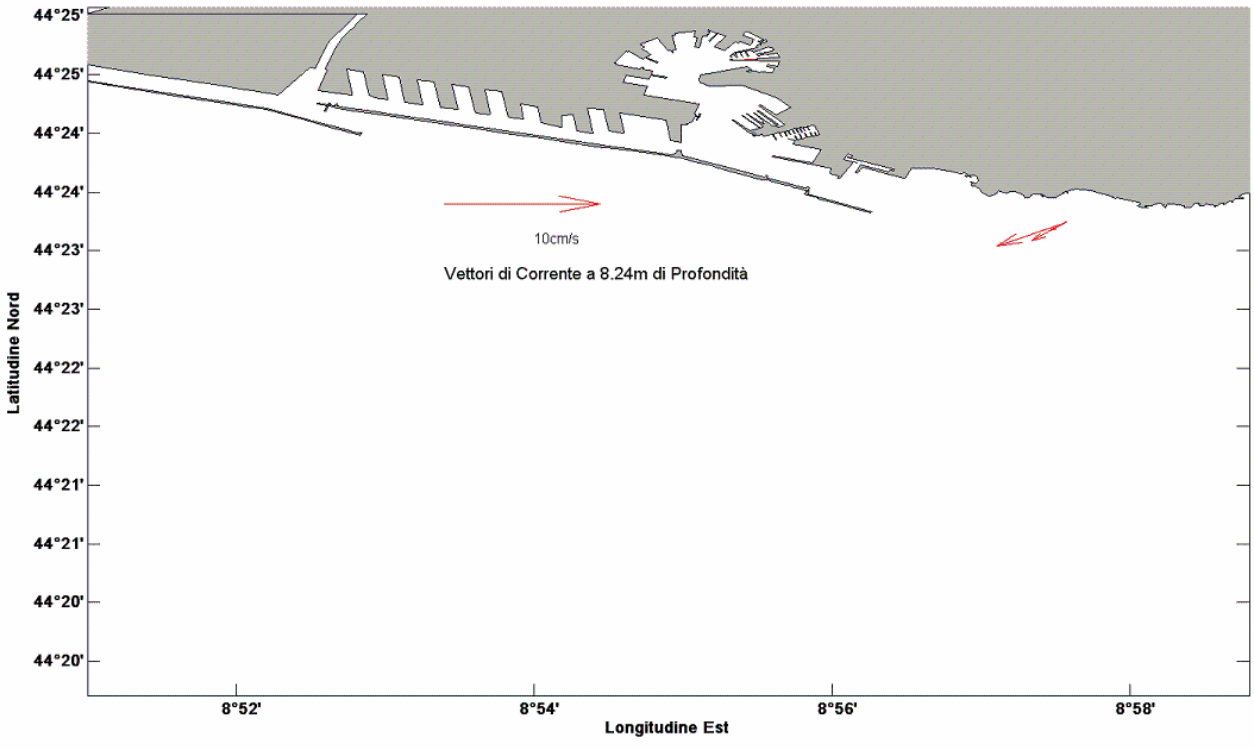
andamento delle componenti Est e Nord delle correnti rilevate



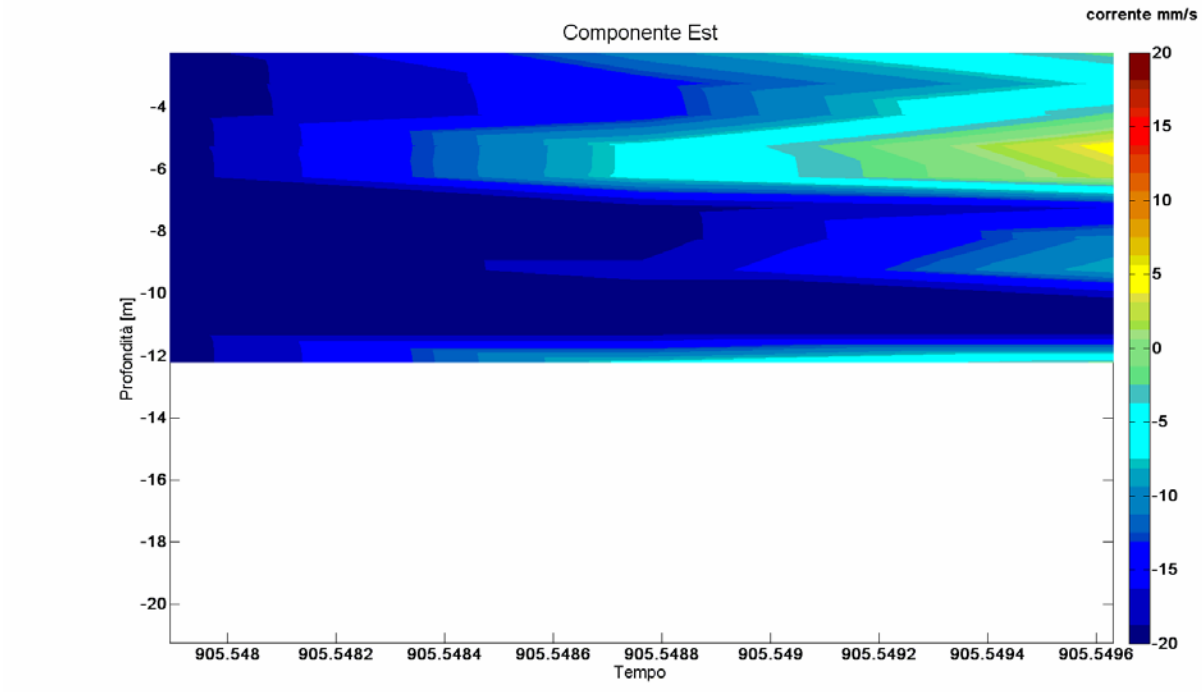
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



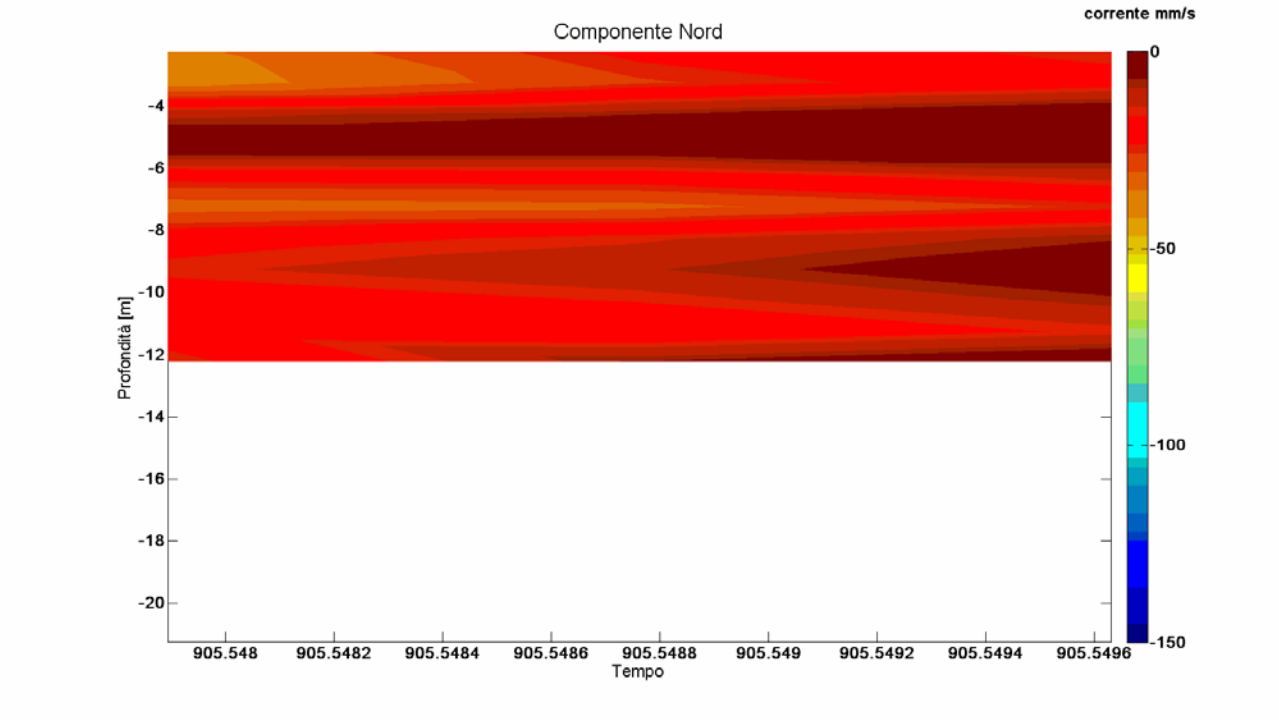
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



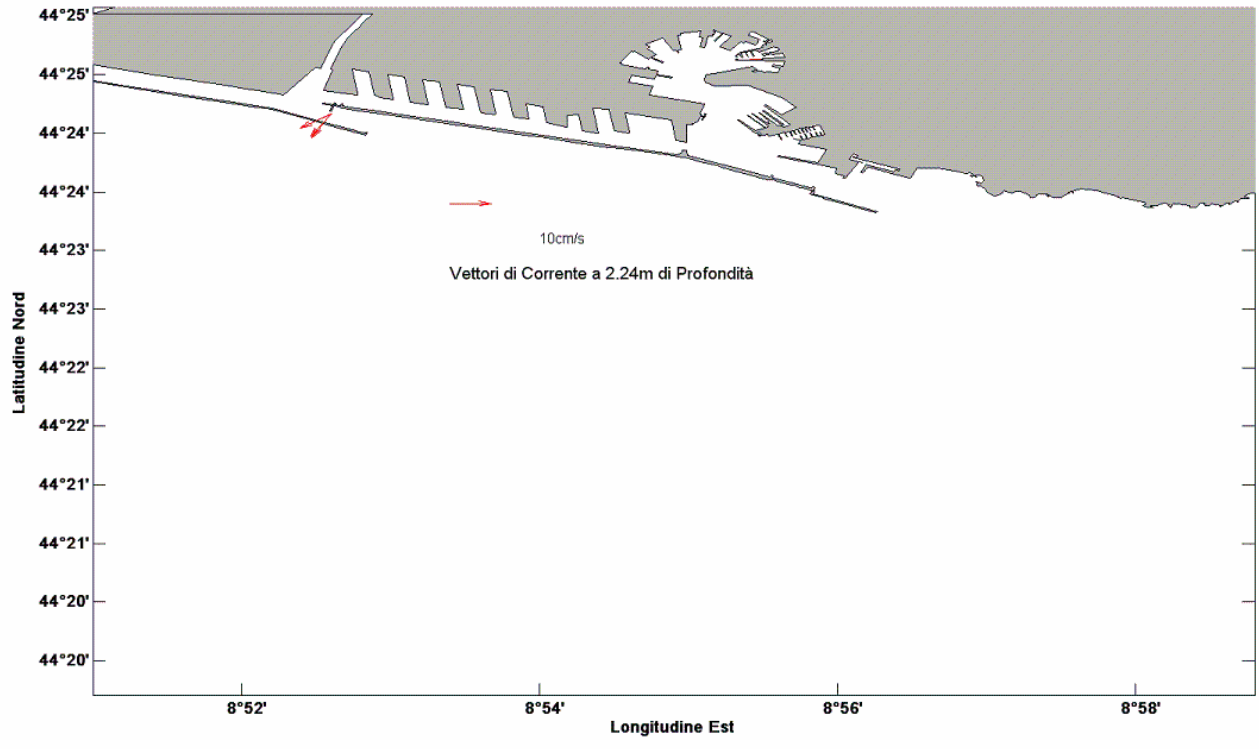
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



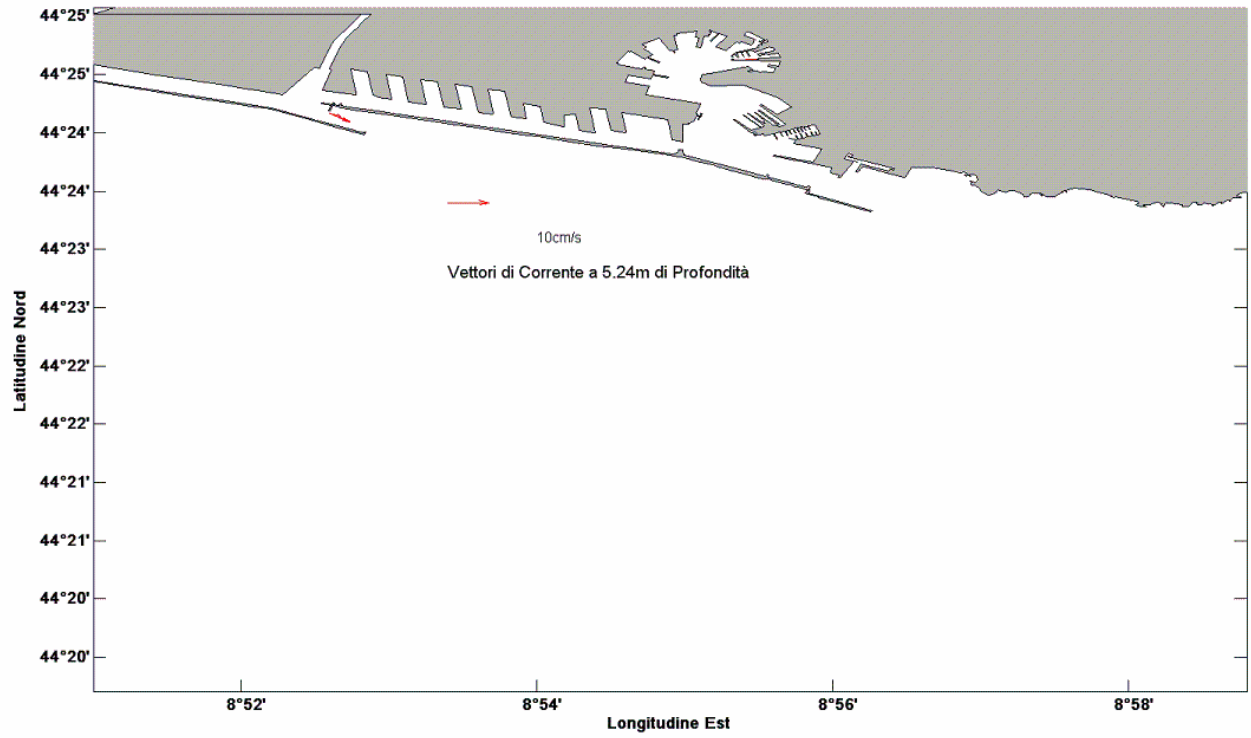
Stazione 1 – Componente Est della corrente misurata



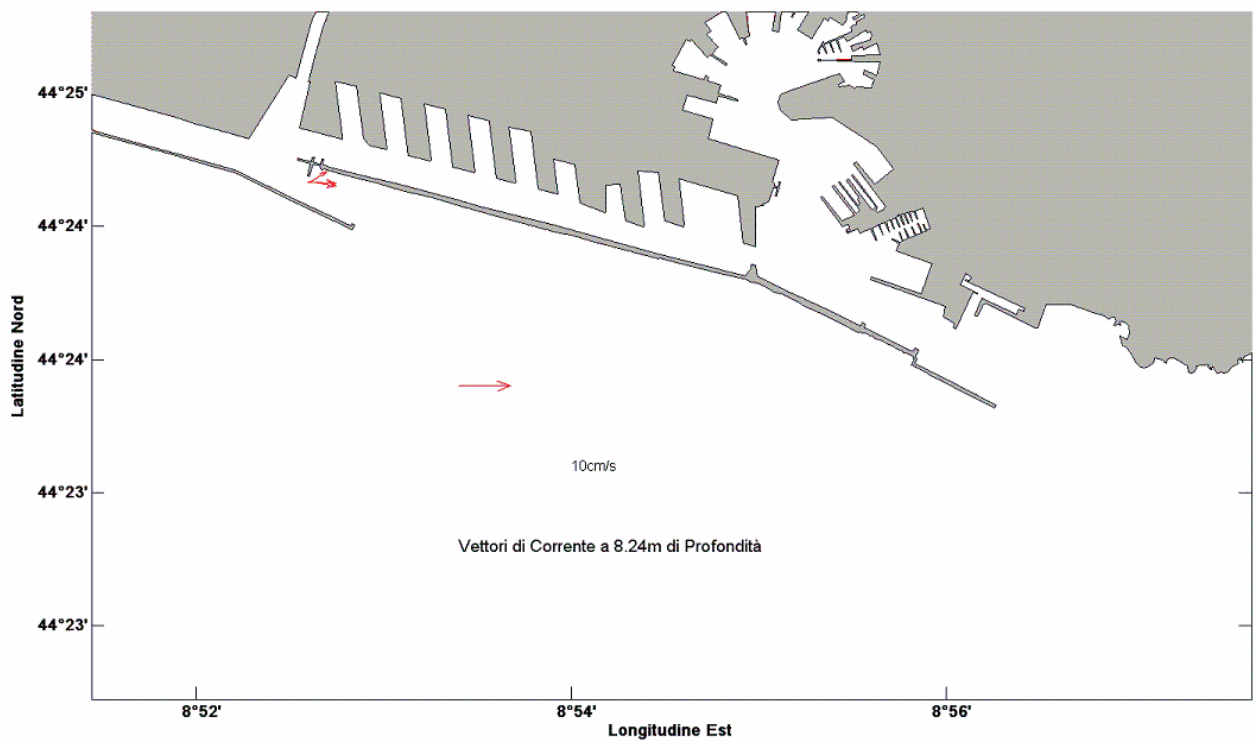
Stazione 1 – Componente Nord della corrente misurata



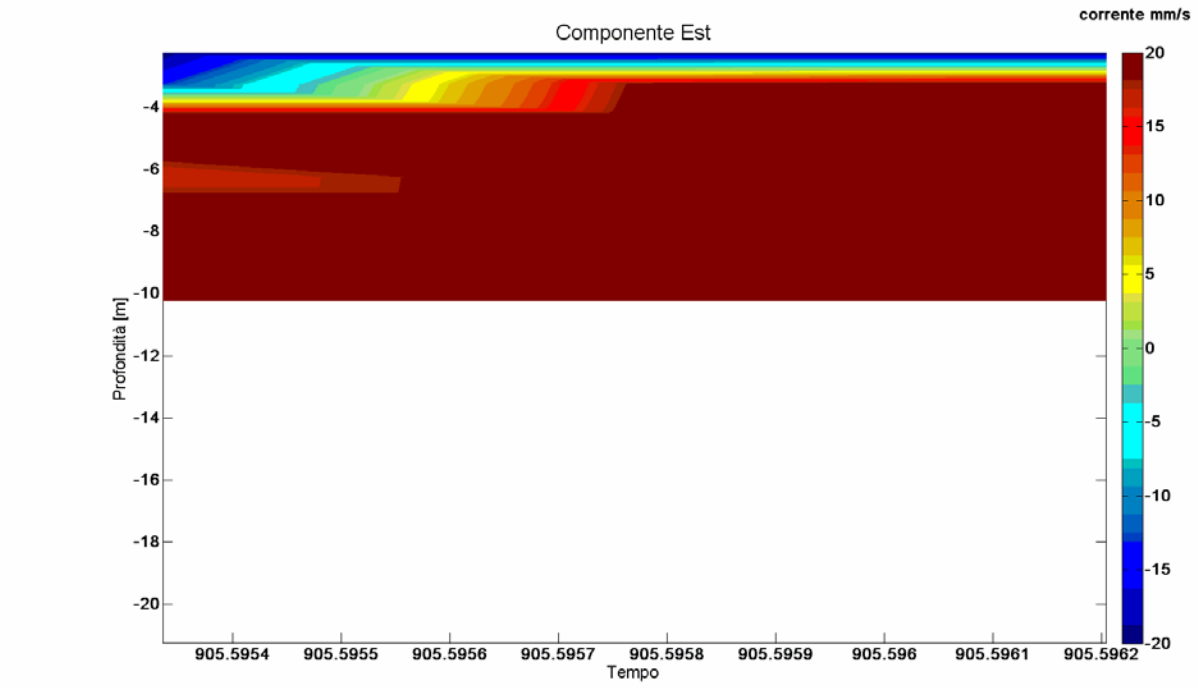
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



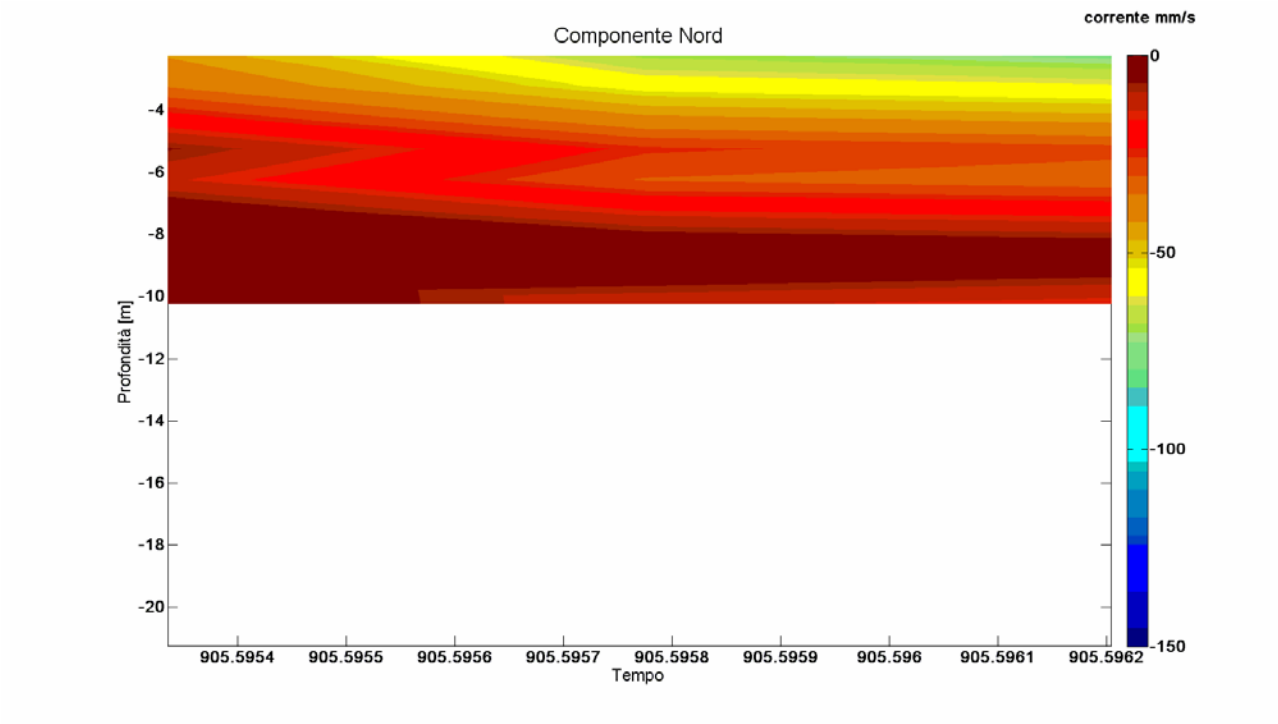
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



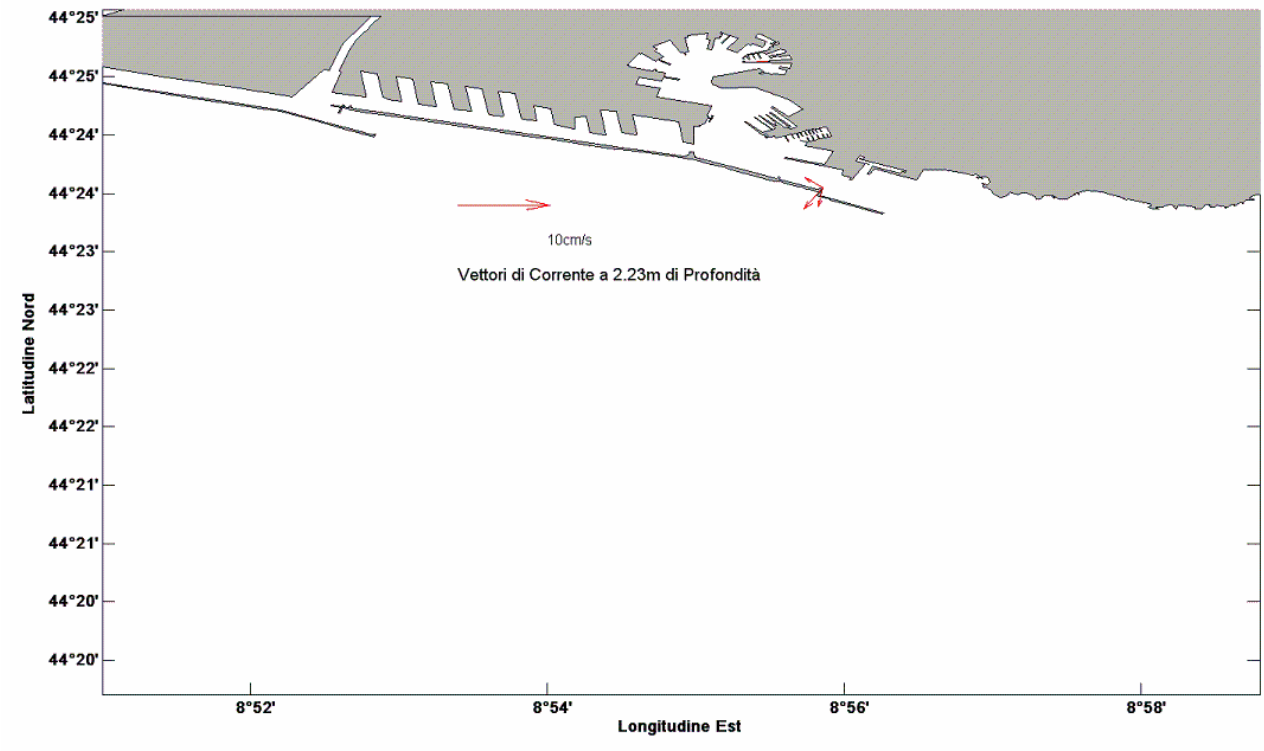
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



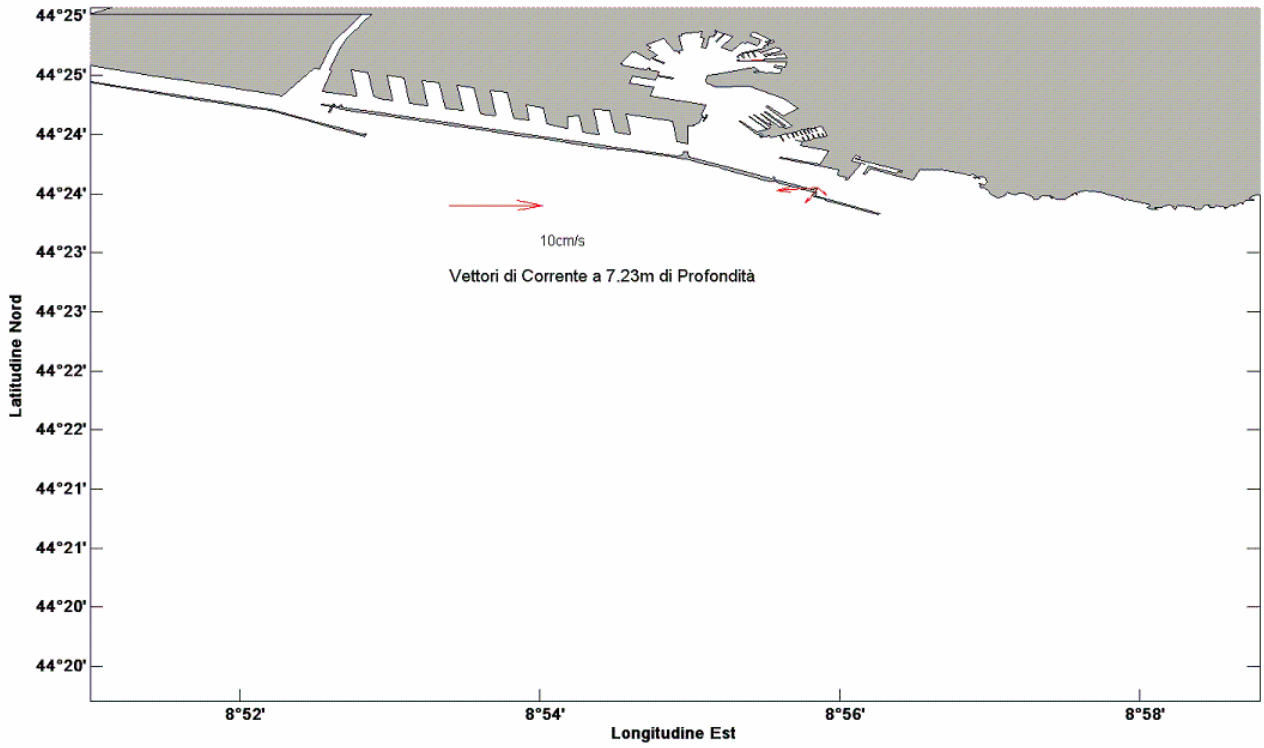
Stazione 2 – Componente Est della corrente misurata



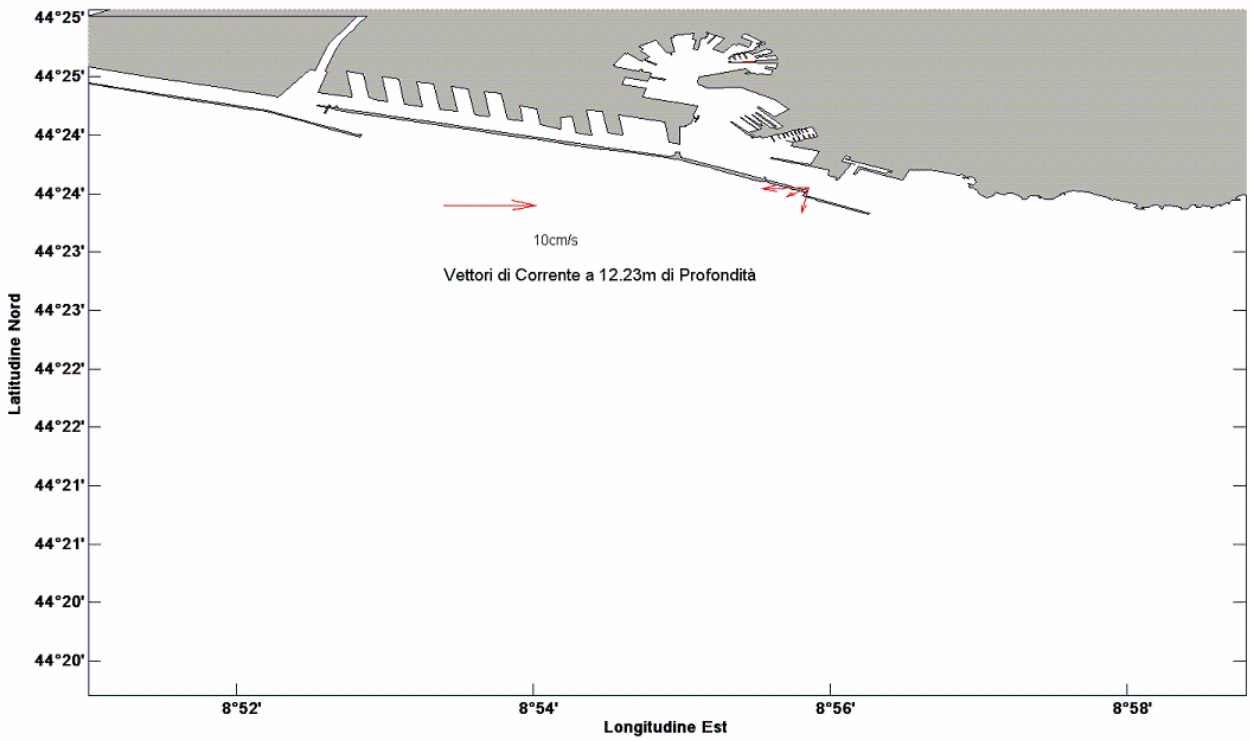
Stazione 2 – Componente Nord della corrente misurata



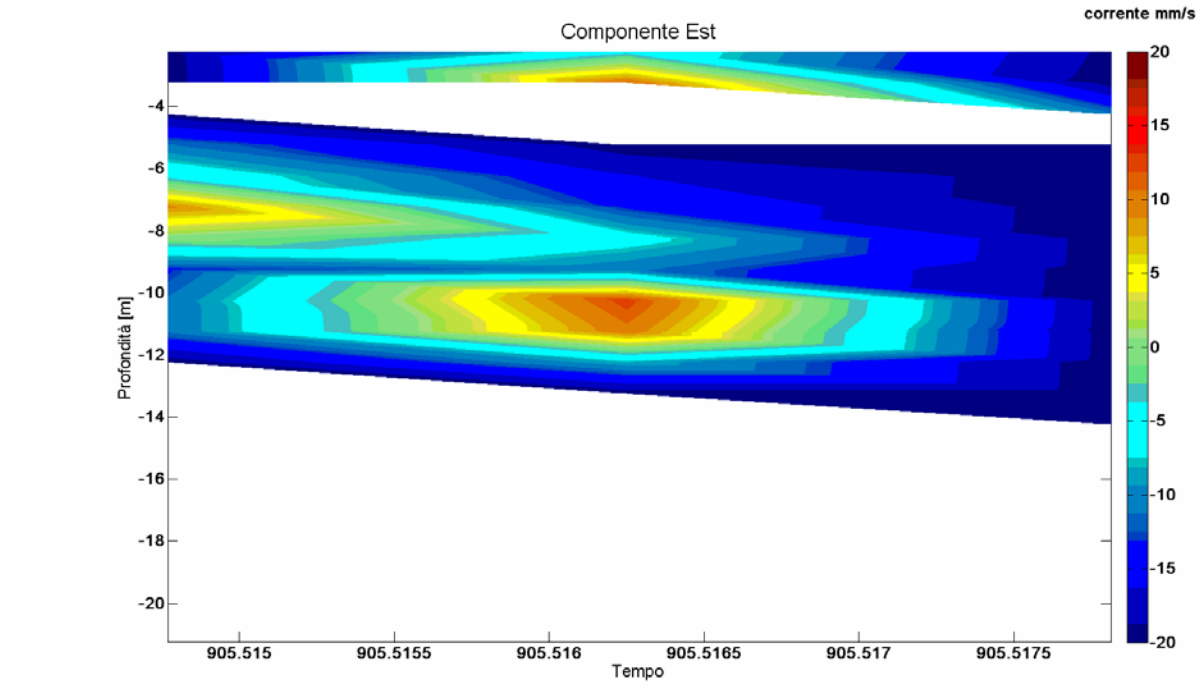
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



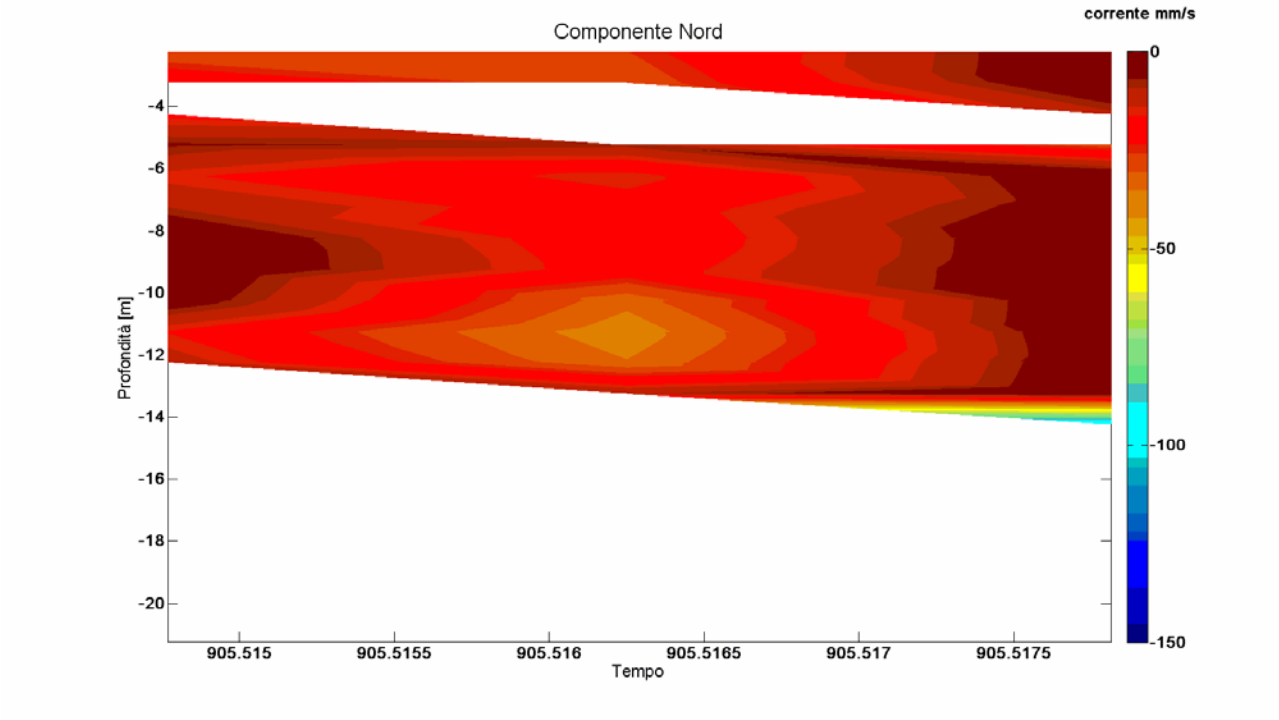
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 7.2 metri circa.



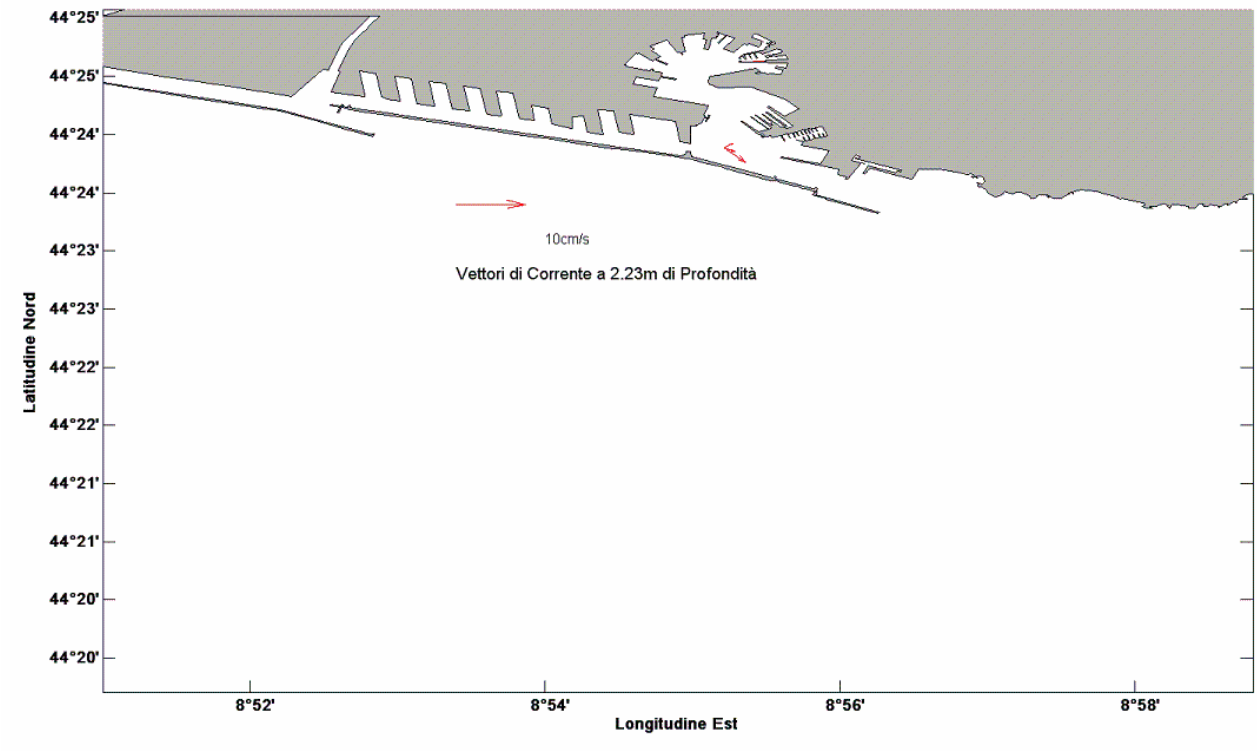
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 12.2 metri circa.



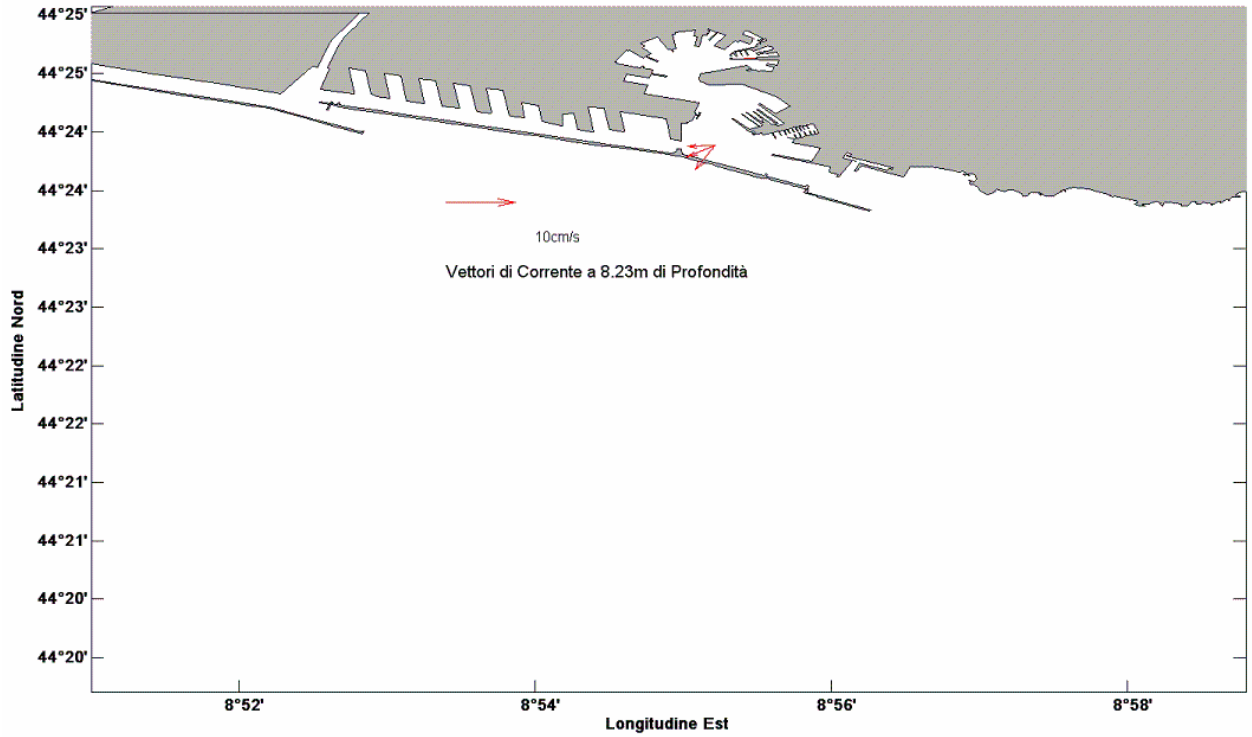
Stazione 3 – Componente Est della corrente misurata



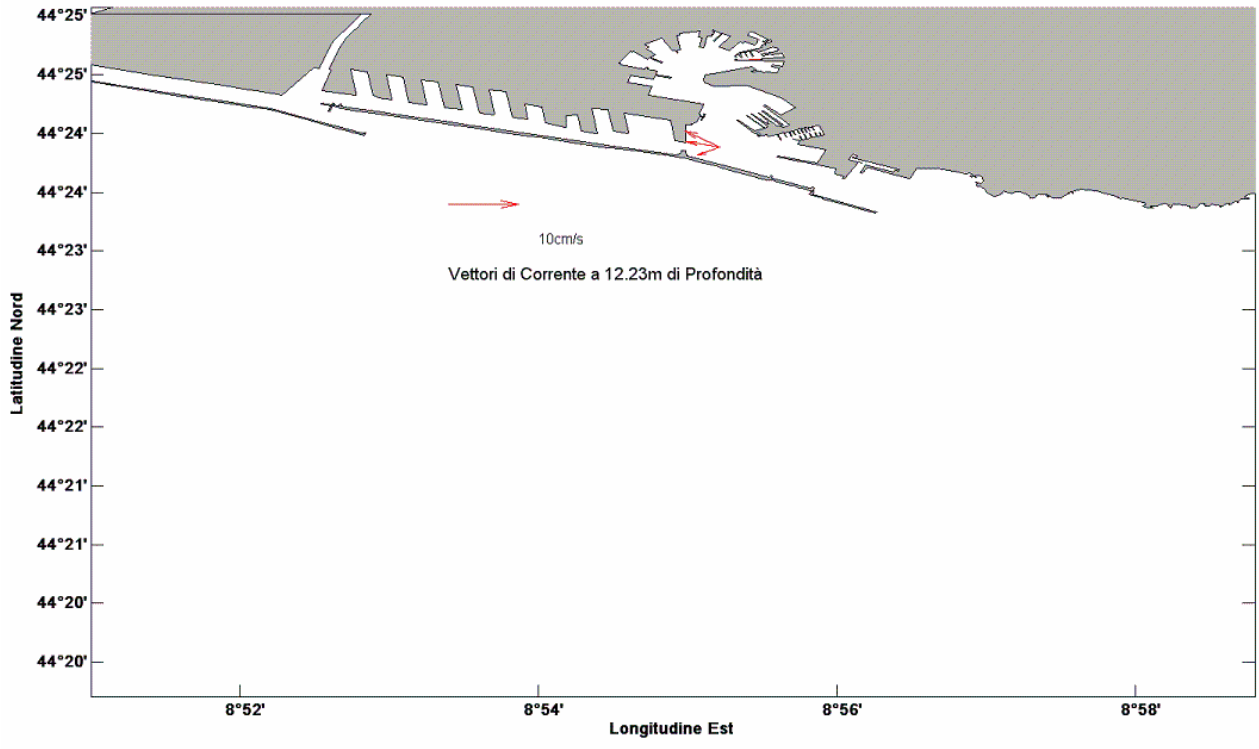
Stazione 3 – Componente Nord della corrente misurata



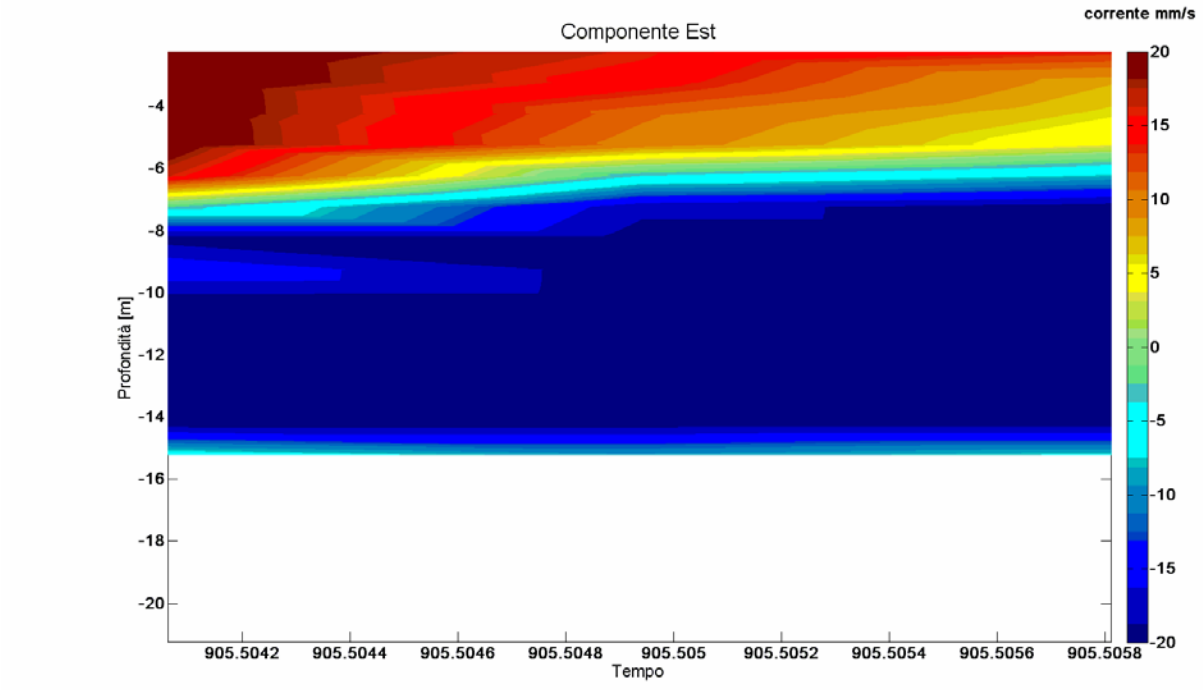
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



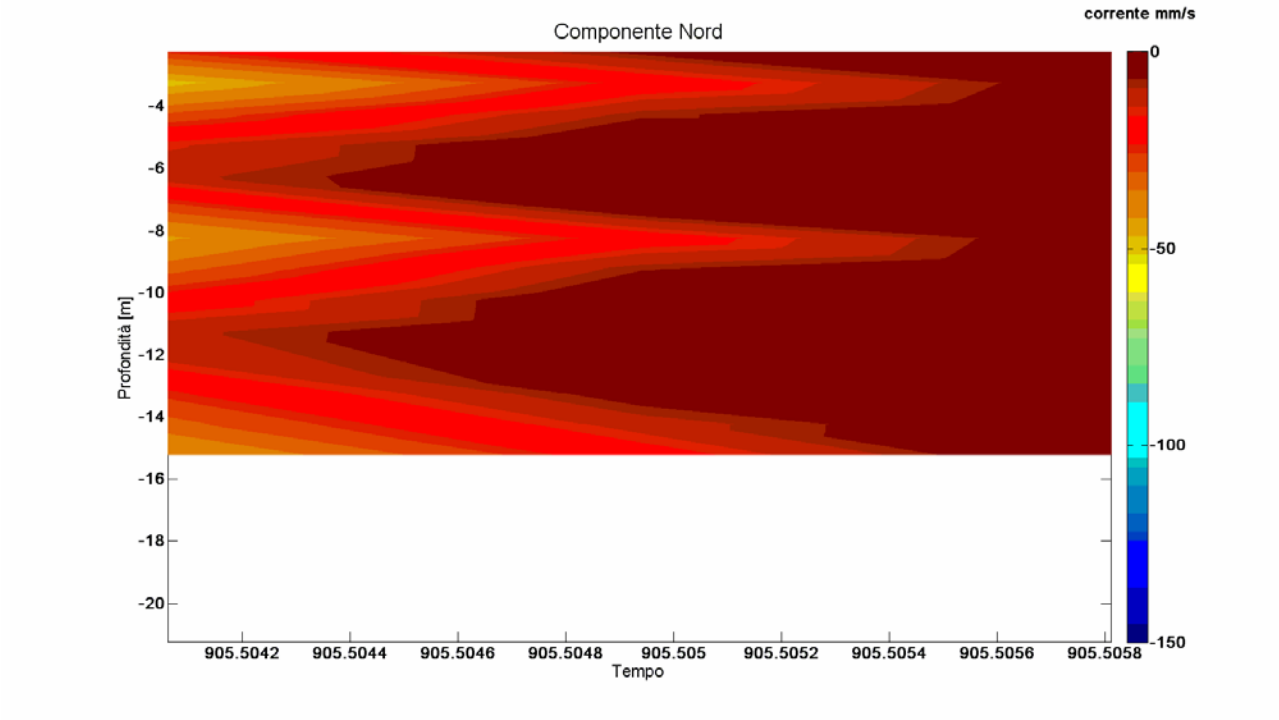
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



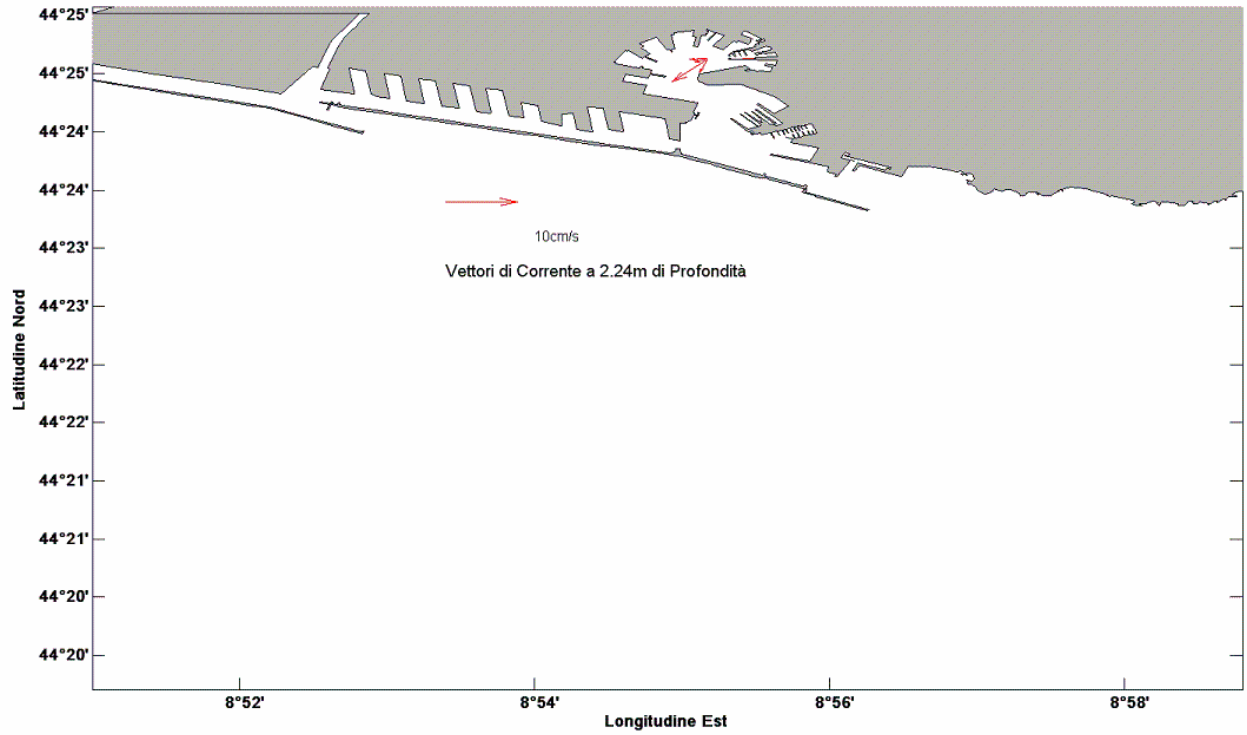
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 12.2 metri circa.



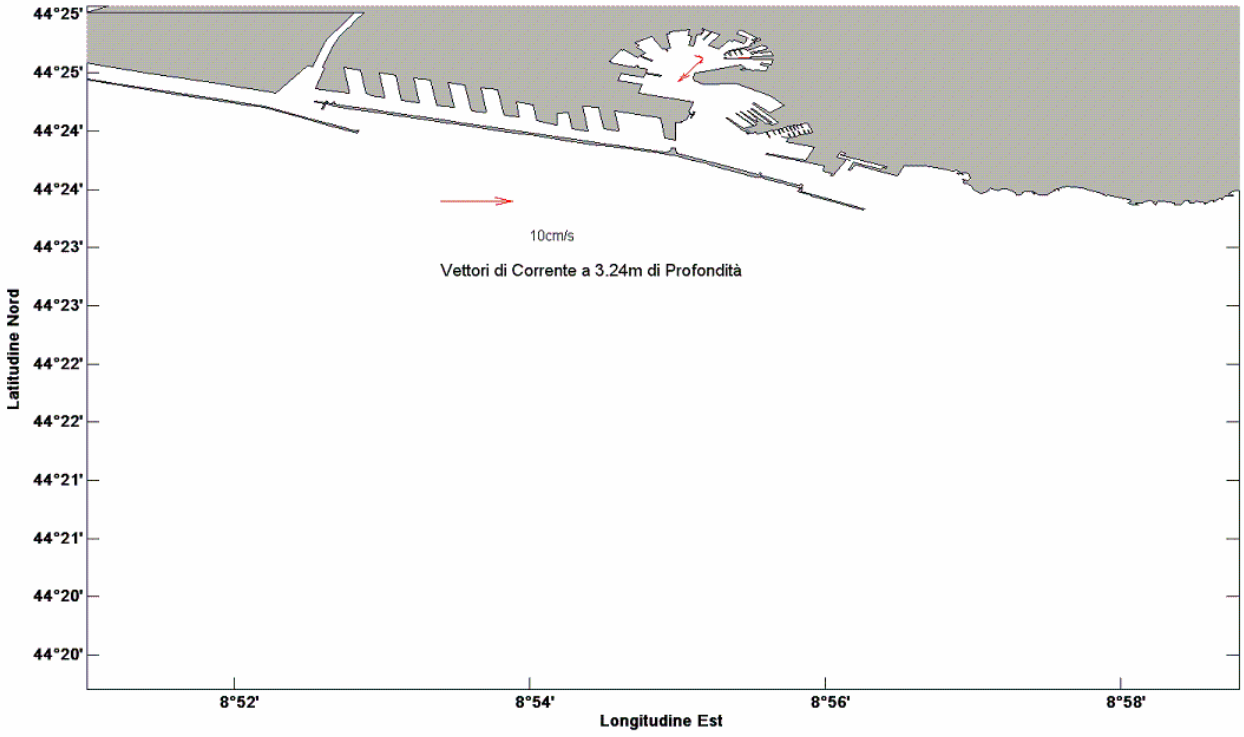
Stazione 4 – Componente Est della corrente misurata



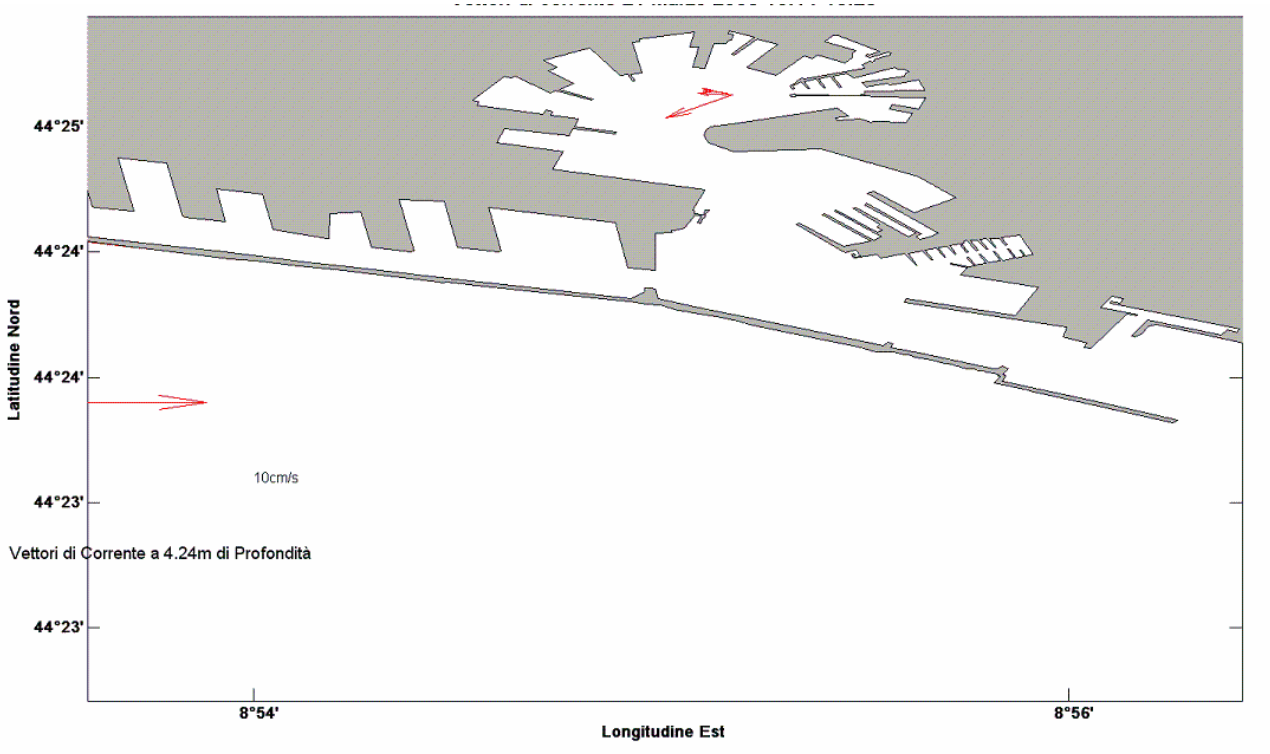
Stazione 4 – Componente Nord della corrente misurata



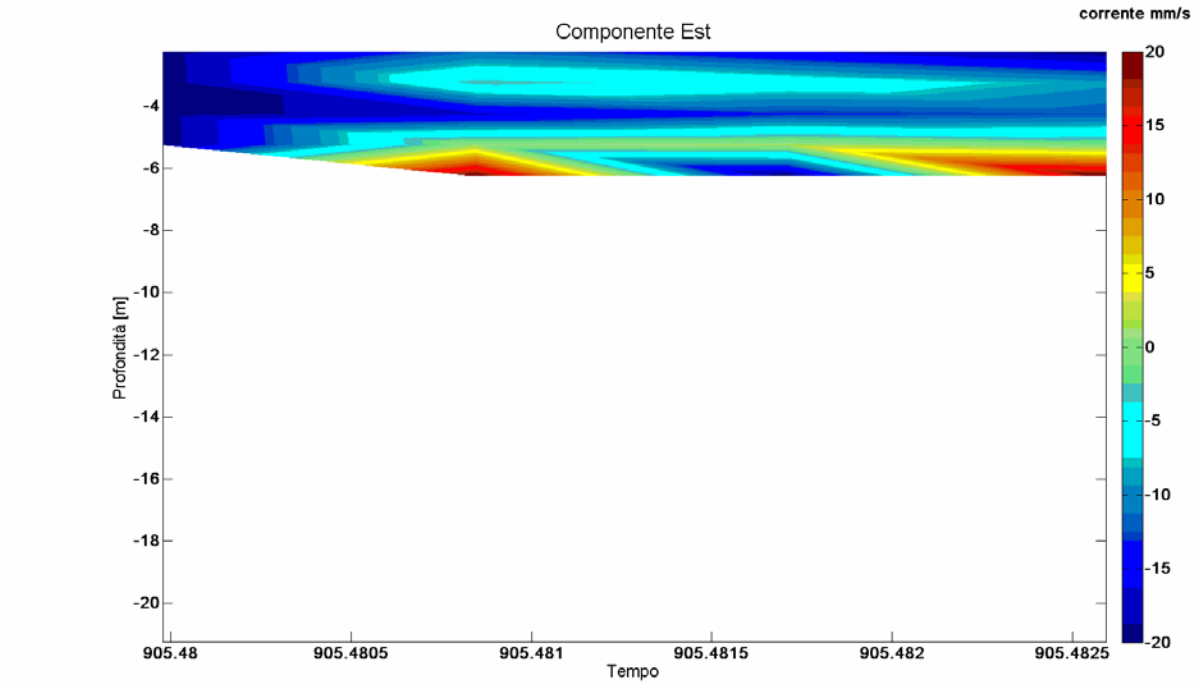
Stazione 6 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



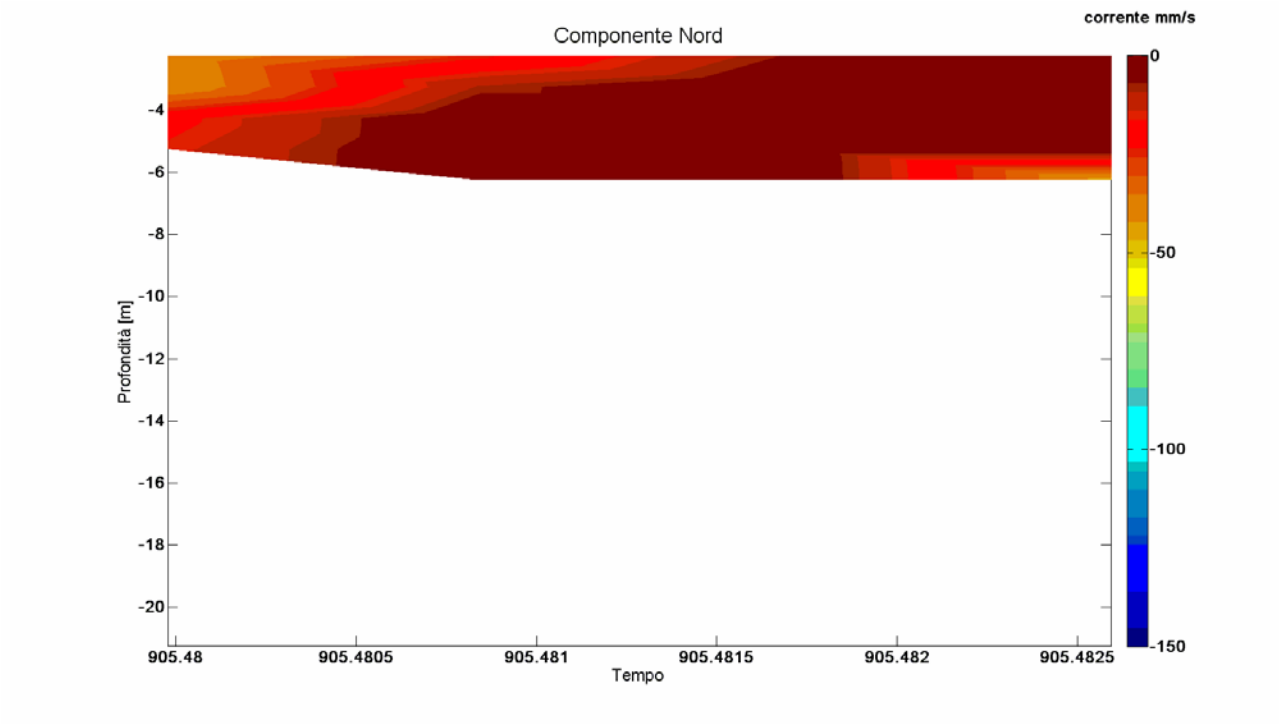
Stazione 6 – Vettori di corrente alla profondità di 3.2 metri circa.



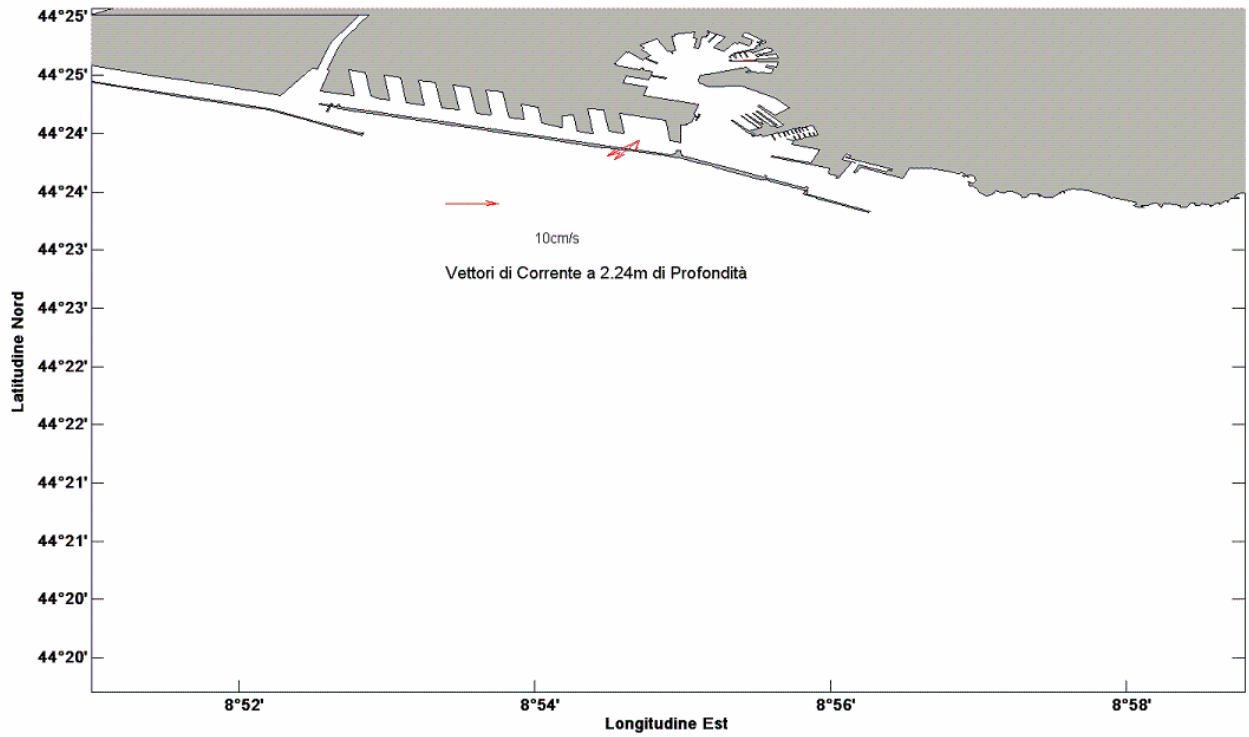
Stazione 6 – Vettori di corrente alla profondità di 4.2 metri circa.



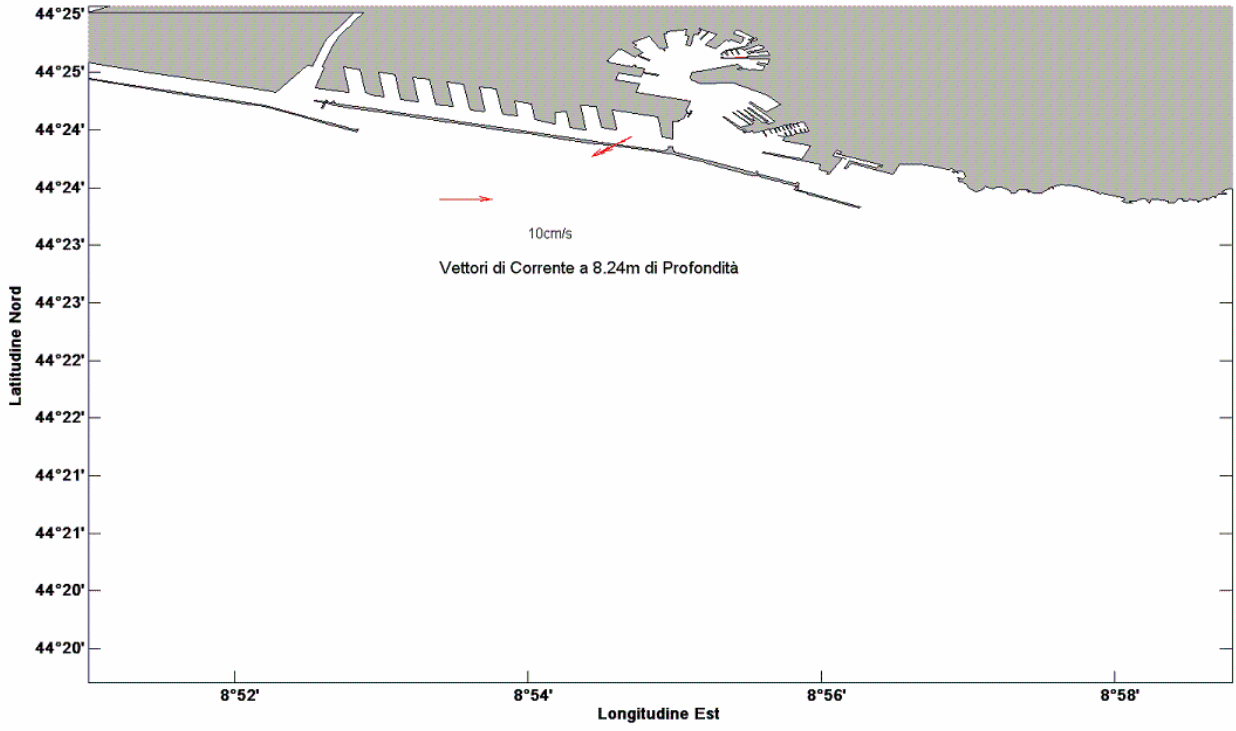
Stazione 6 – Componente Est della corrente misurata



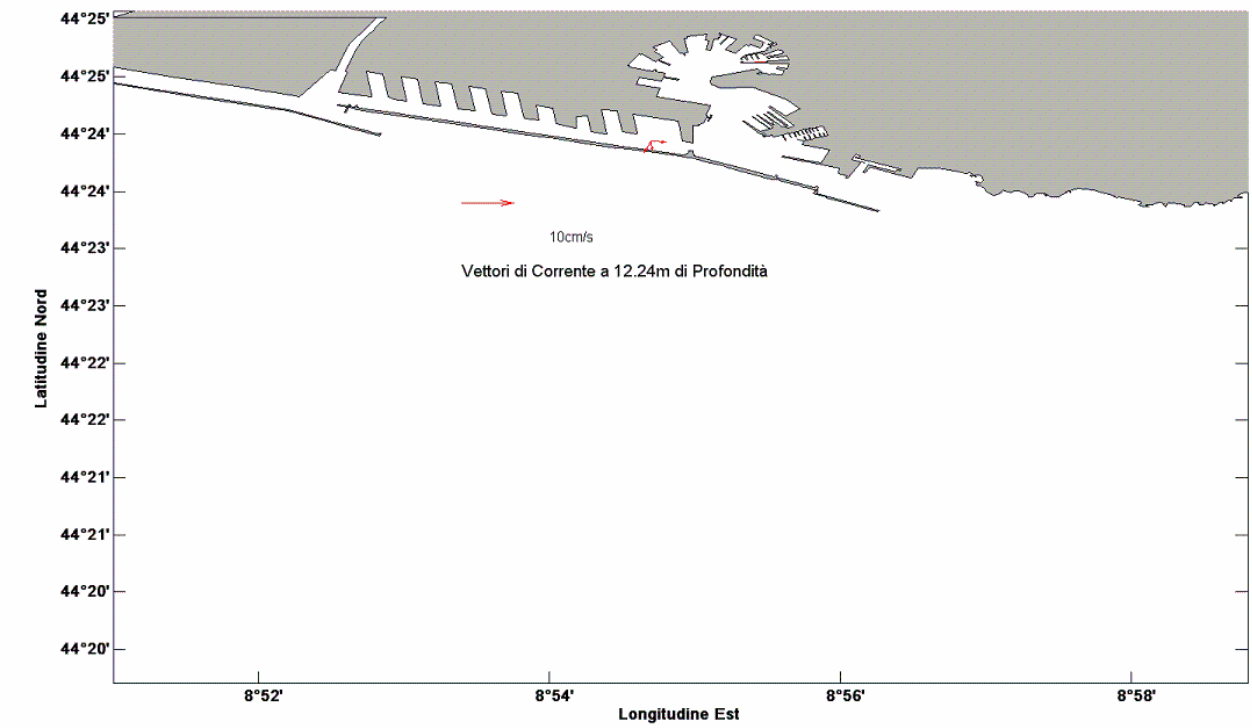
Stazione 6 – Componente Nord della corrente misurata



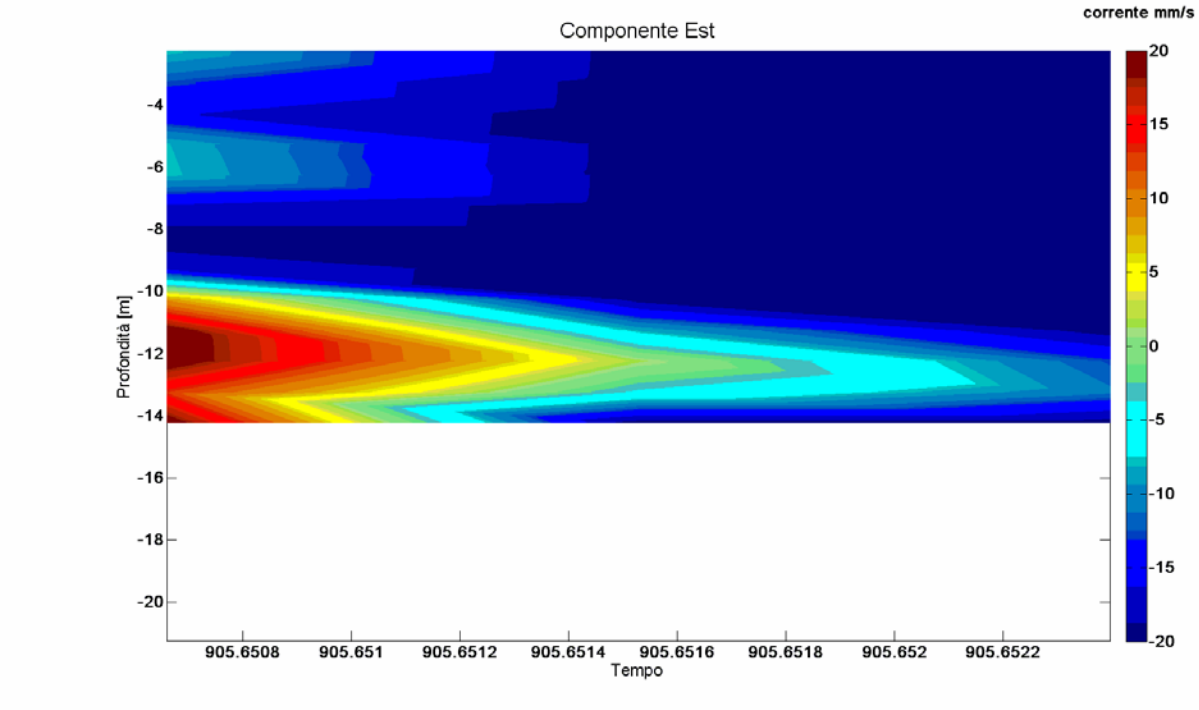
Stazione 7 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



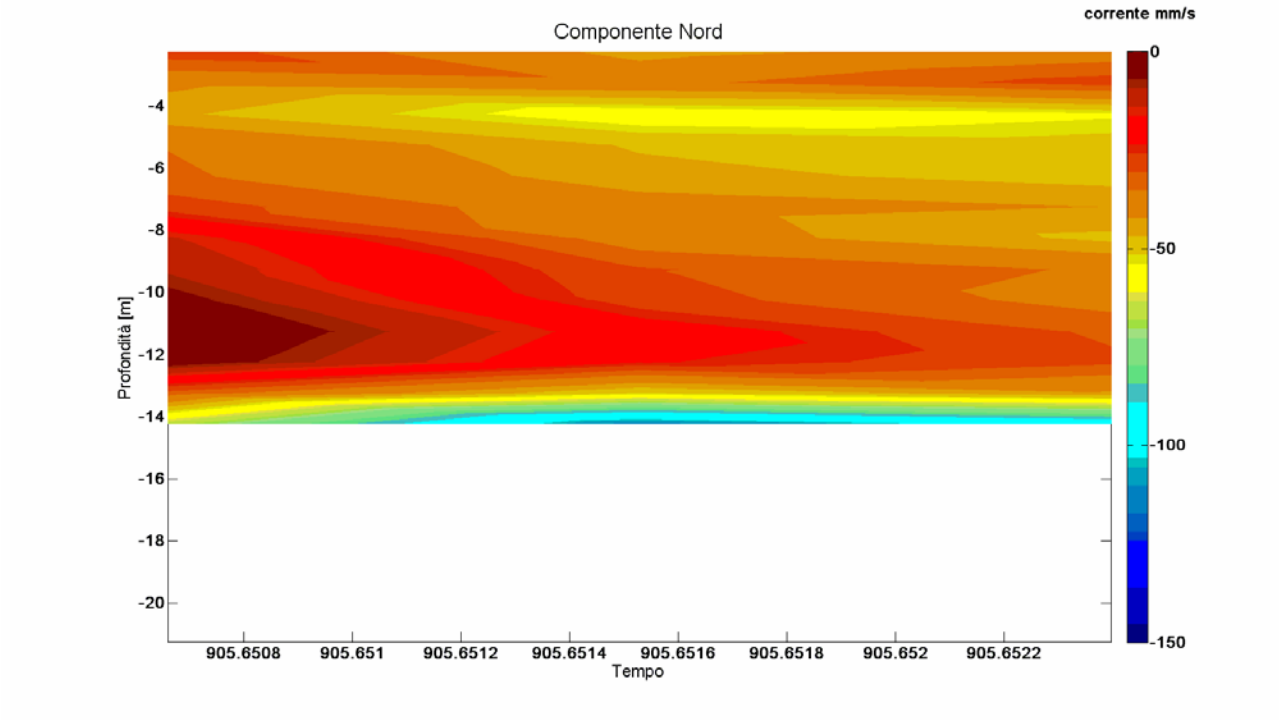
Stazione 7 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



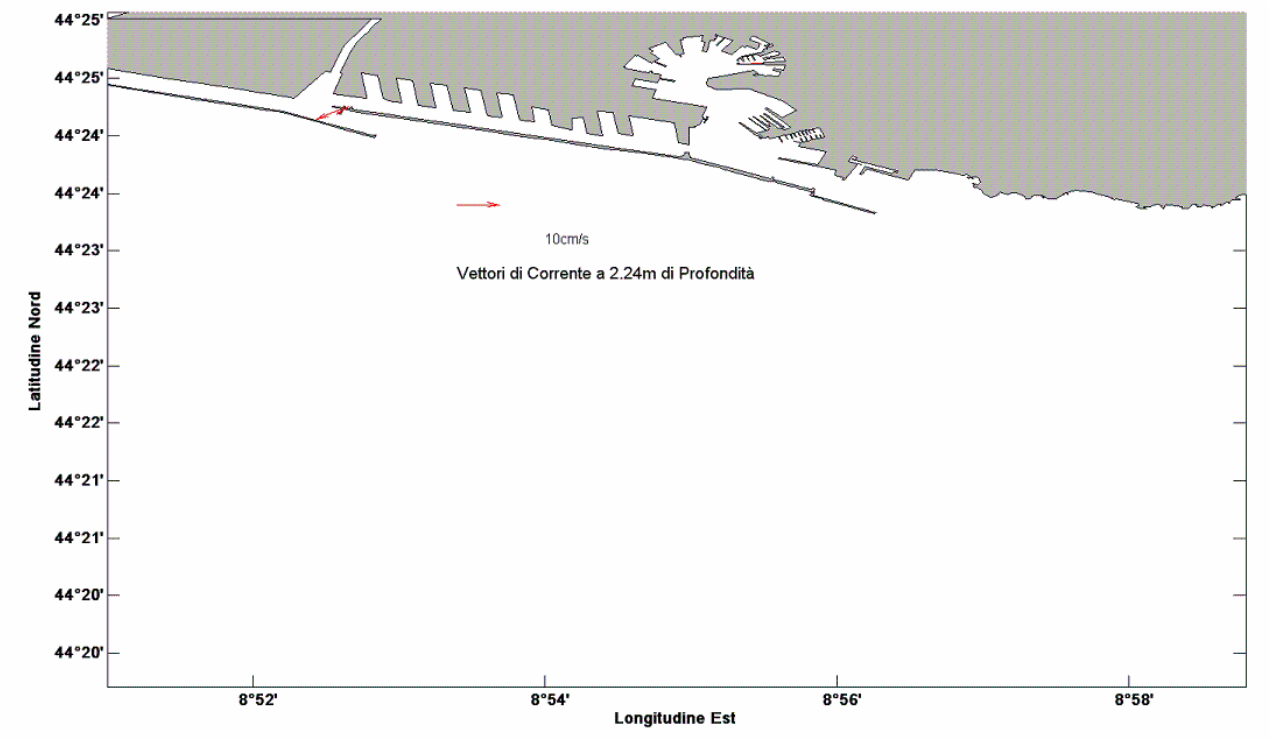
Stazione 7 – Vettori di corrente alla profondità di 12.2 metri circa.



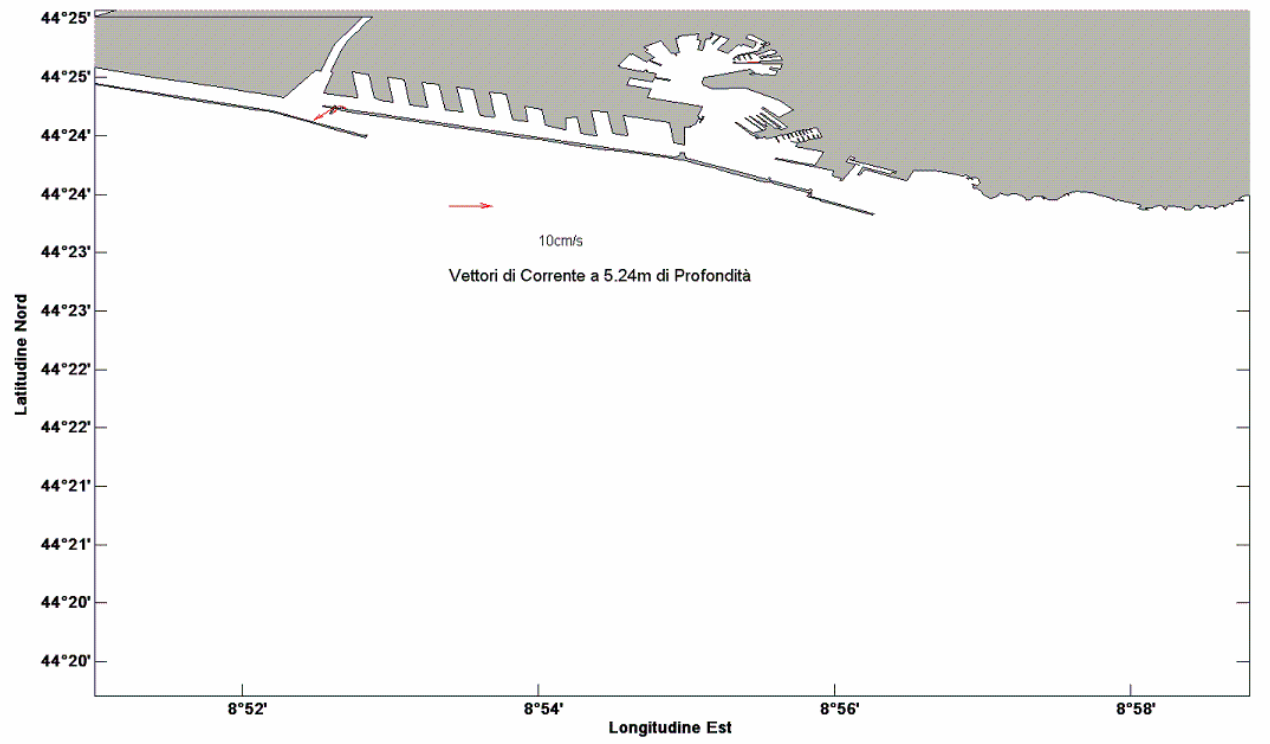
Stazione 7 – Componente Est della corrente misurata



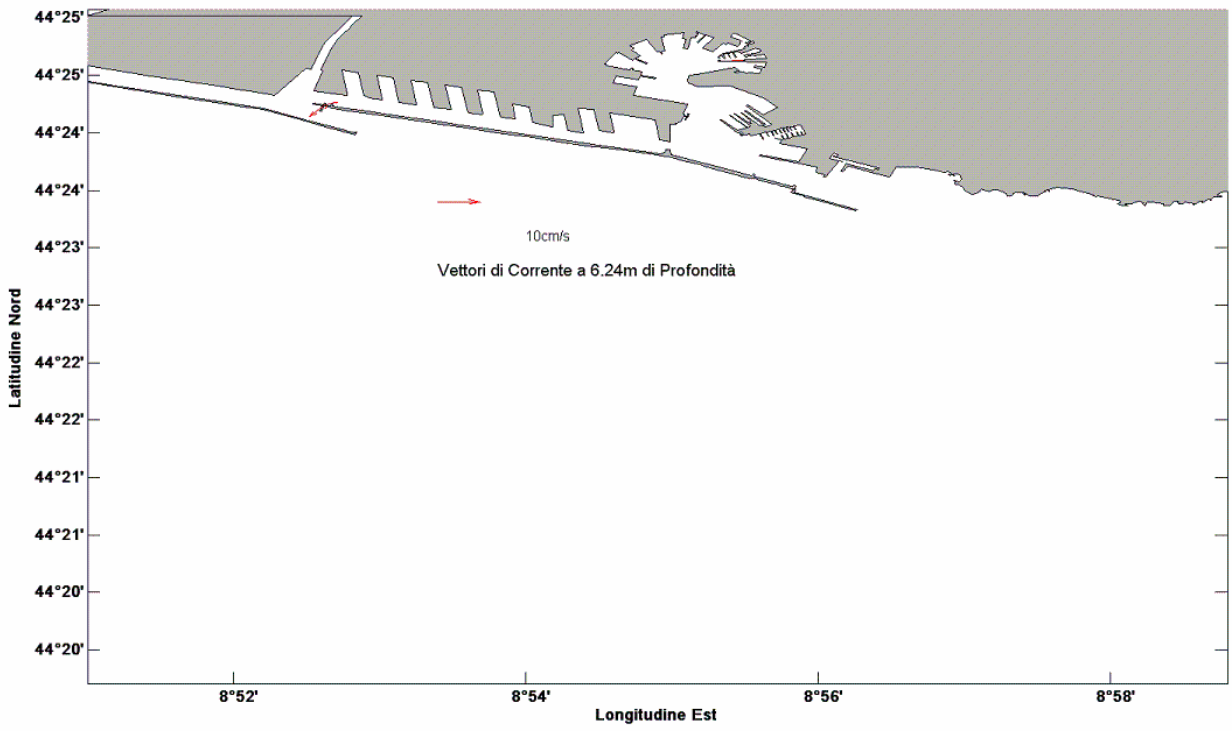
Stazione 7 – Componente Nord della corrente misurata



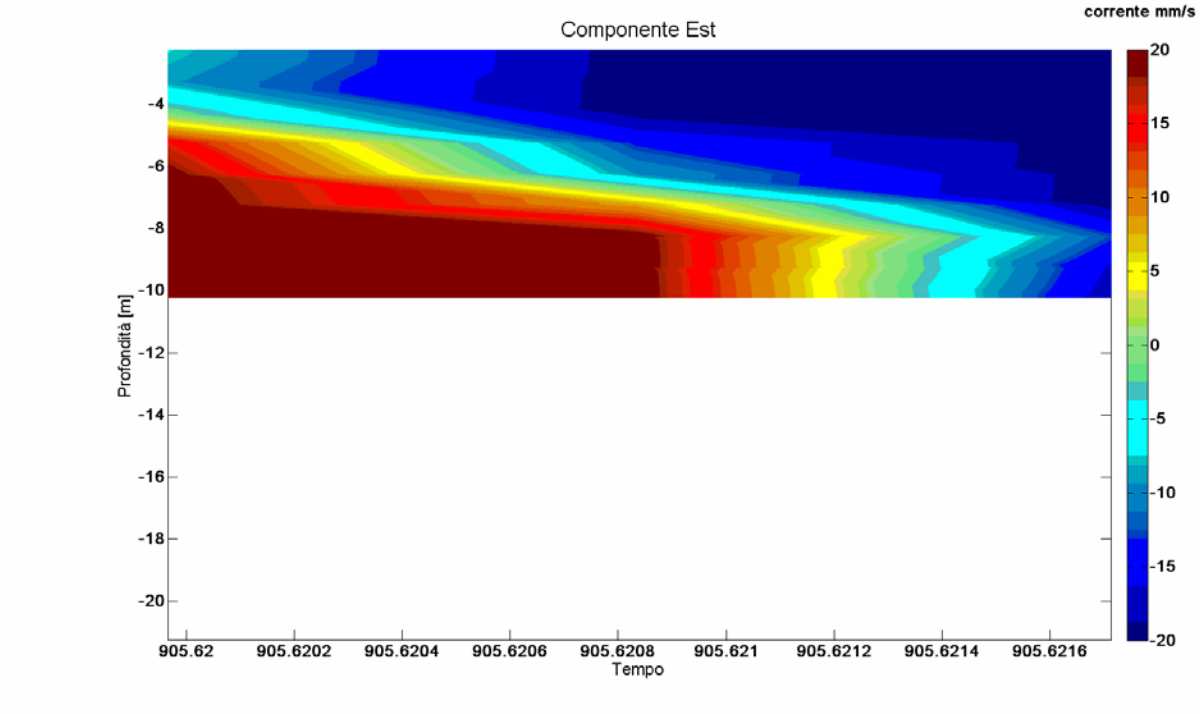
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



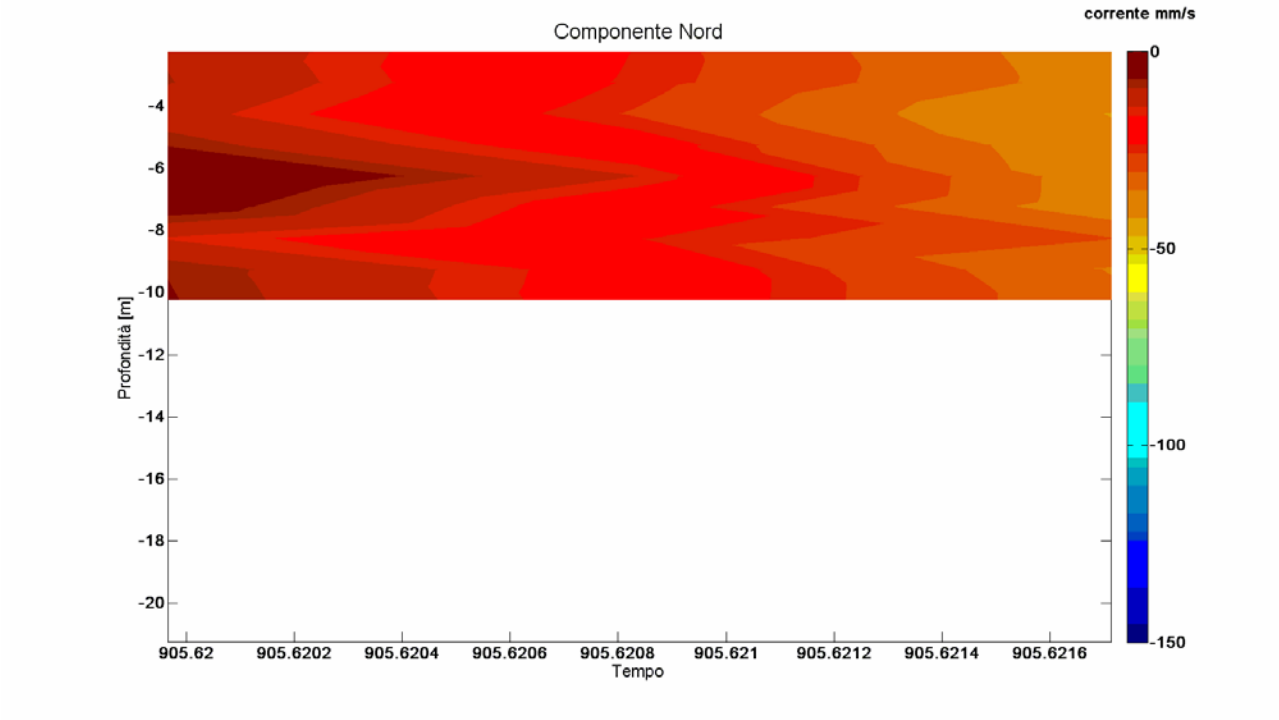
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



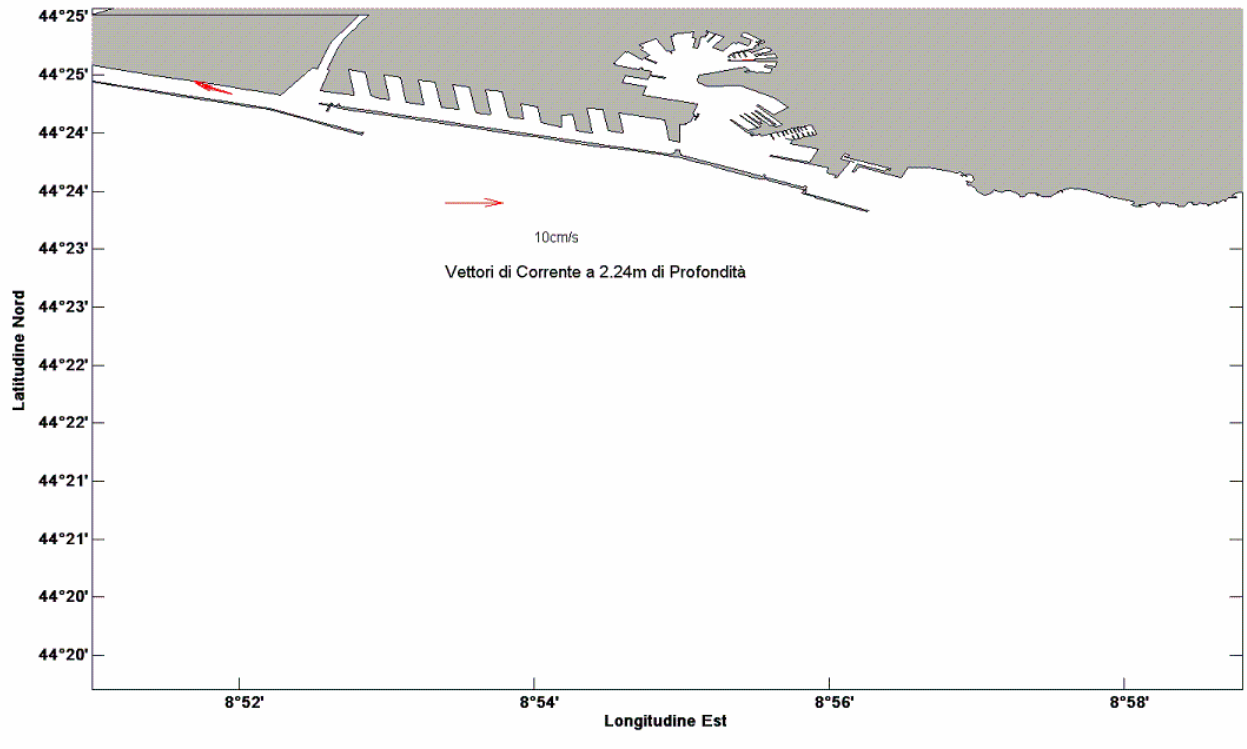
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 6.2 metri circa.



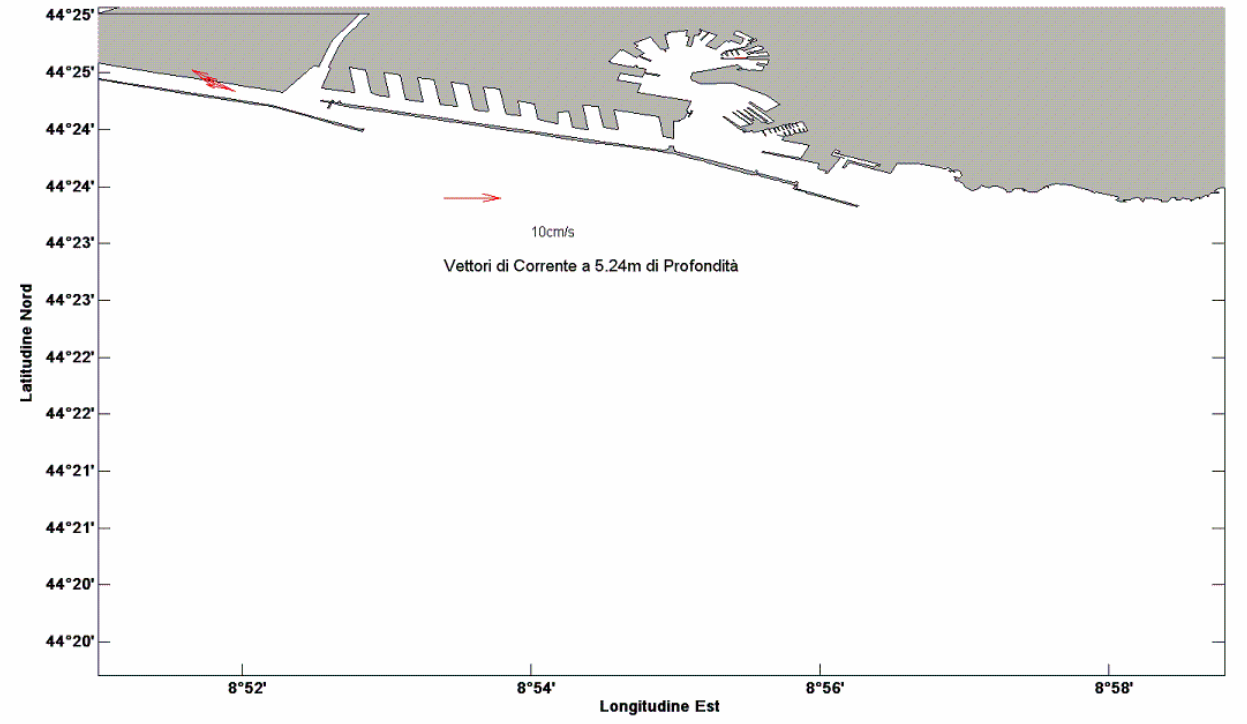
Stazione 8 – Componente Est della corrente misurata



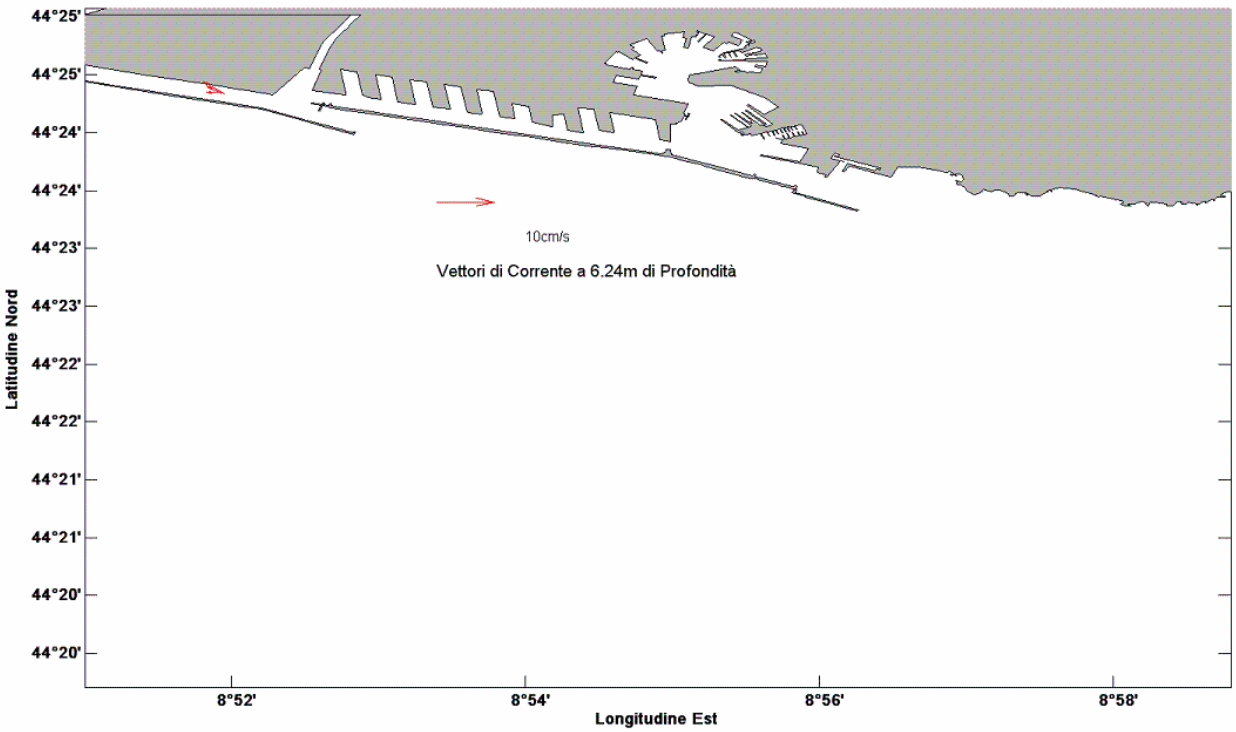
Stazione 8 – Componente Nord della corrente misurata



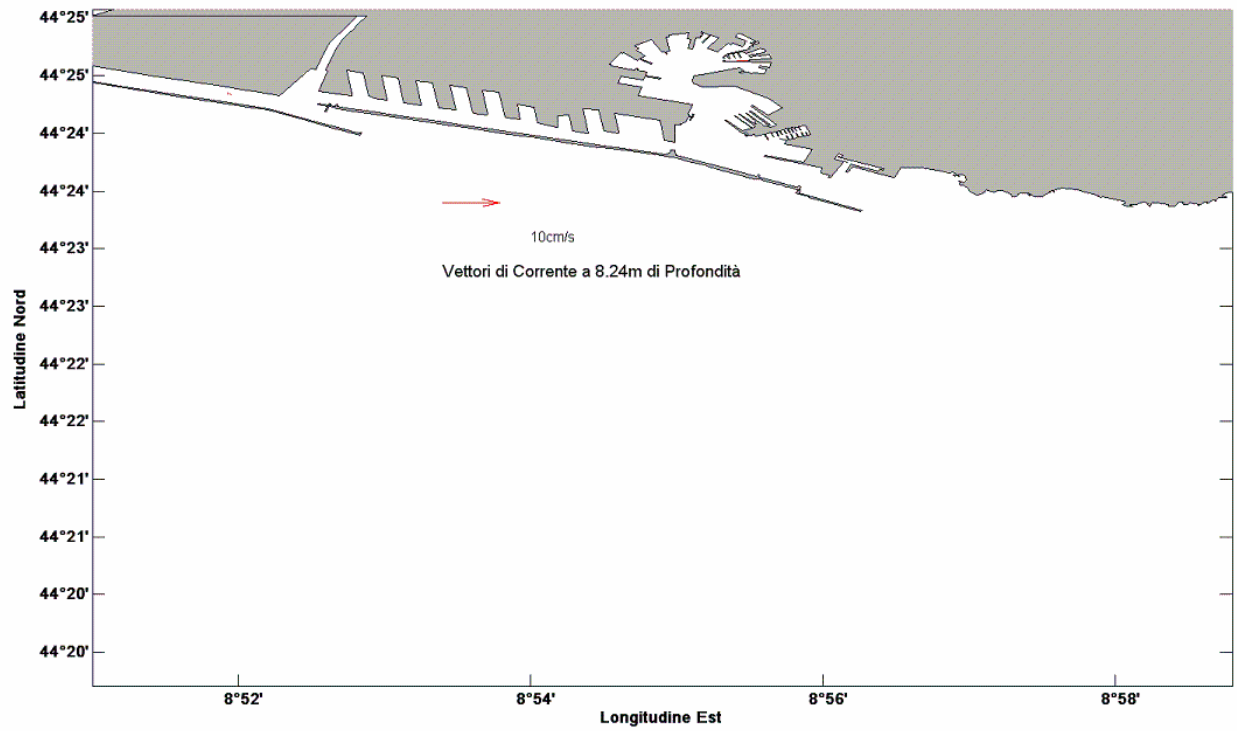
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



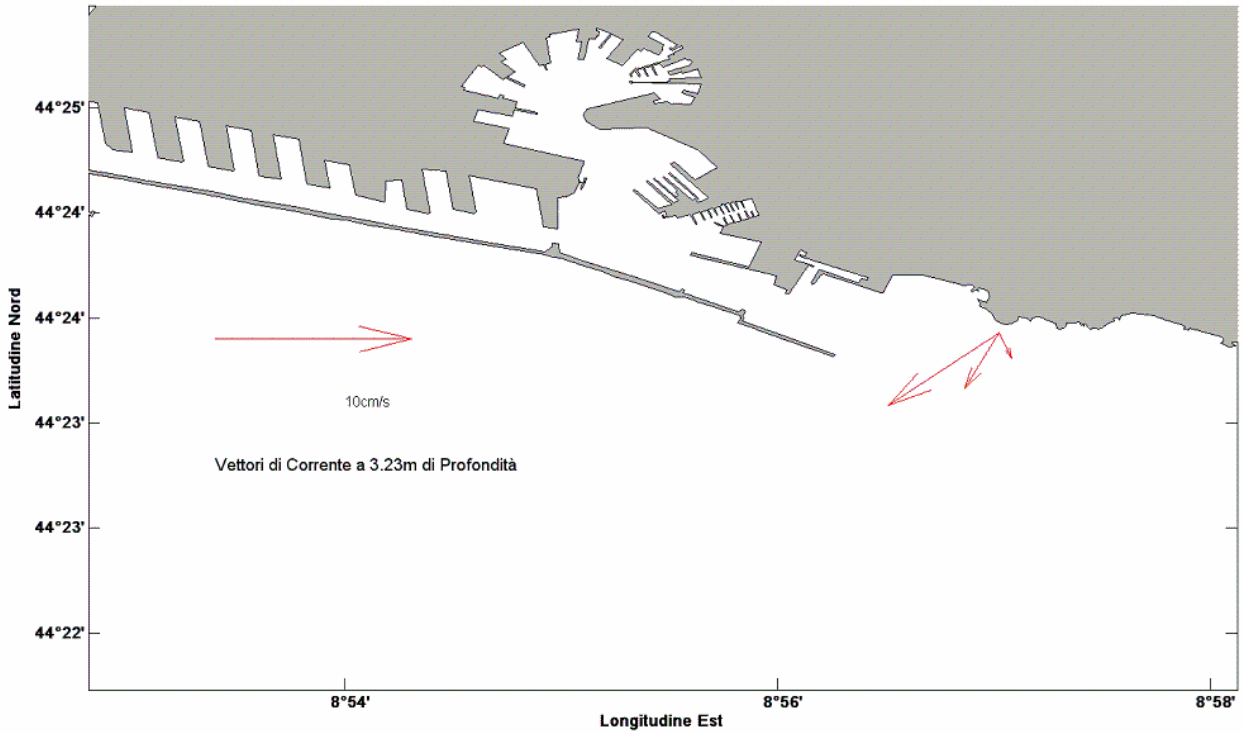
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



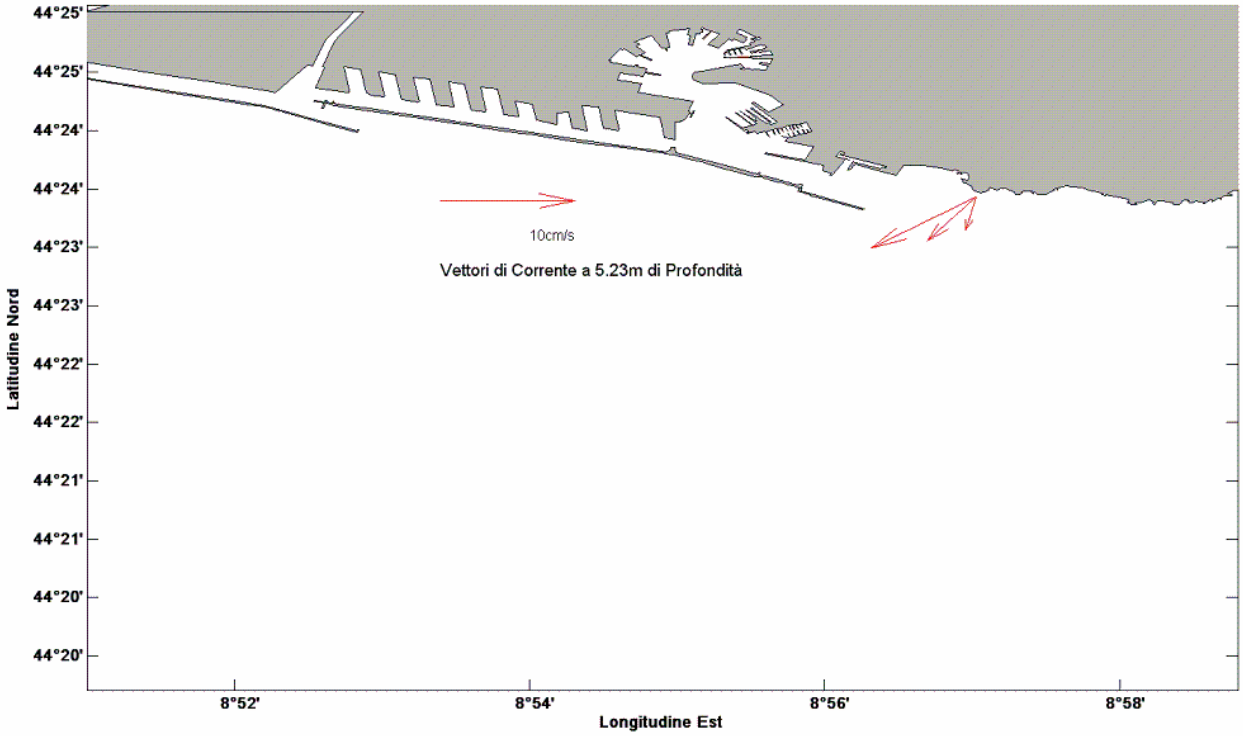
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 6.2 metri circa.



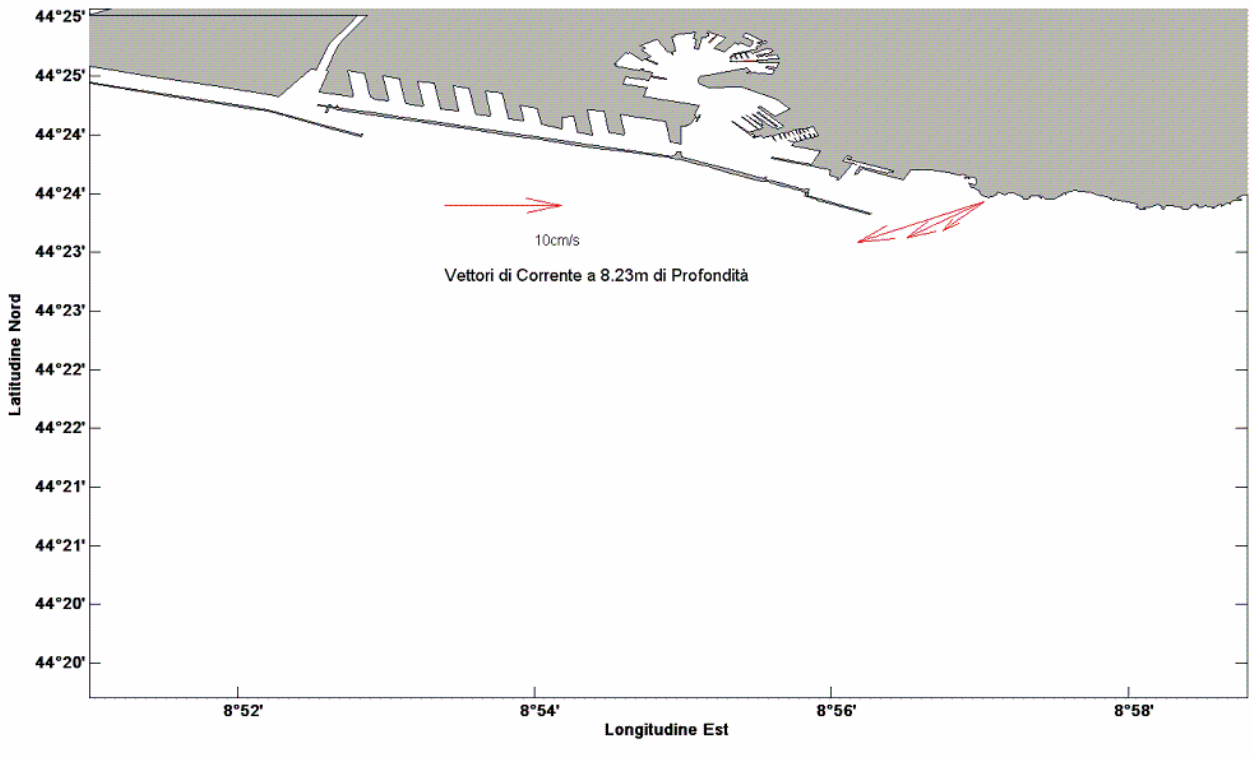
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



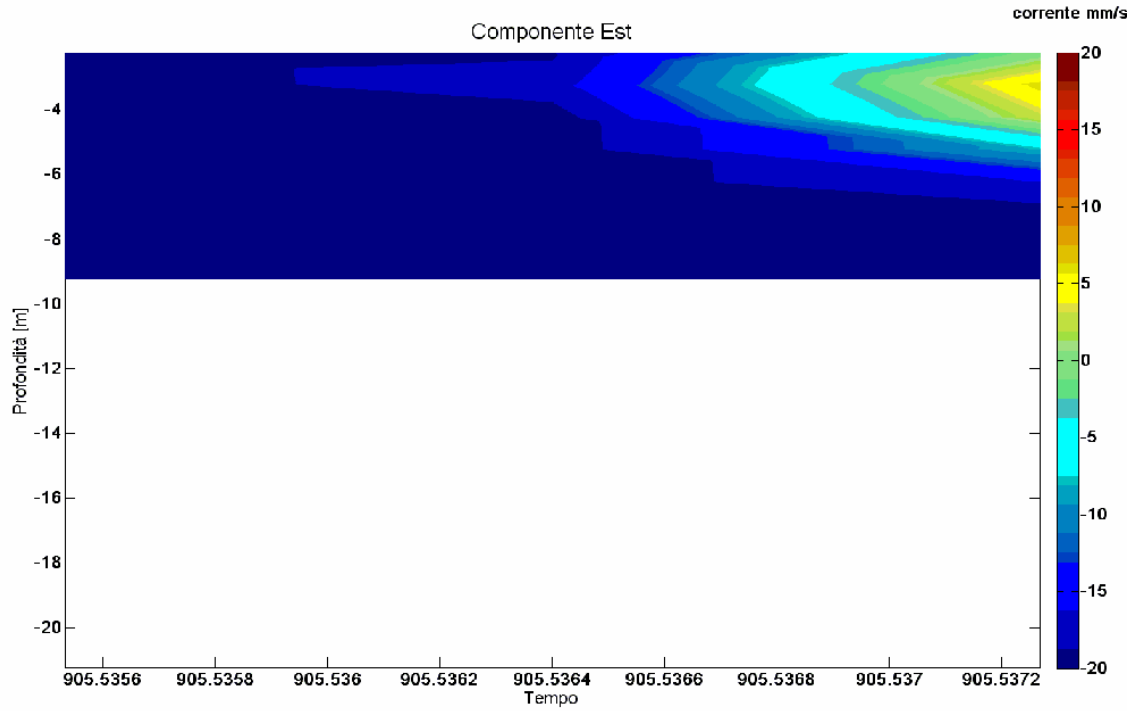
Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 3.2 metri circa.



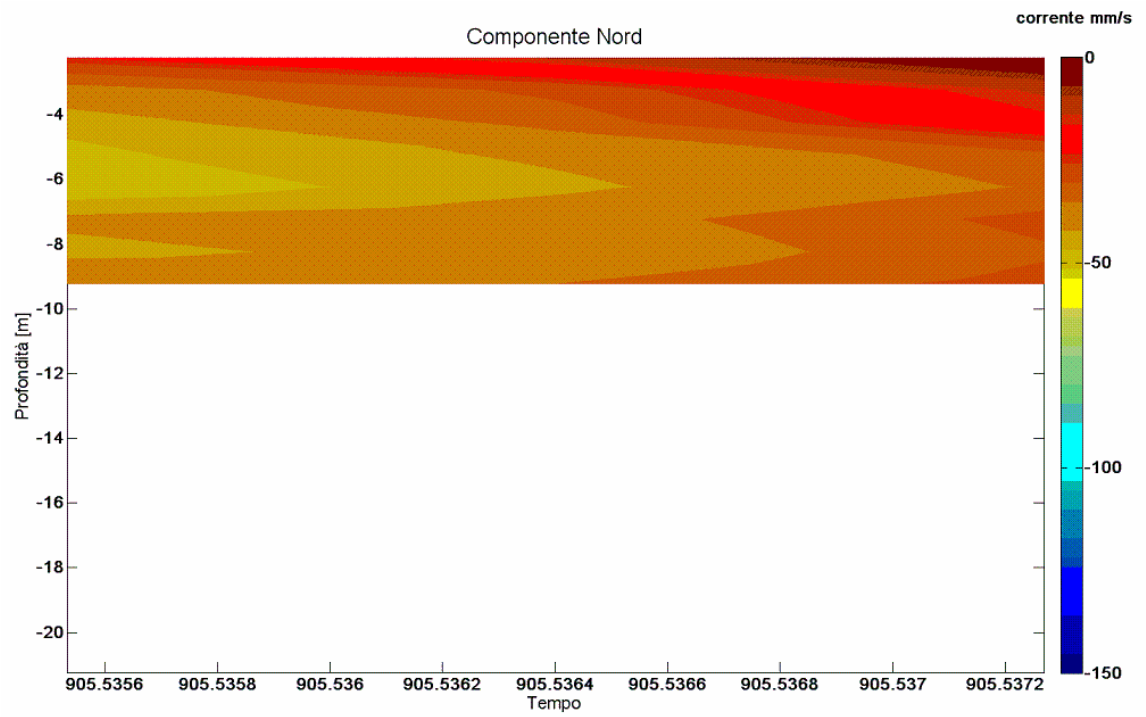
Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



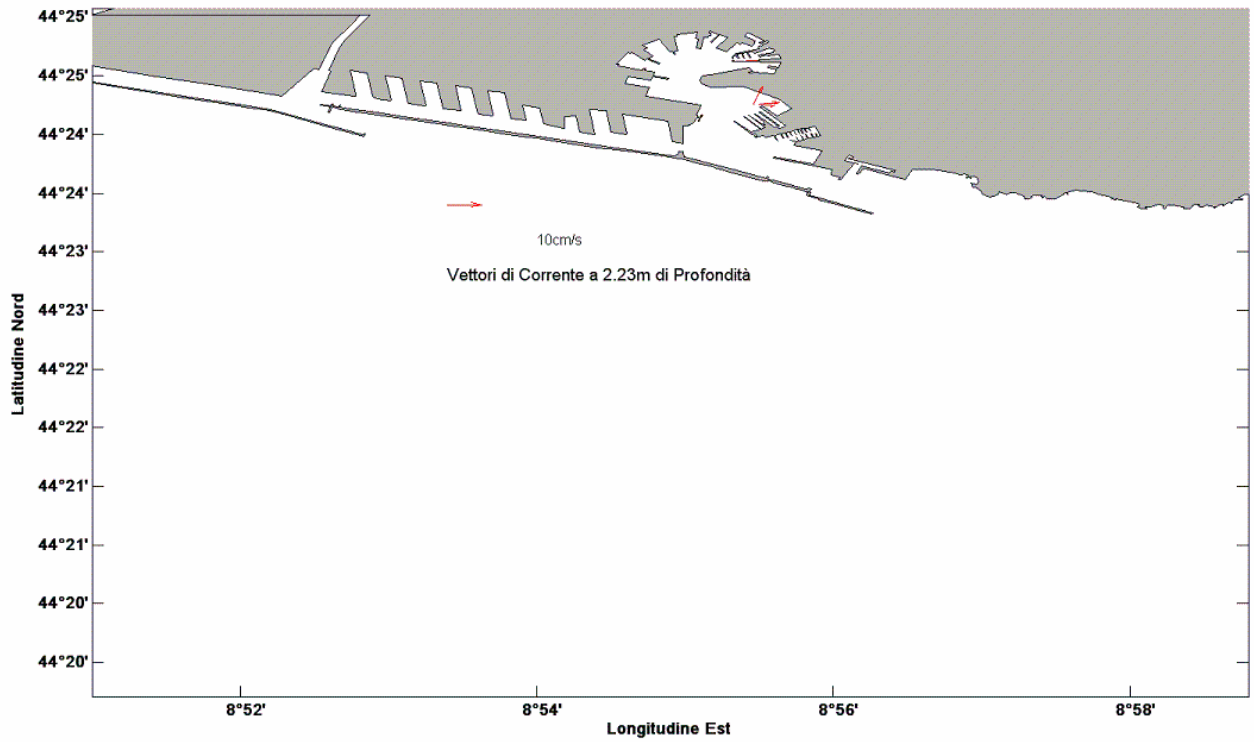
Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



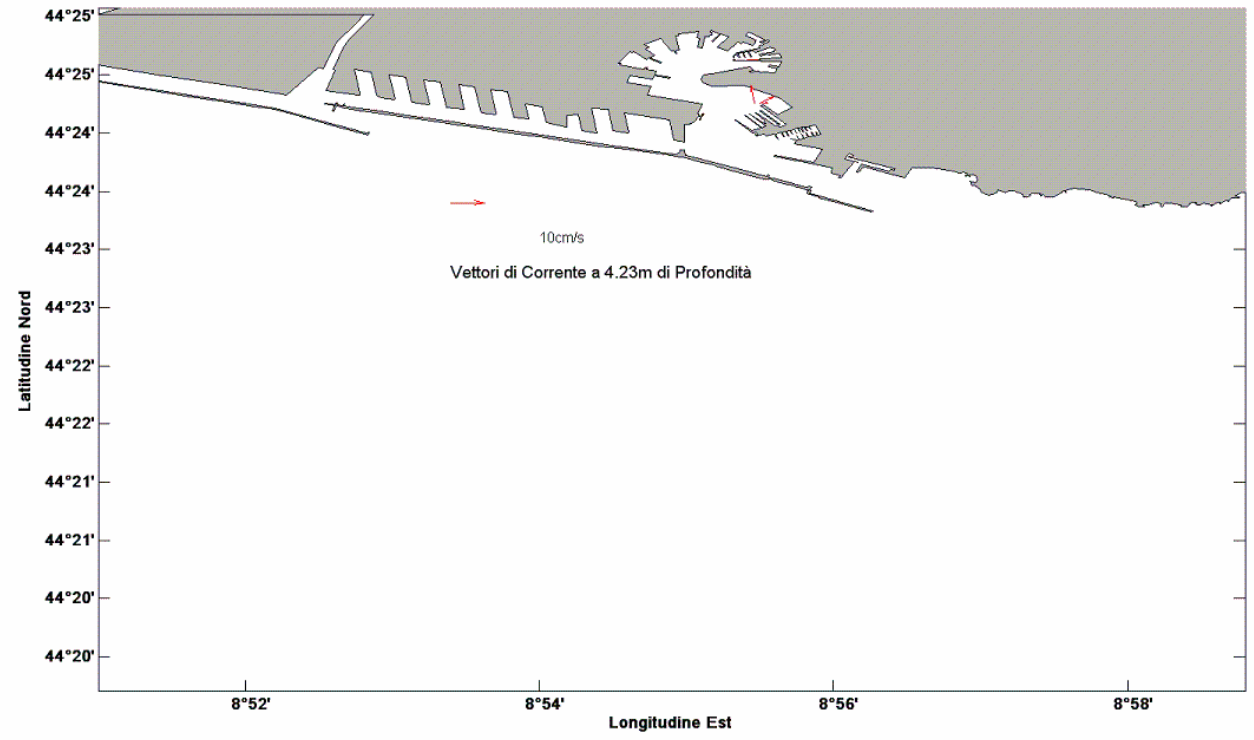
Stazione 10 – Componente Est della corrente misurata



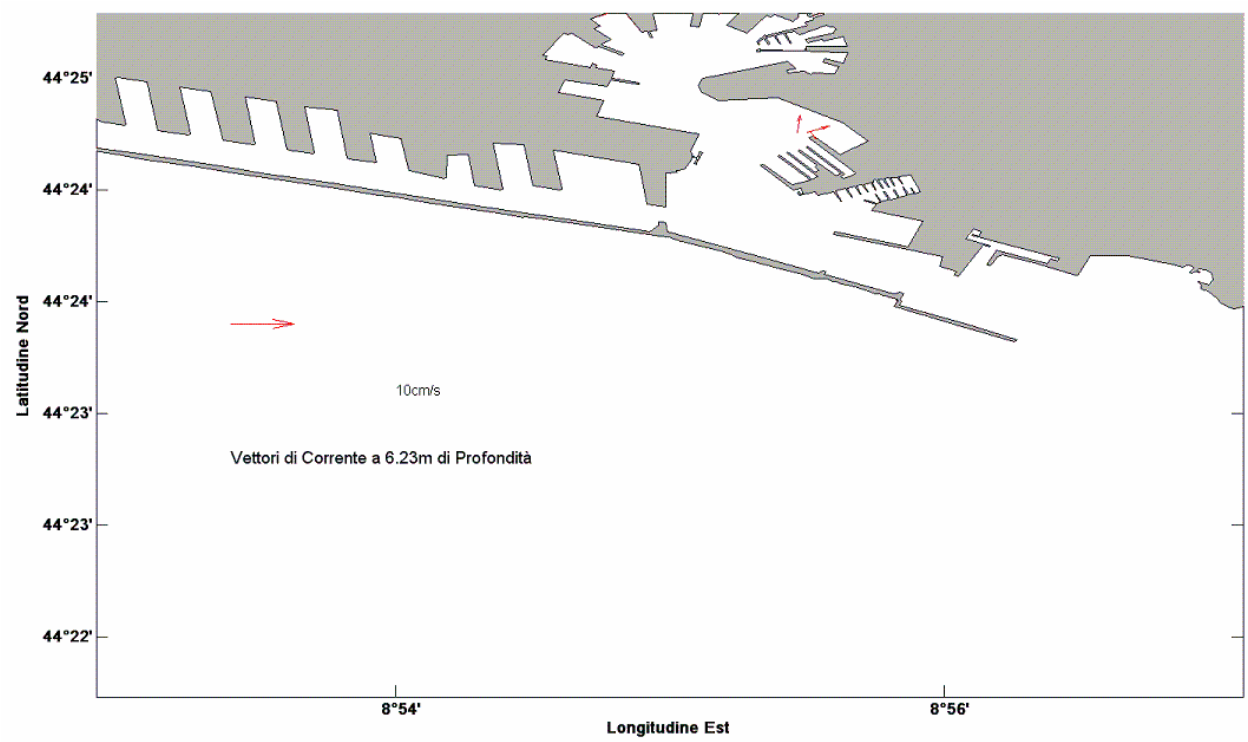
Stazione 10 – Componente Nord della corrente misurata



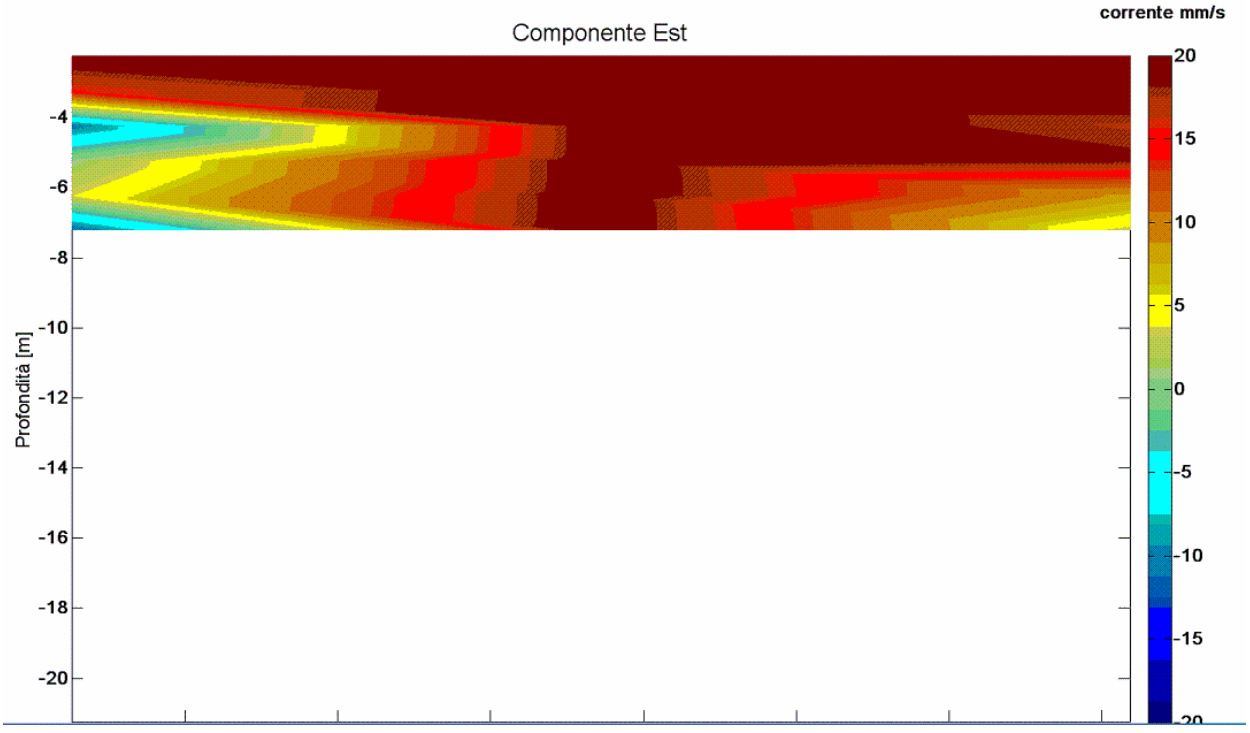
Stazione 11 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



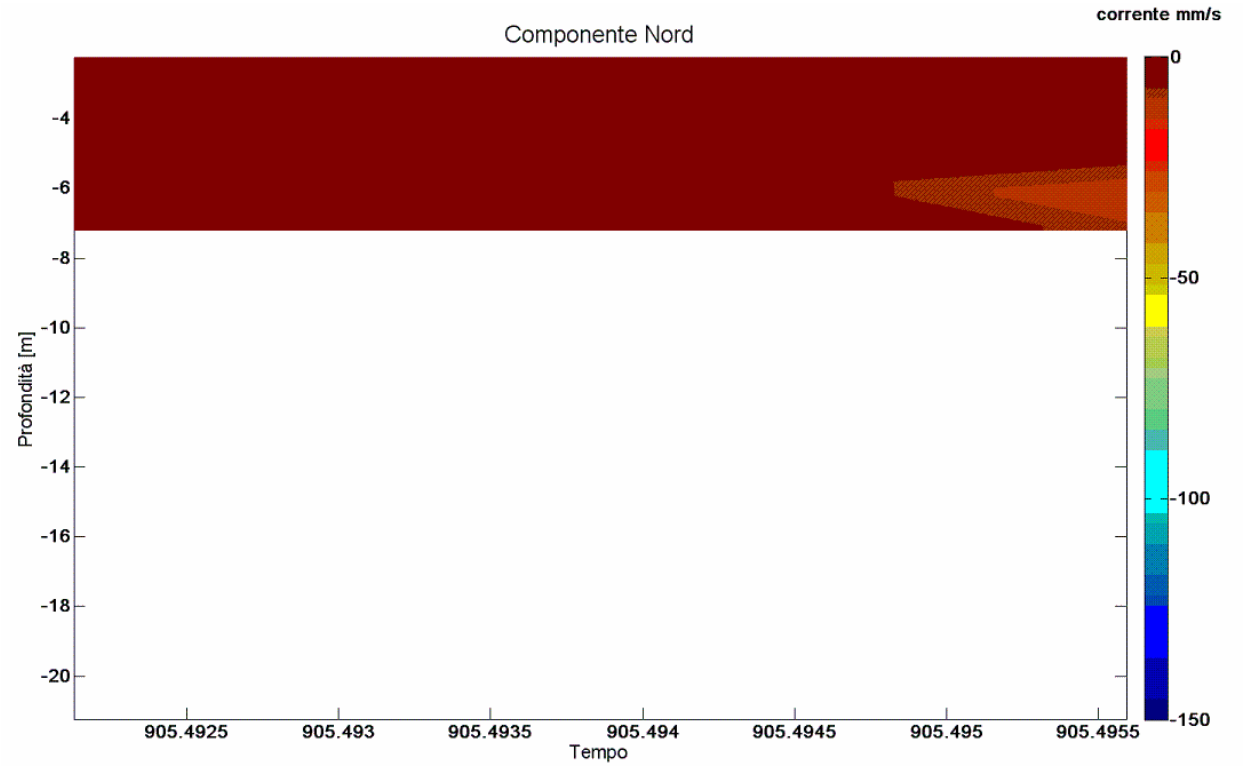
Stazione 11 – Vettori di corrente alla profondità di 4.2 metri circa.



Stazione 11 – Vettori di corrente alla profondità di 6.2 metri circa.



Stazione 11 – Componente Est della corrente misurata

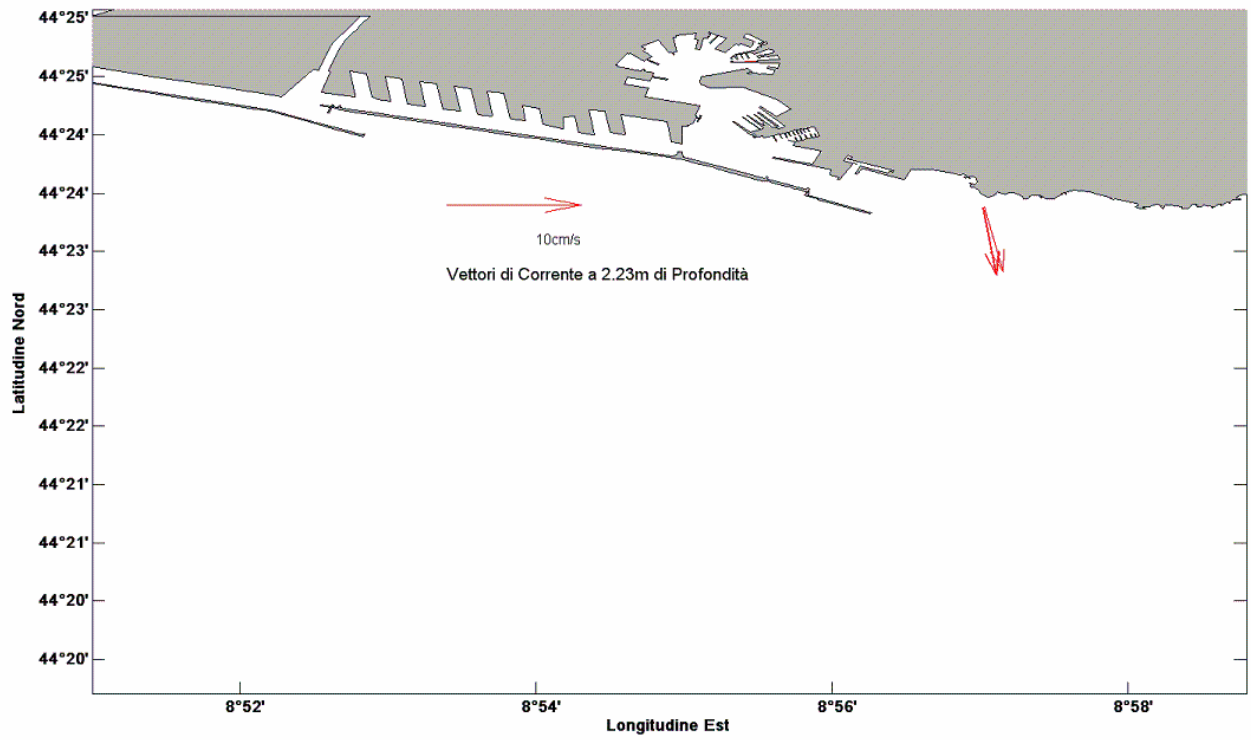


Stazione 11 – Componente Nord della corrente misurata

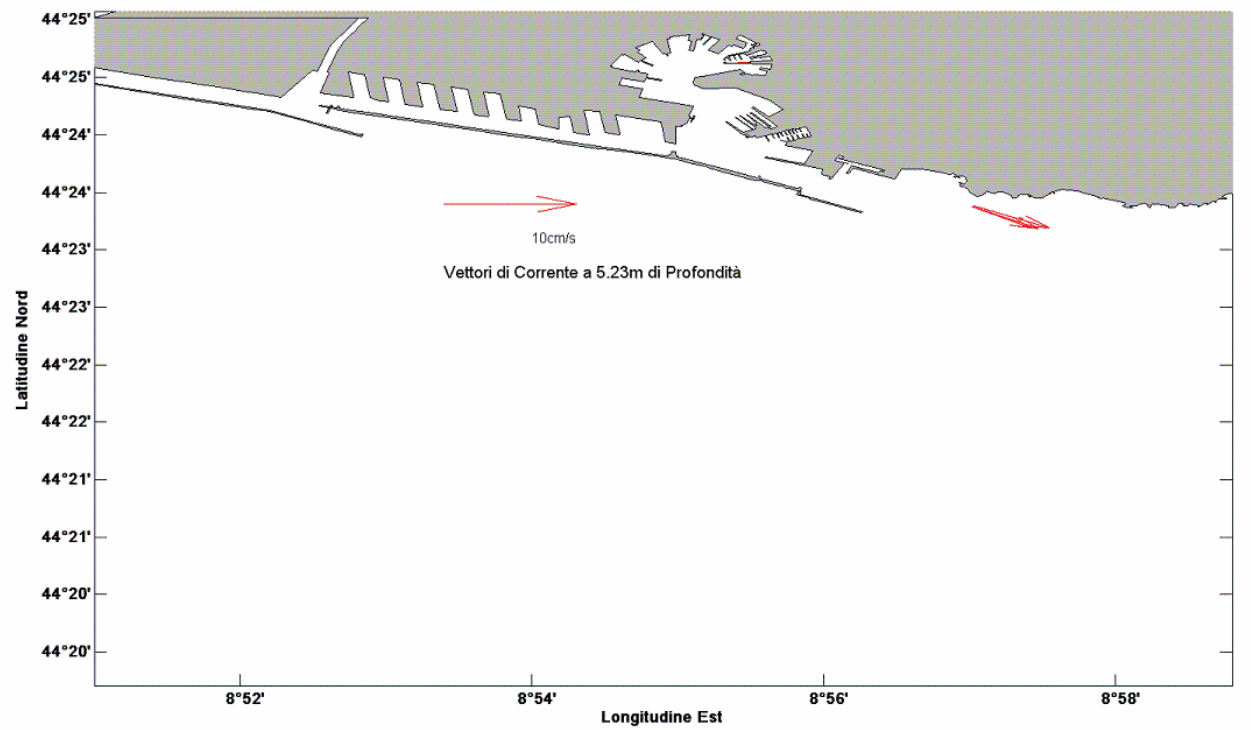
ALLEGATO 2B
Campagna “ottobre 2008”

Vettori rilevati alle varie profondità e

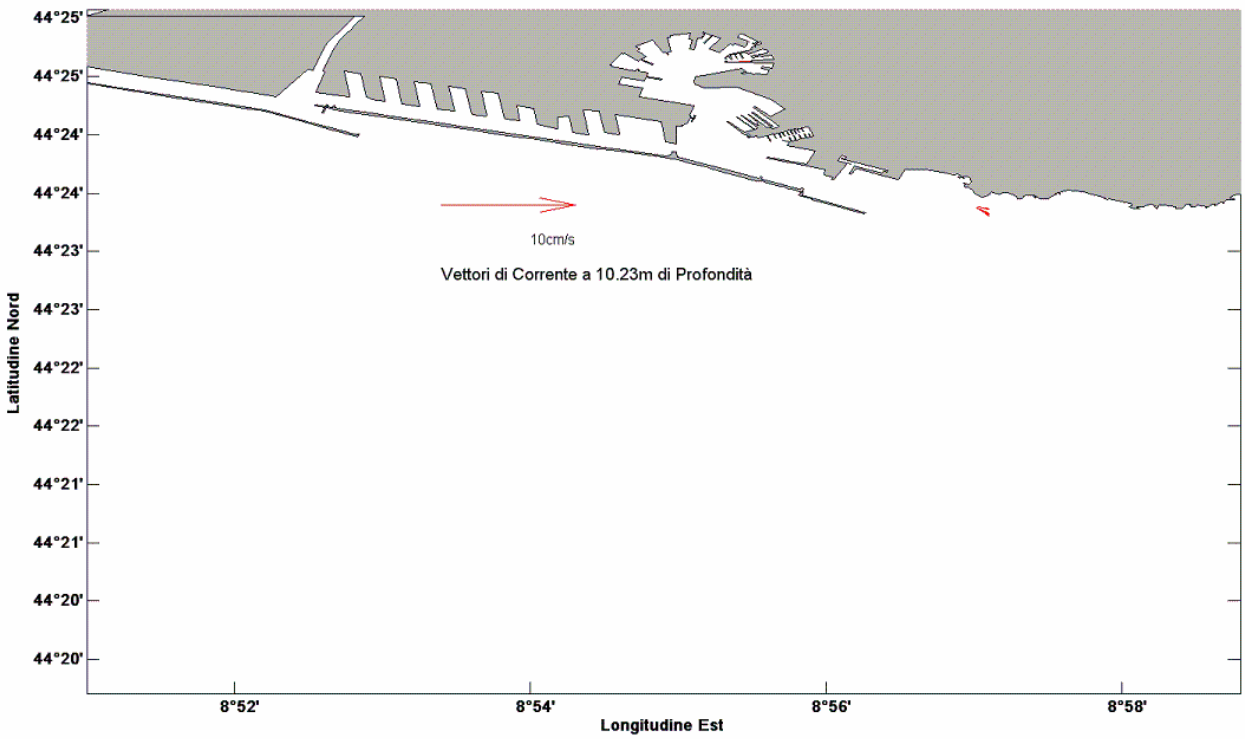
andamento delle componenti Est e Nord delle correnti rilevate



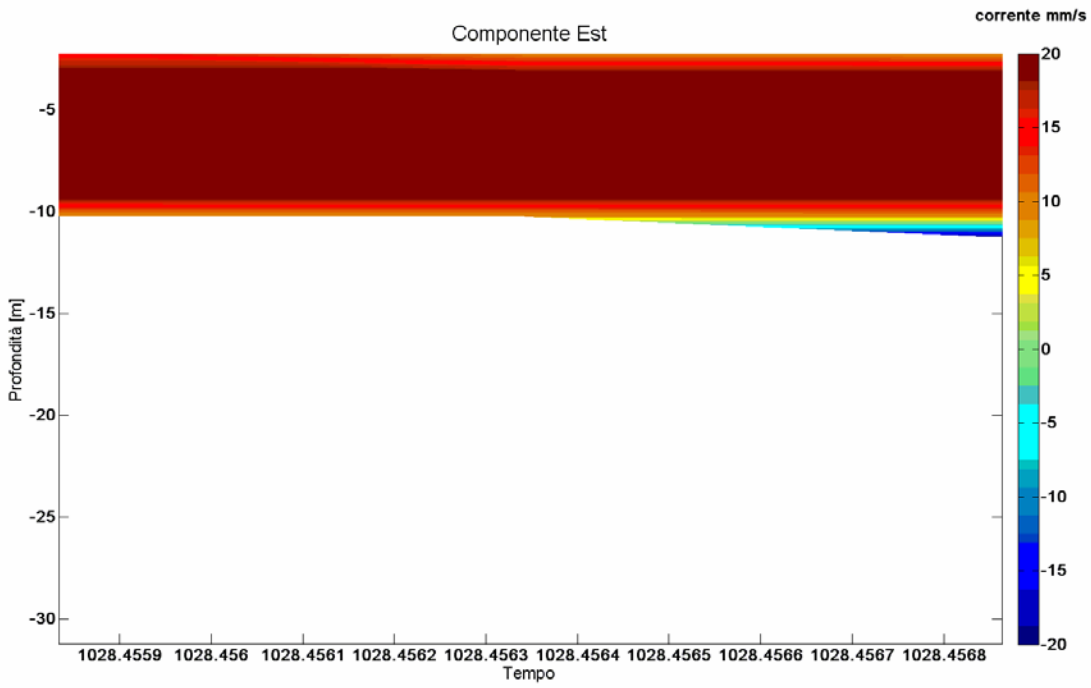
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



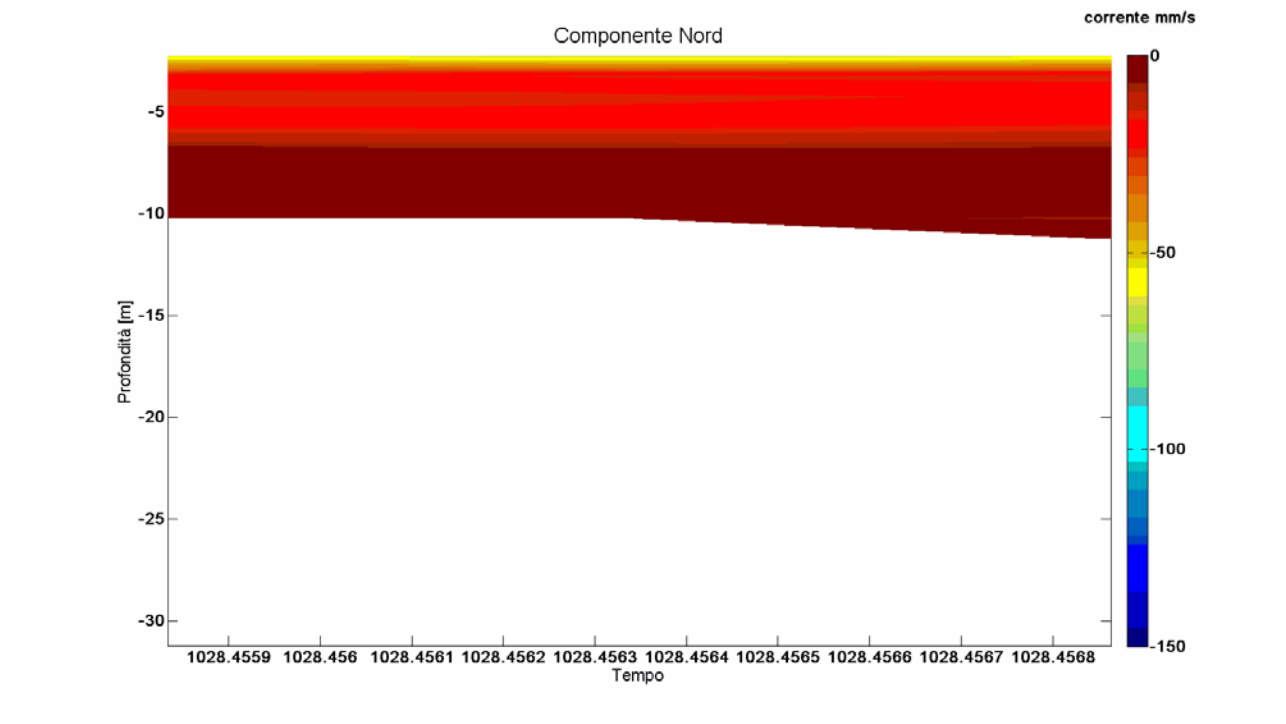
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



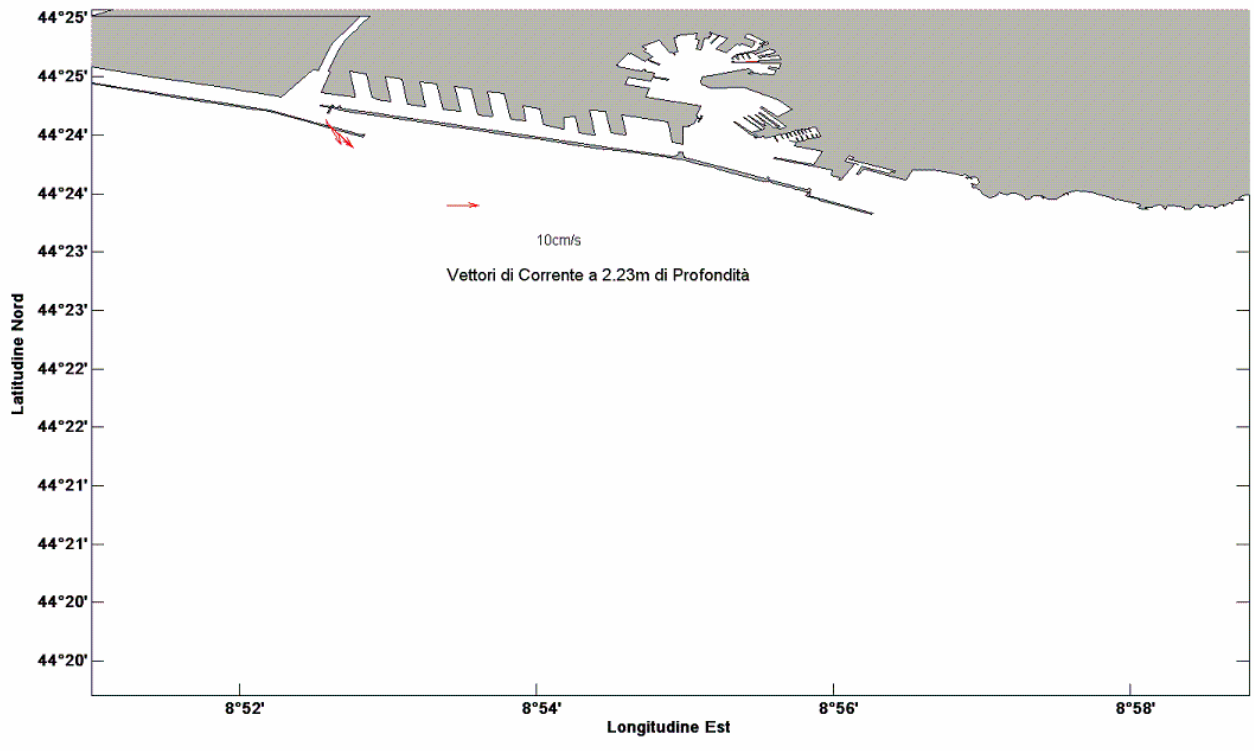
Stazione 1 – Vettori di corrente alla profondità di 10.2 metri circa.



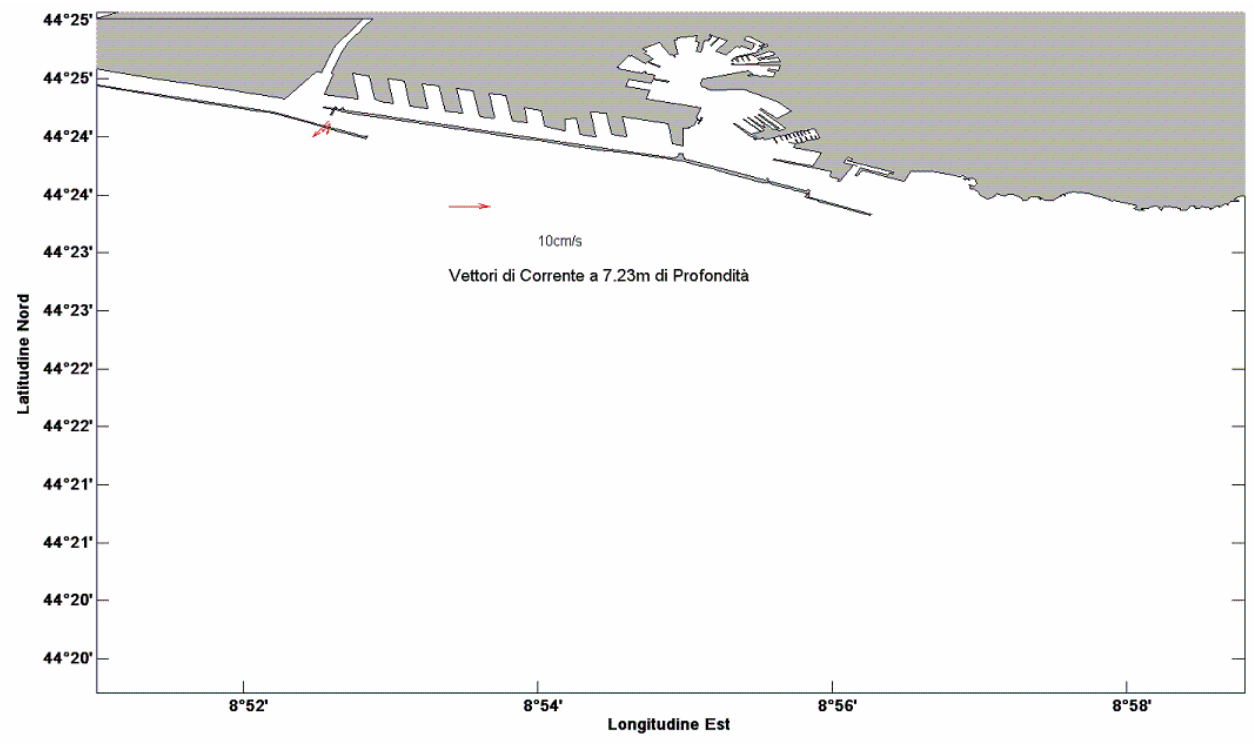
Stazione 1 – Componente Est della corrente misurata



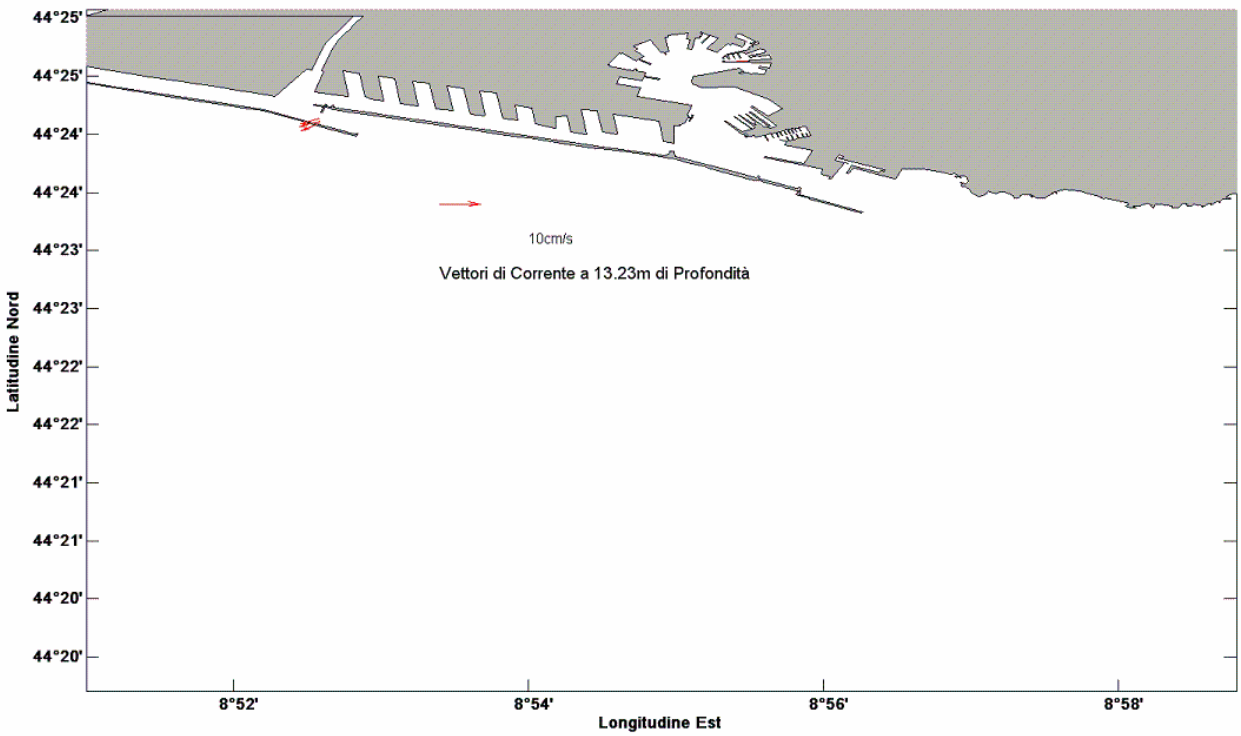
Stazione 1 – Componente Nord della corrente misurata



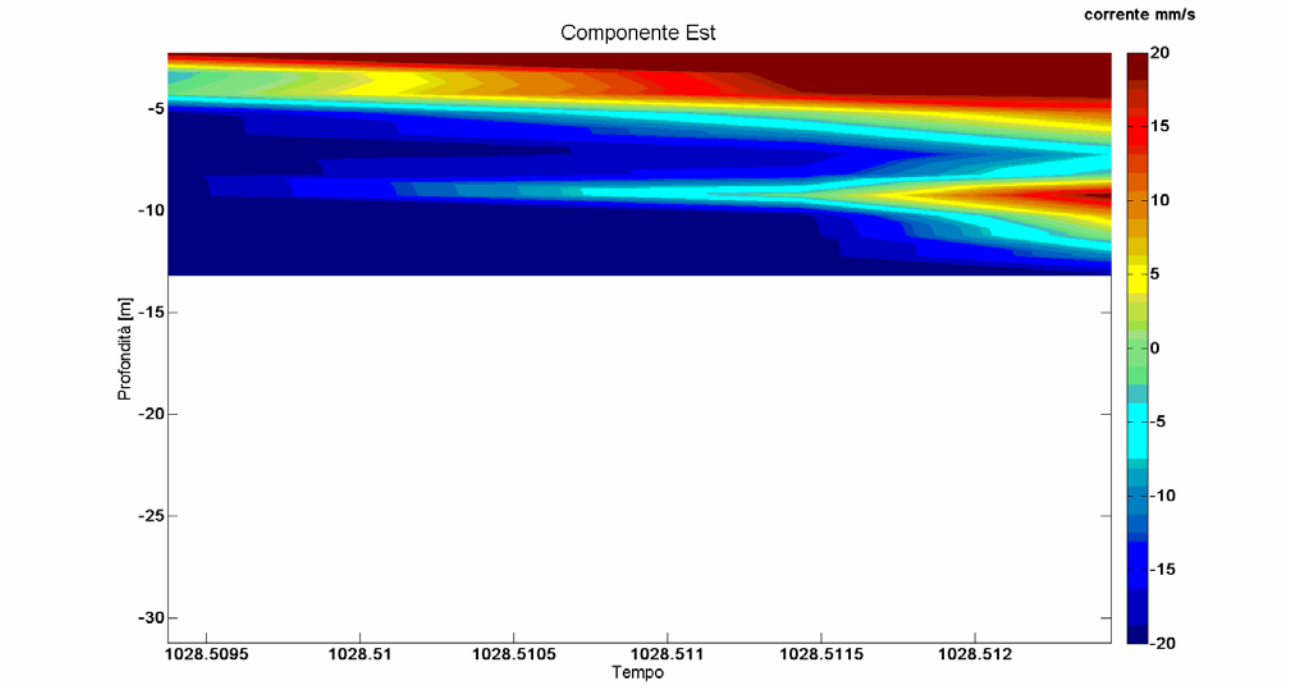
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



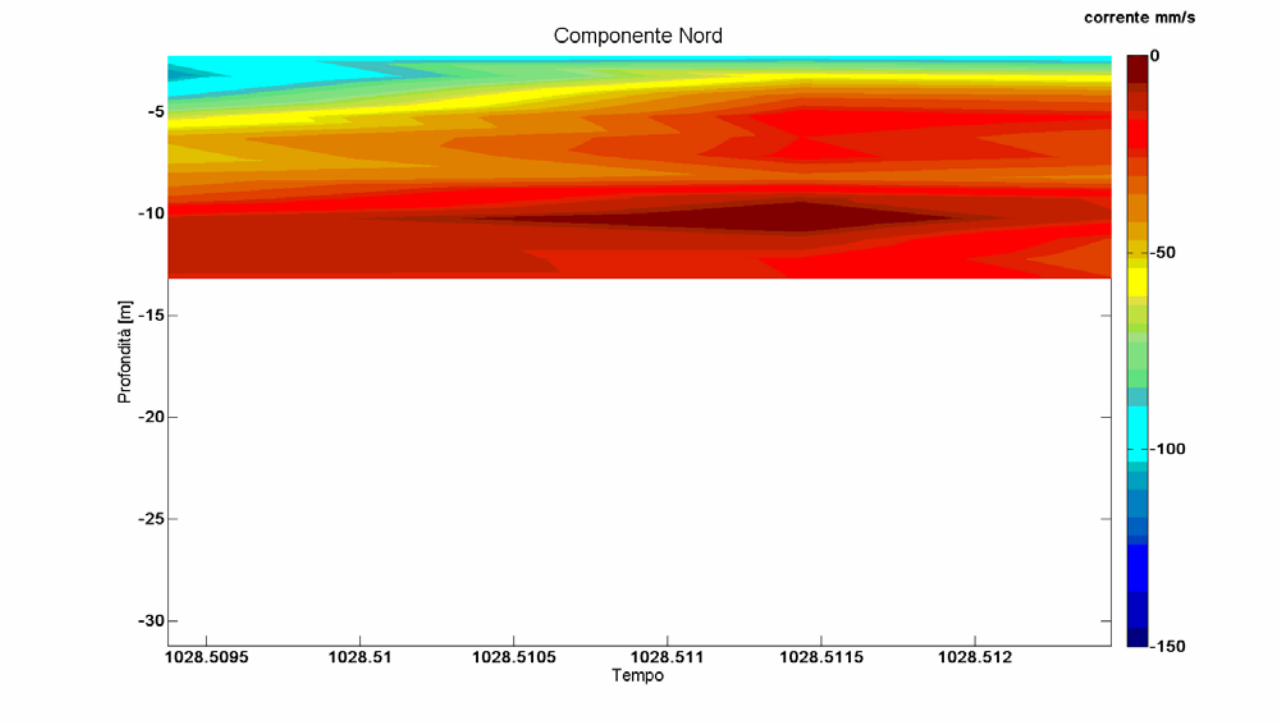
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 7.2 metri circa.



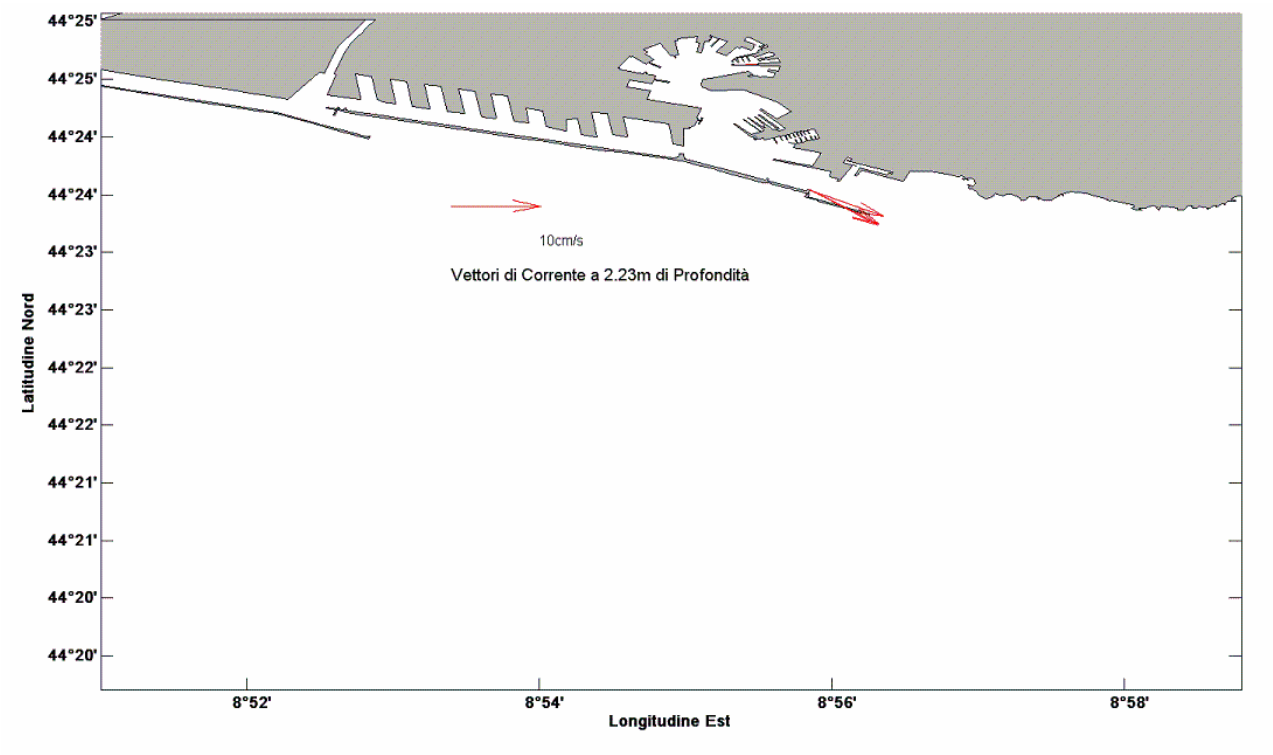
Stazione 2 – Vettori di corrente alla profondità di 13.2 metri circa.



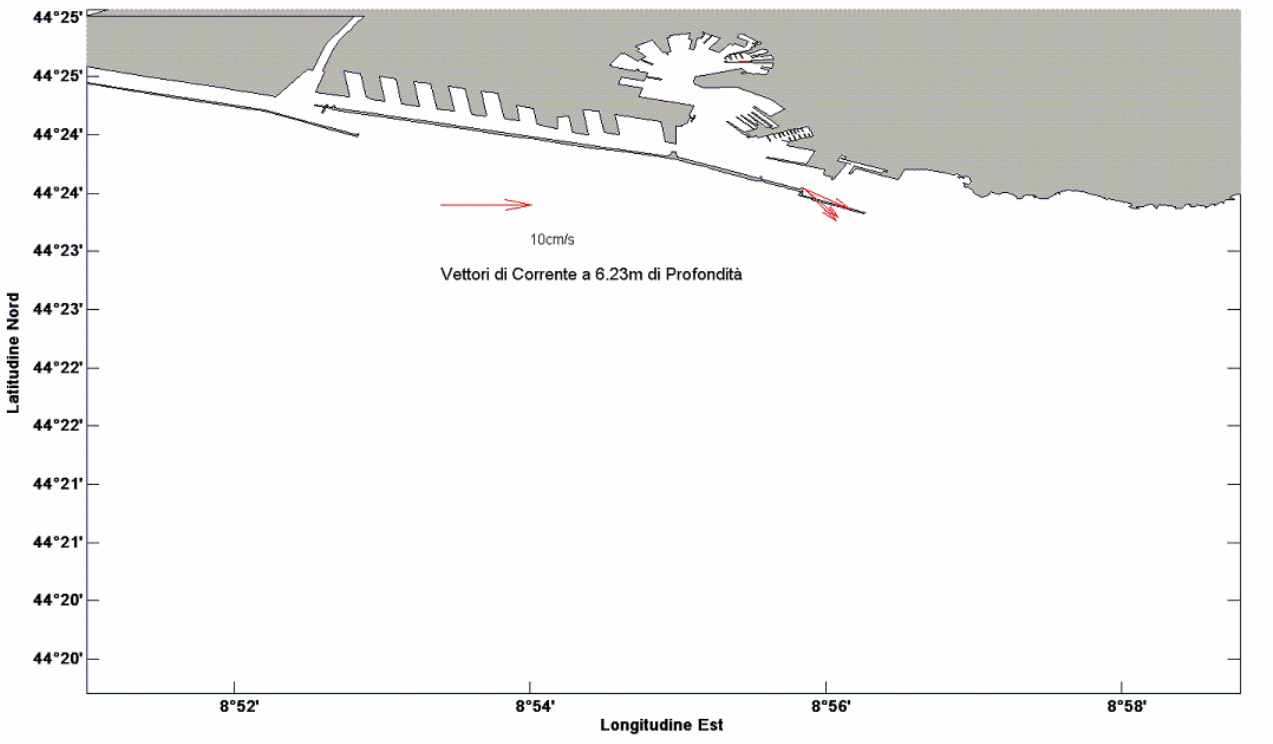
Stazione 2 – Componente Est della corrente misurata



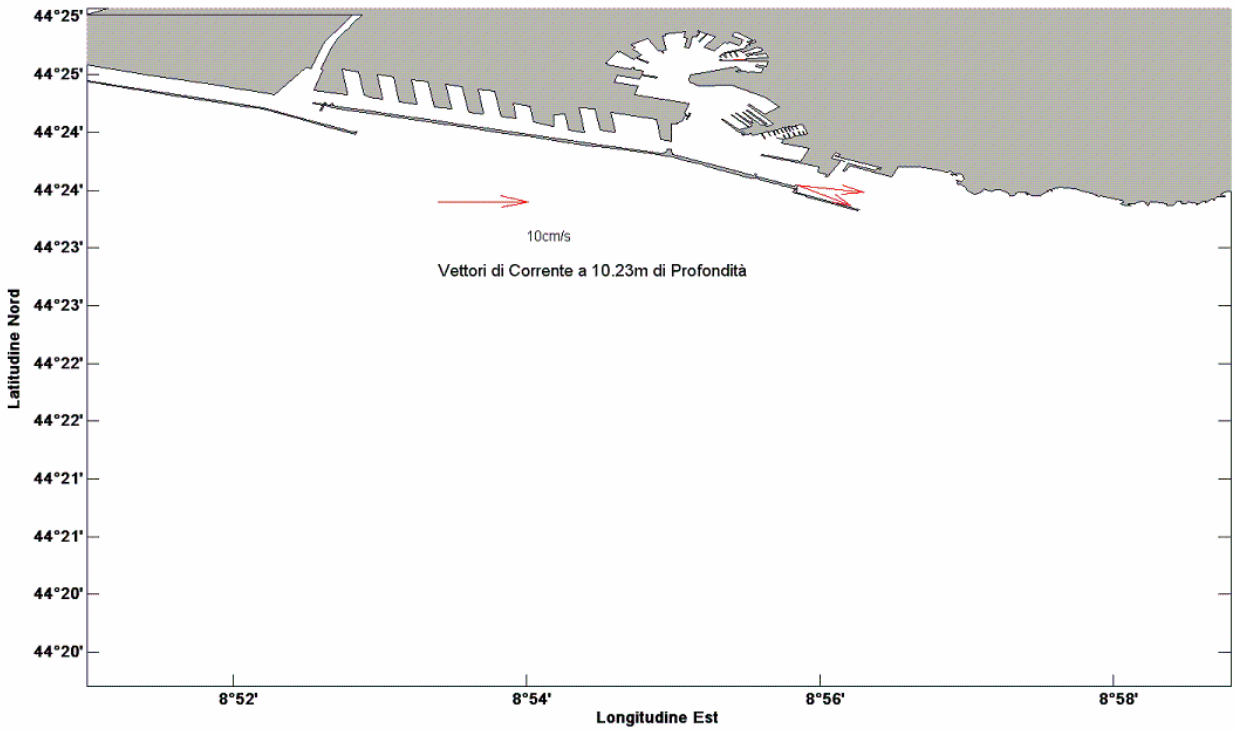
Stazione 2 – Componente Nord della corrente misurata



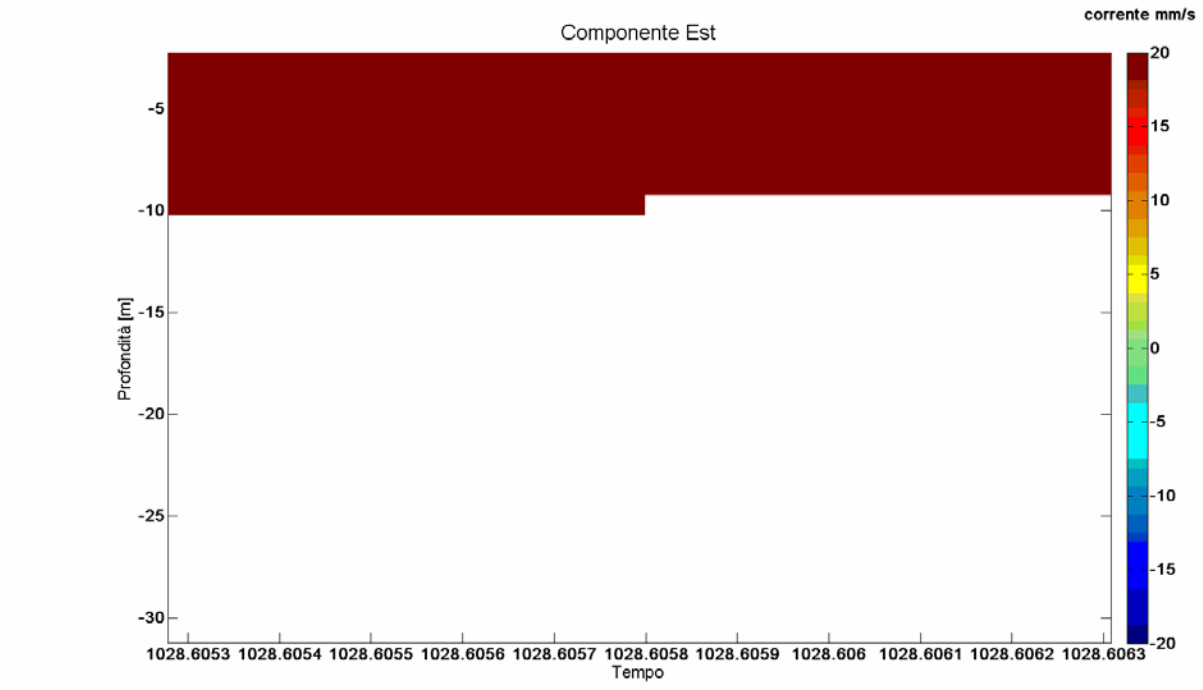
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



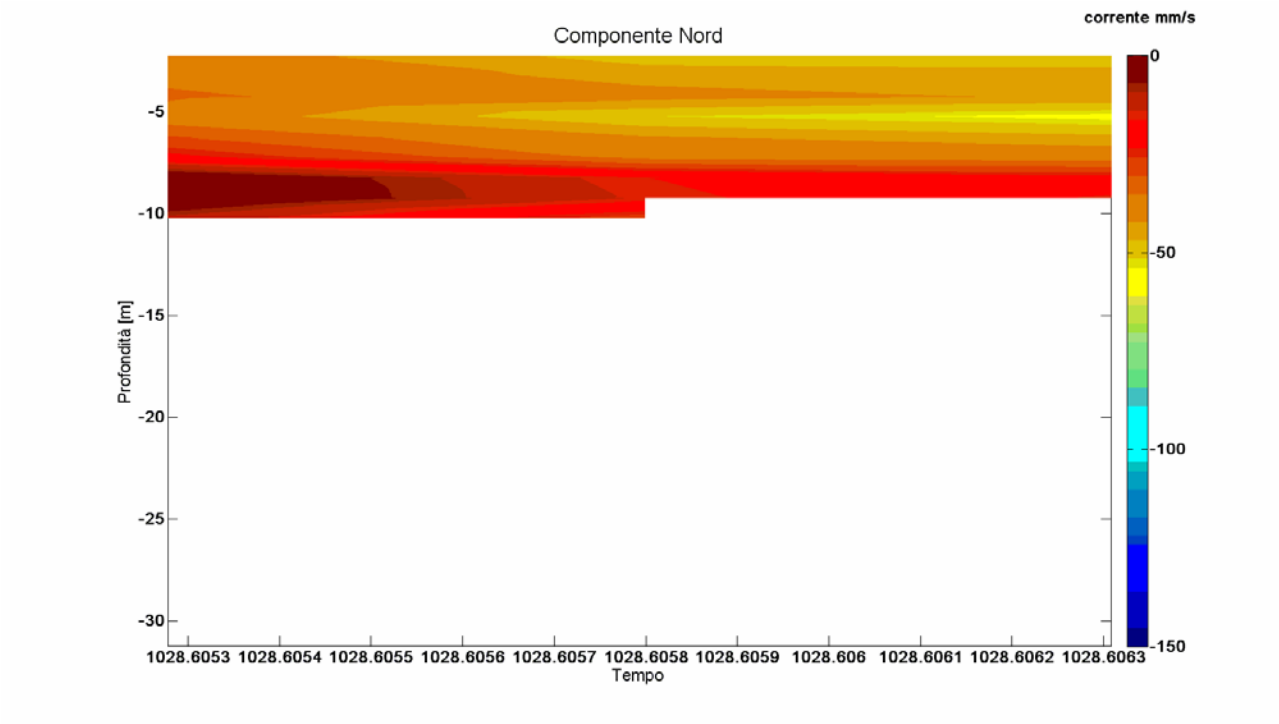
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 6.2 metri circa.



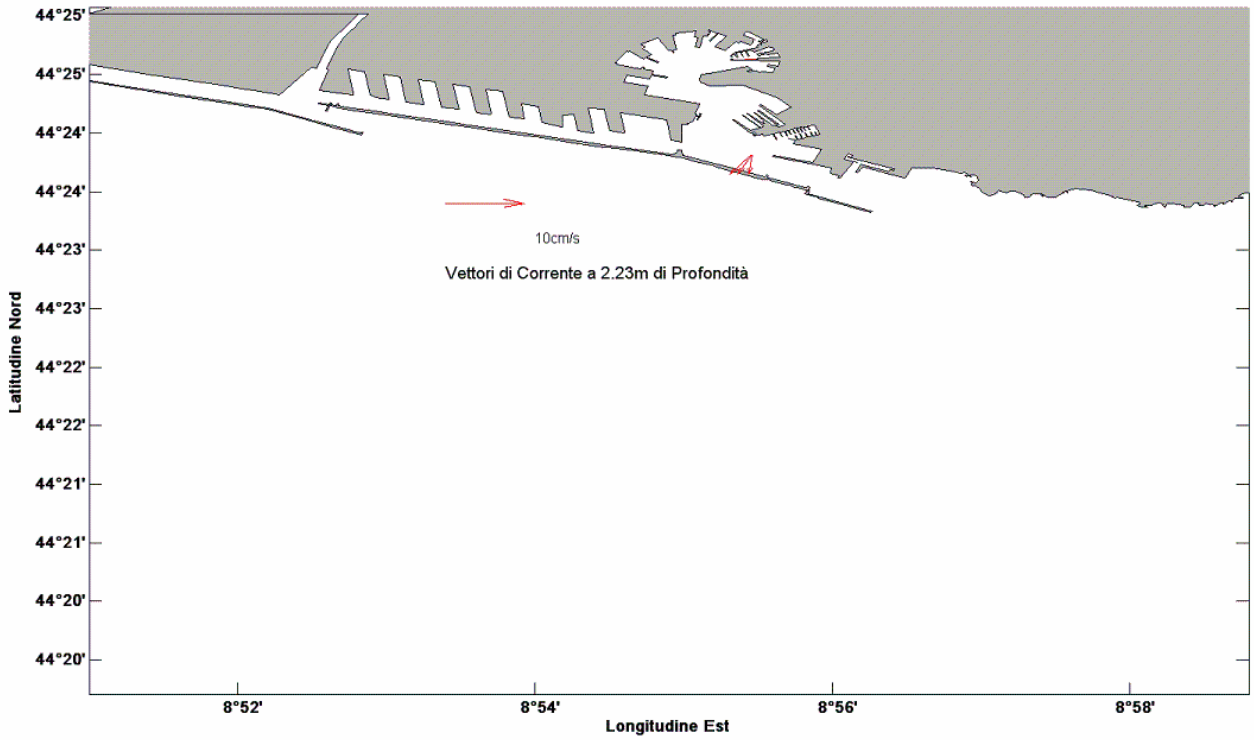
Stazione 3 – Vettori di corrente alla profondità di 10.2 metri circa.



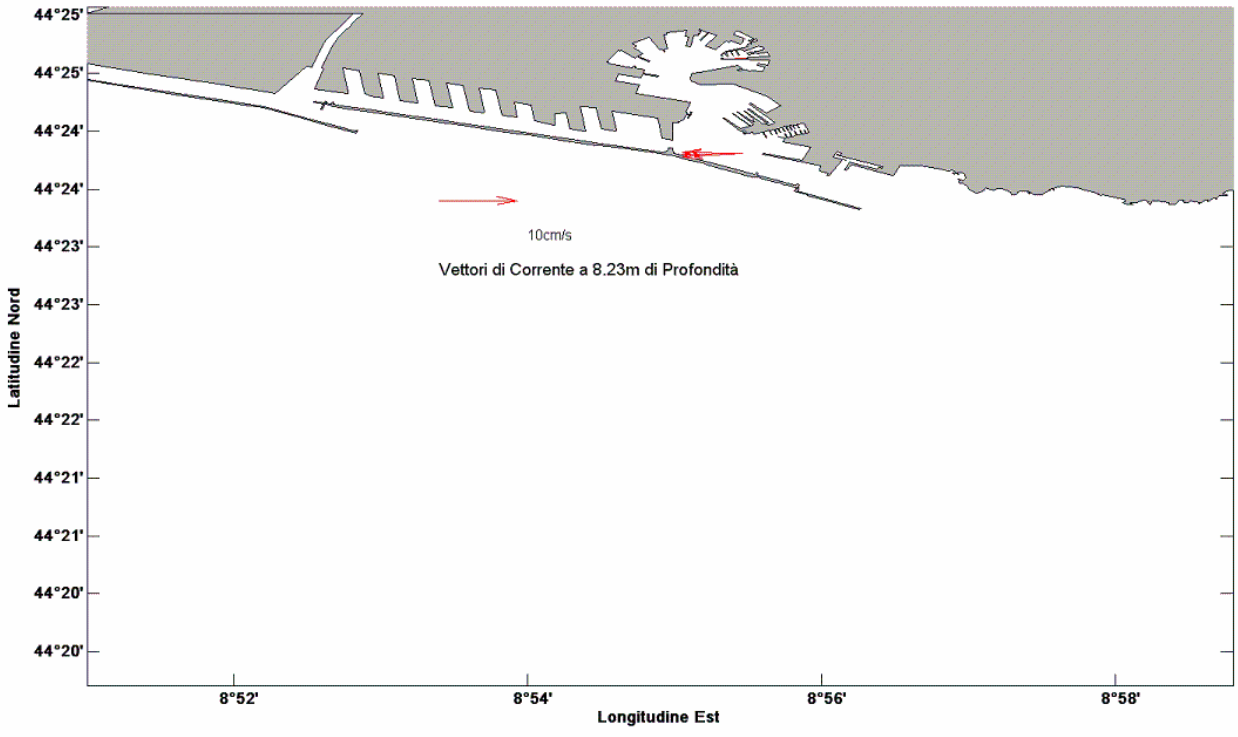
Stazione 3 – Componente Est della corrente misurata



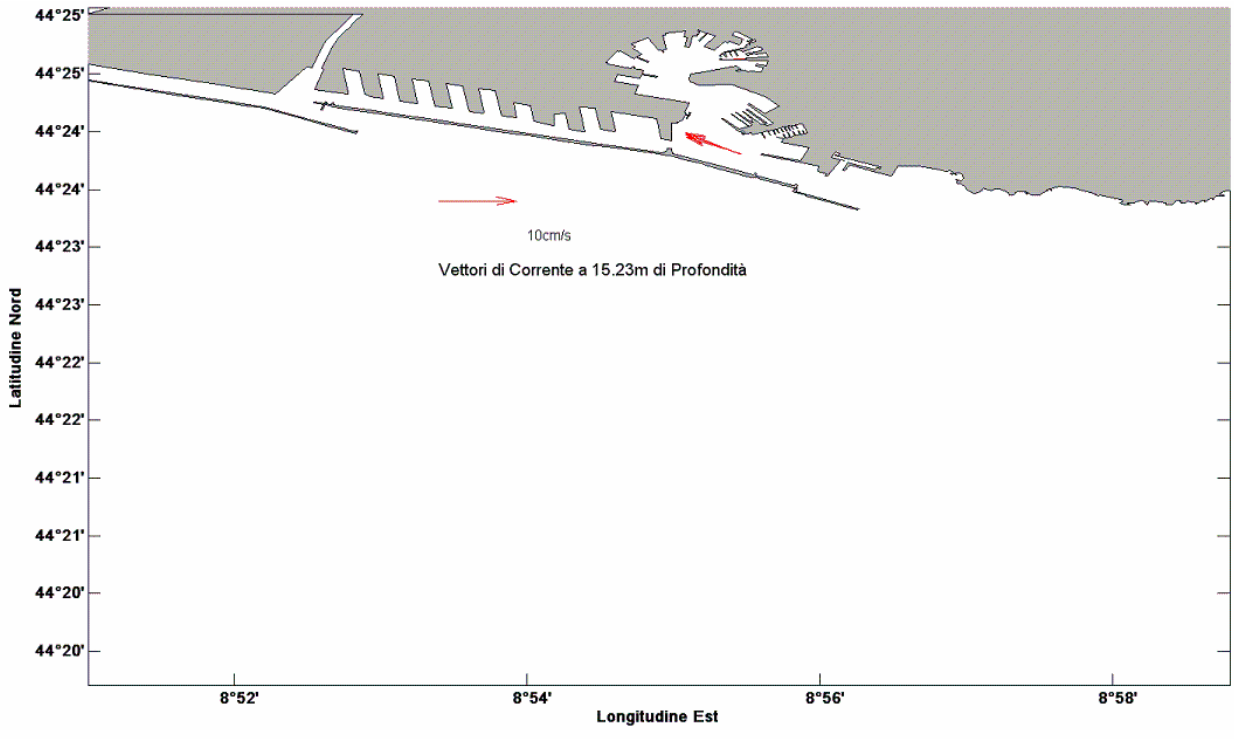
Stazione 3 – Componente Nord della corrente misurata



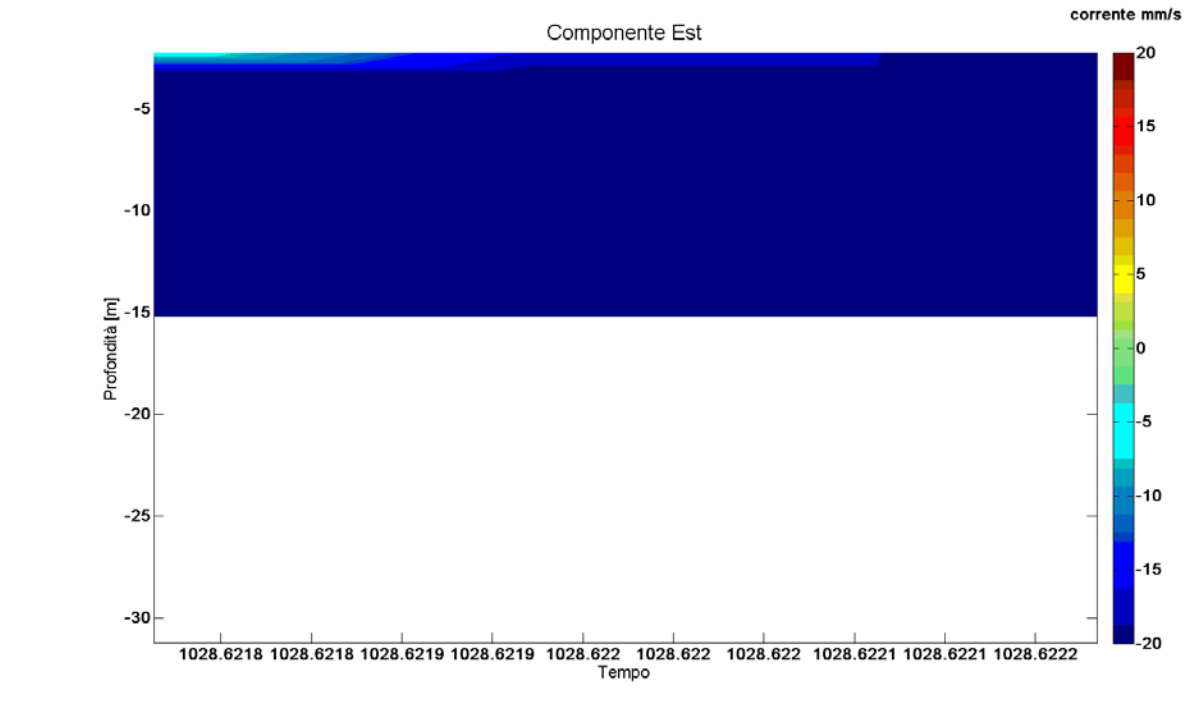
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



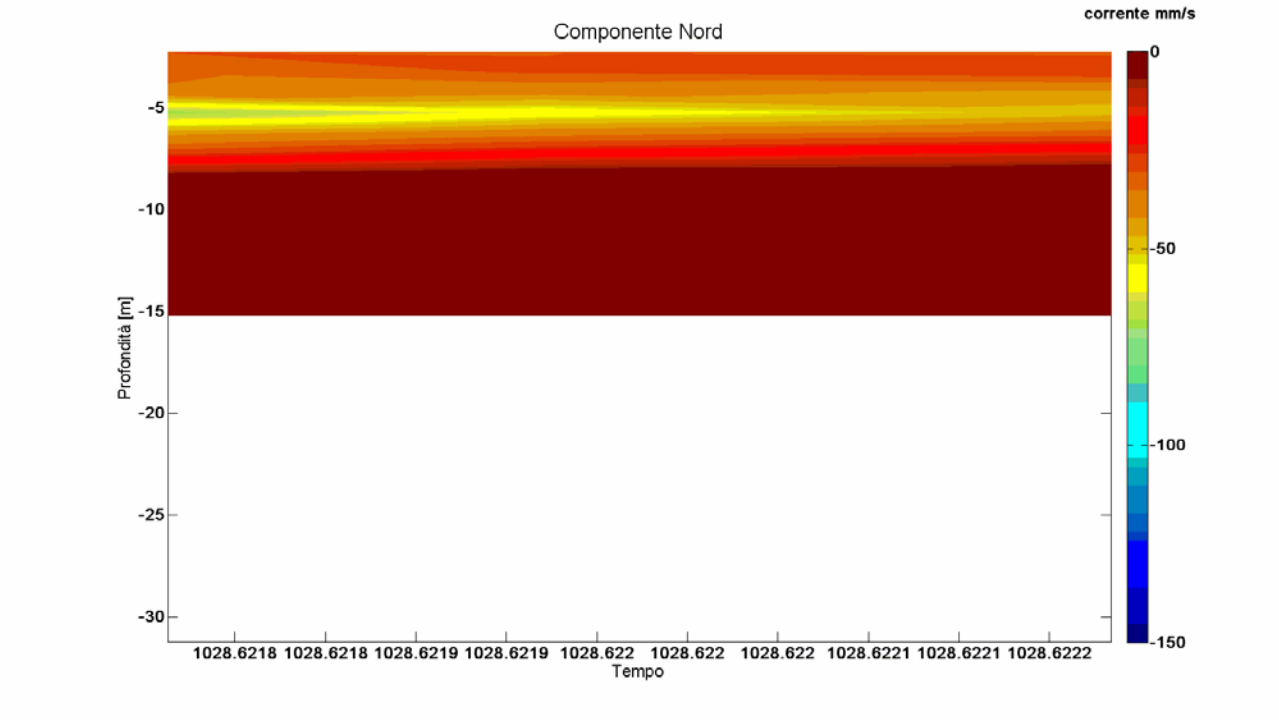
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 8.2 metri circa.



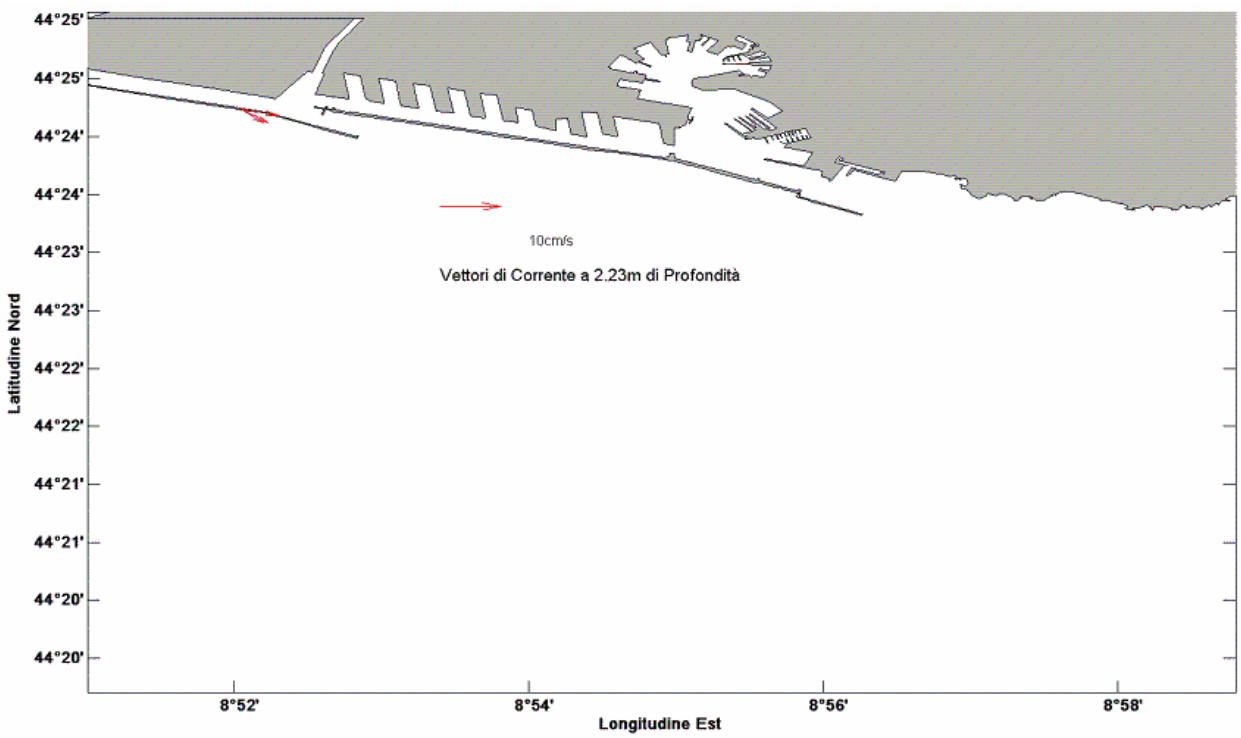
Stazione 4 – Vettori di corrente alla profondità di 15.2 metri circa.



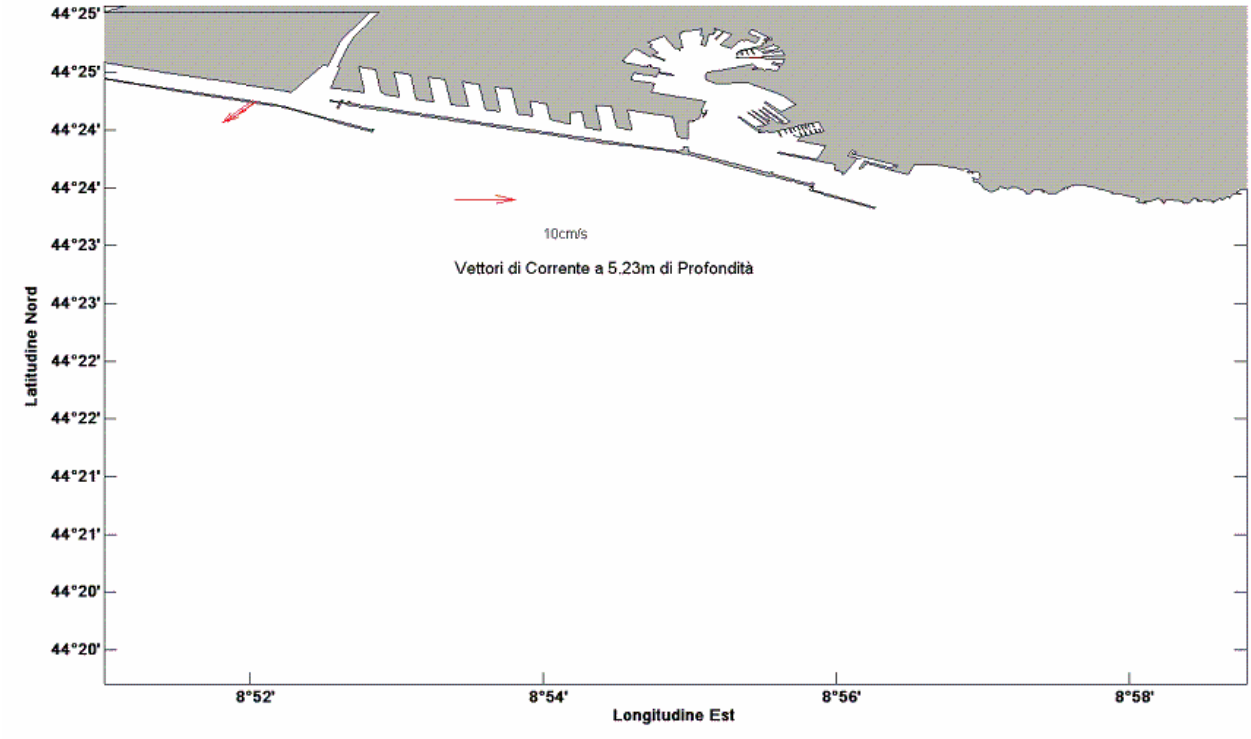
Stazione 4 – Componente Est della corrente misurata



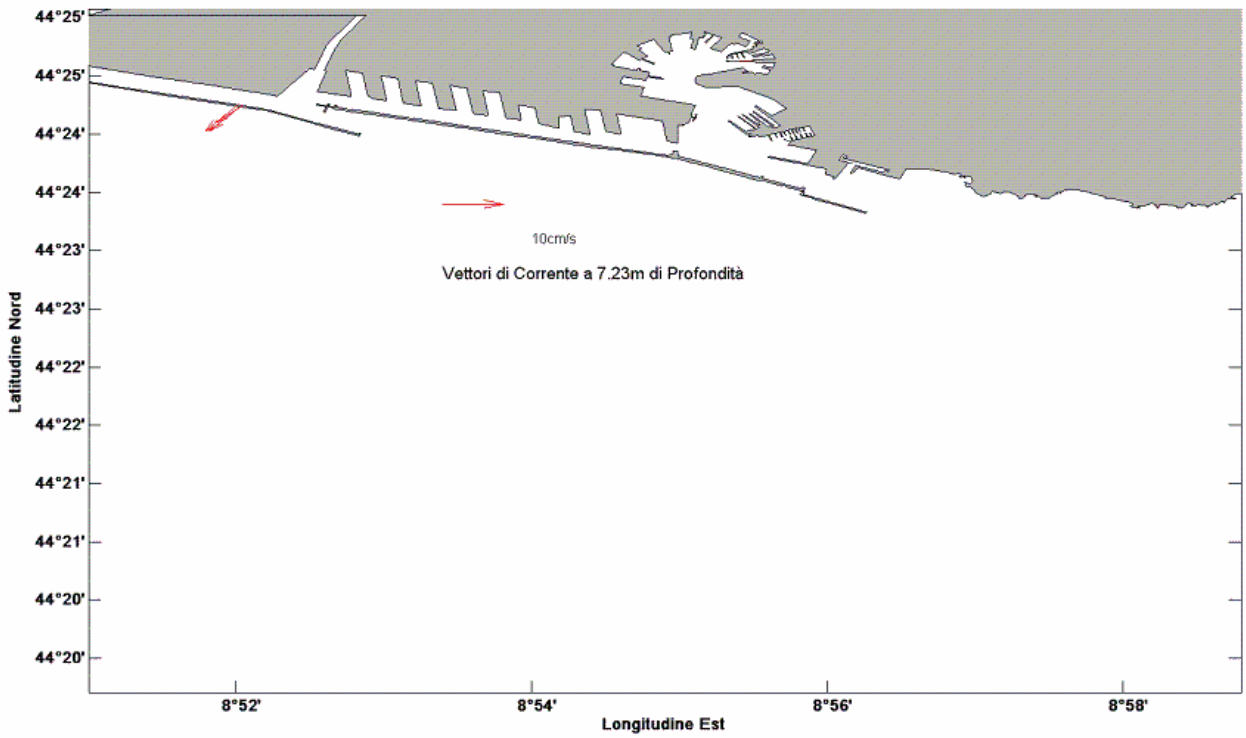
Stazione 4 – Componente Nord della corrente misurata



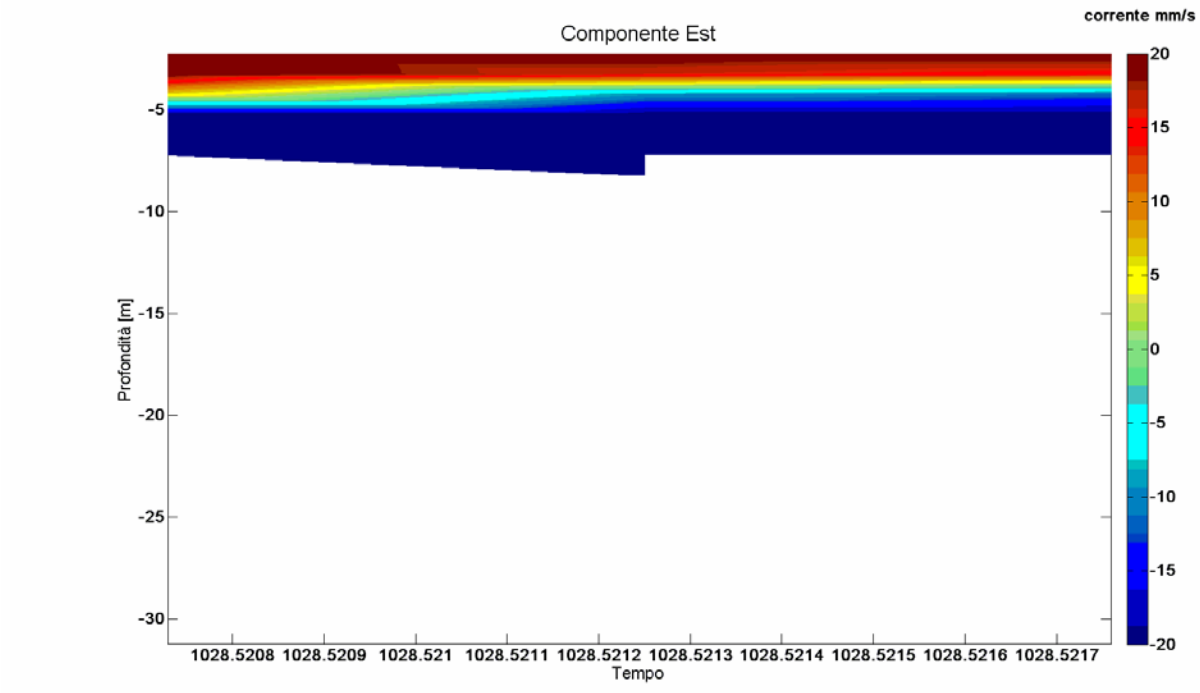
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



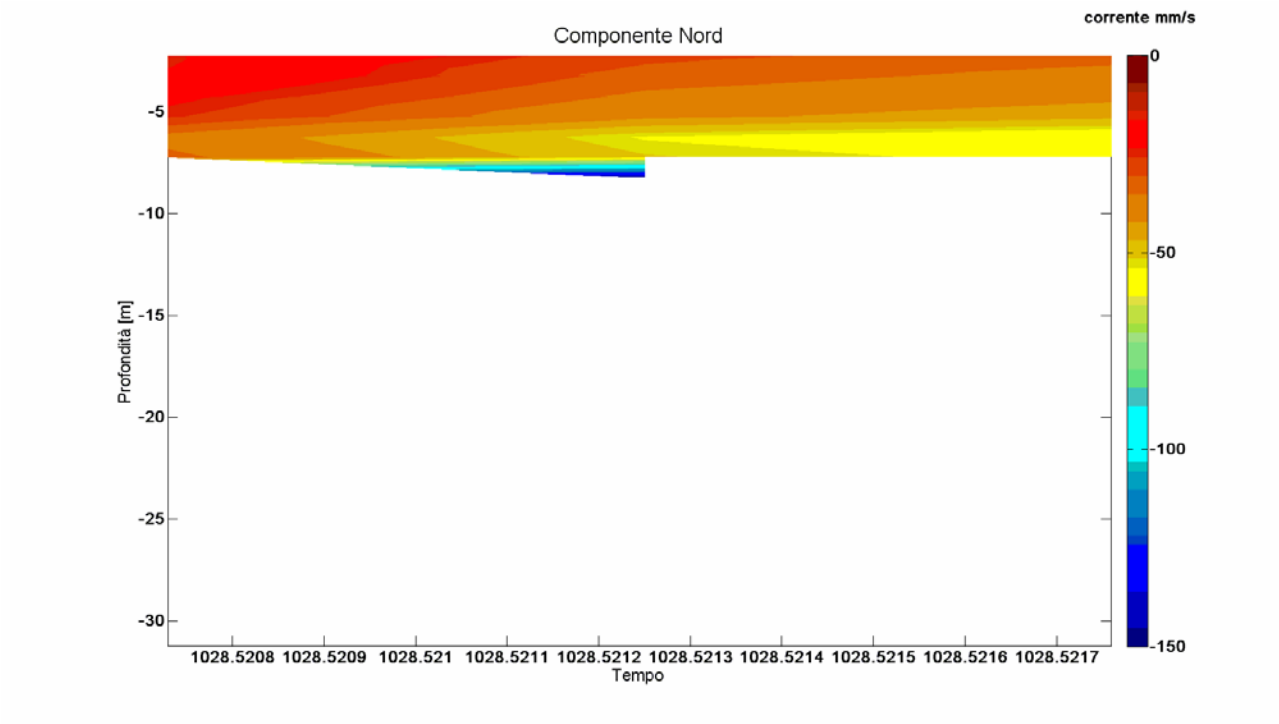
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



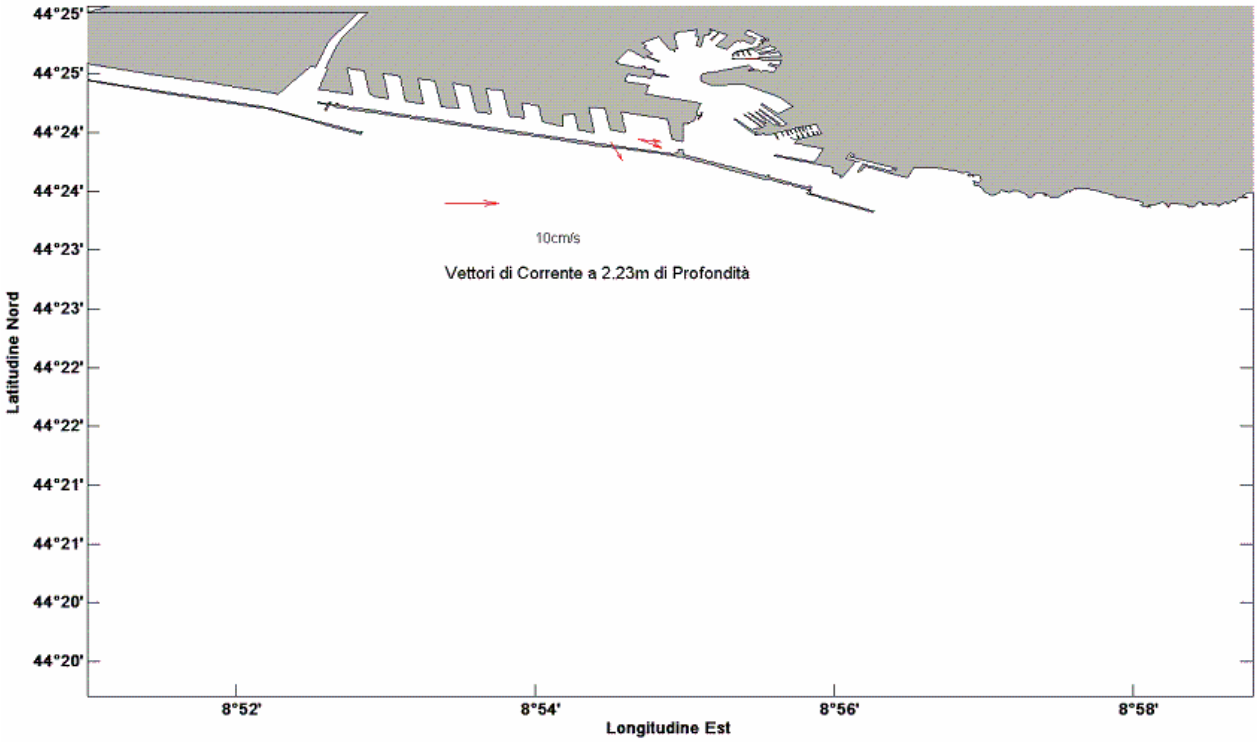
Stazione 8 – Vettori di corrente alla profondità di 7.2 metri circa.



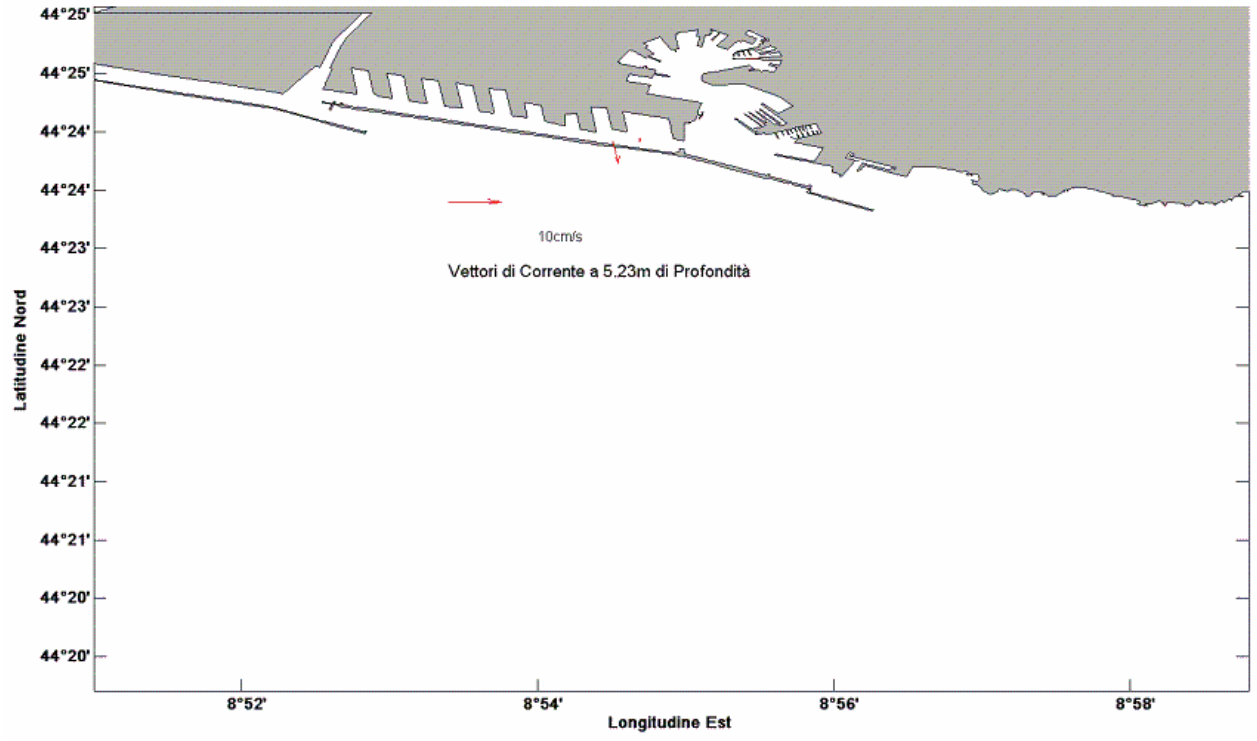
Stazione 8 – Componente Est della corrente misurata



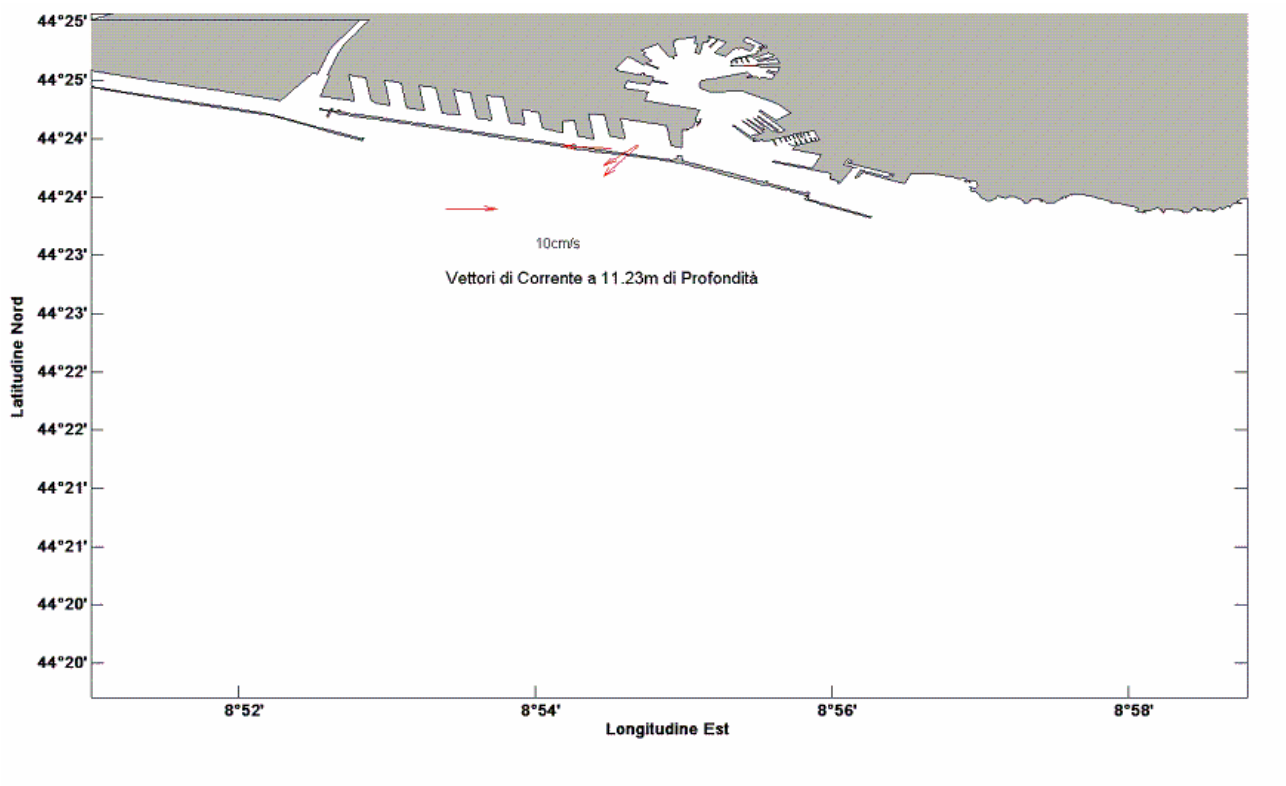
Stazione 8 – Componente Nord della corrente misurata



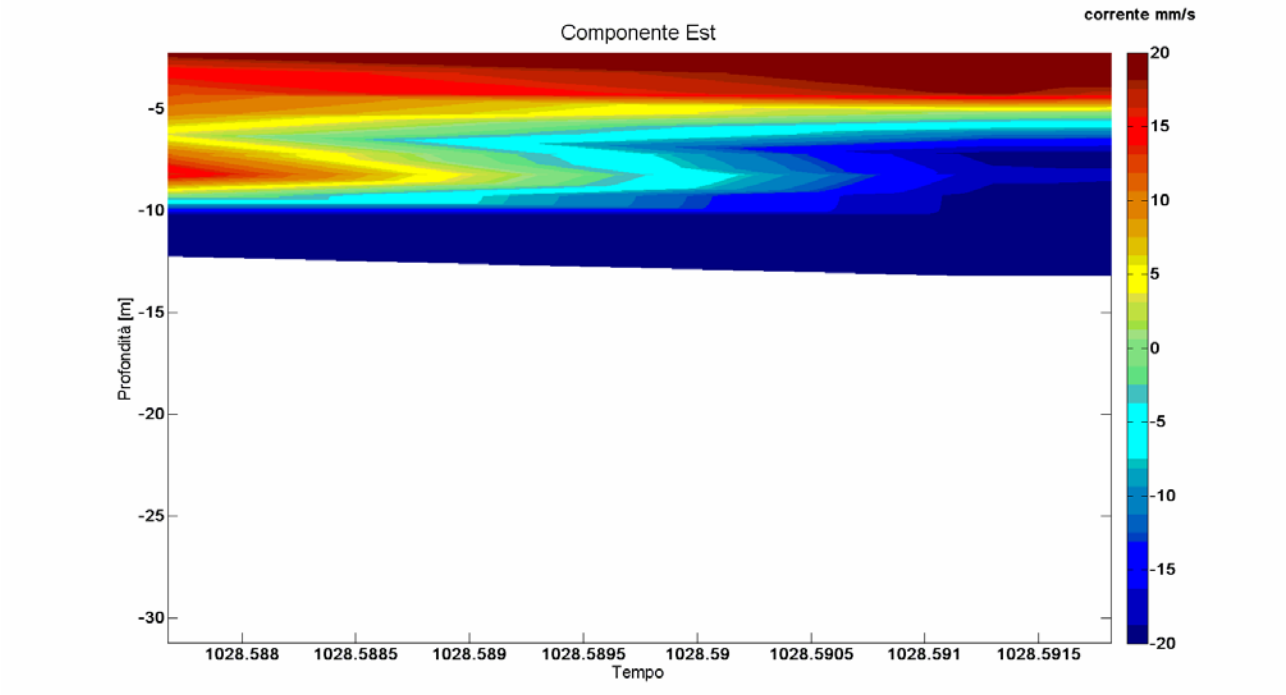
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



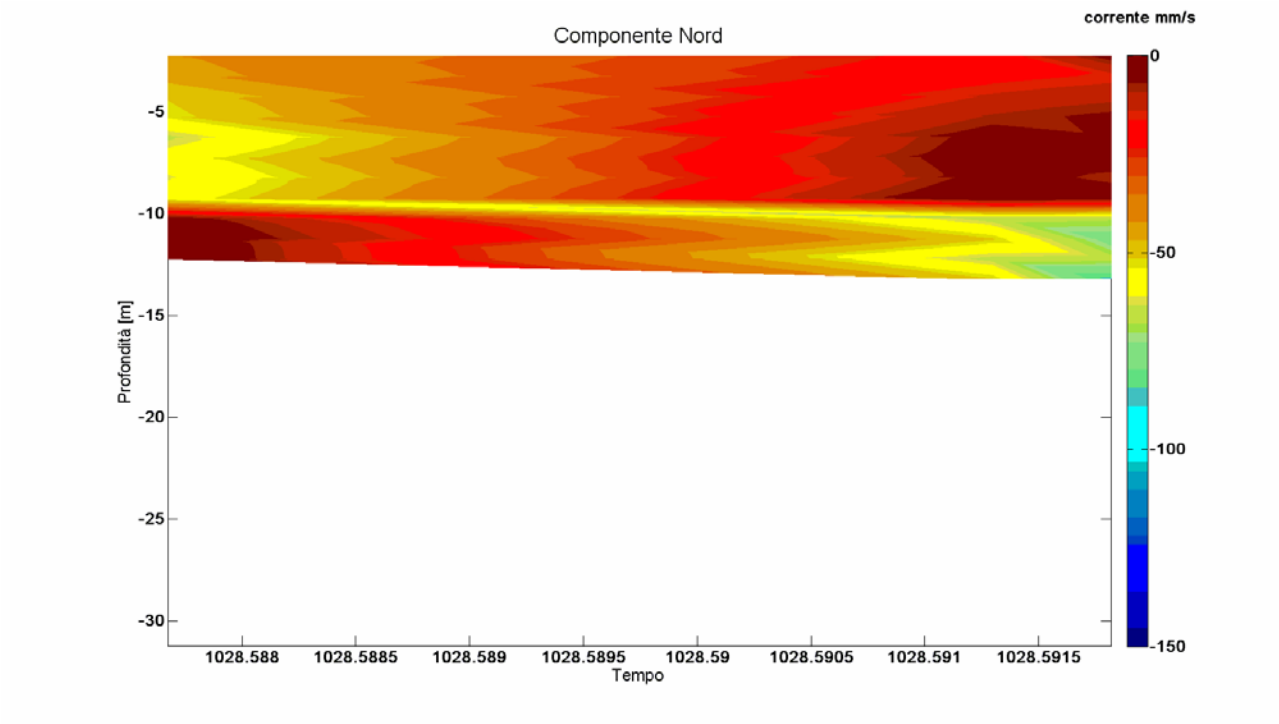
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 5.2 metri circa.



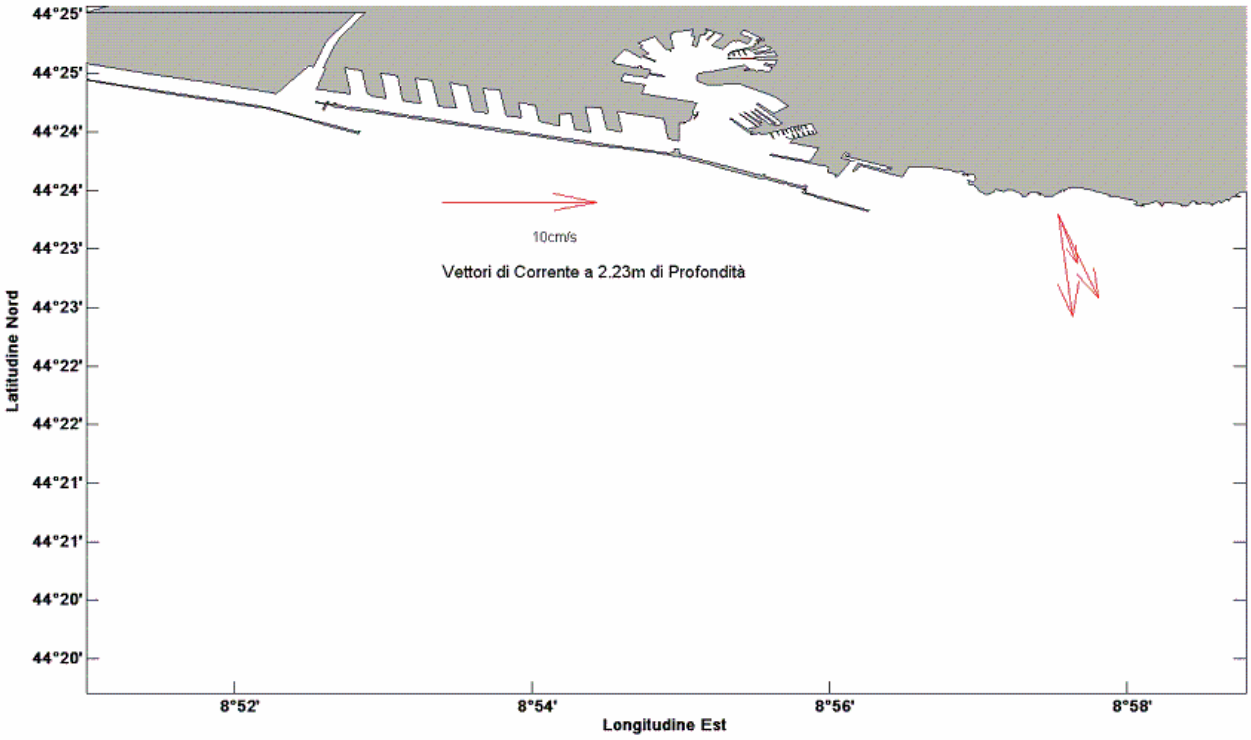
Stazione 9 – Vettori di corrente alla profondità di 12.2 metri circa.



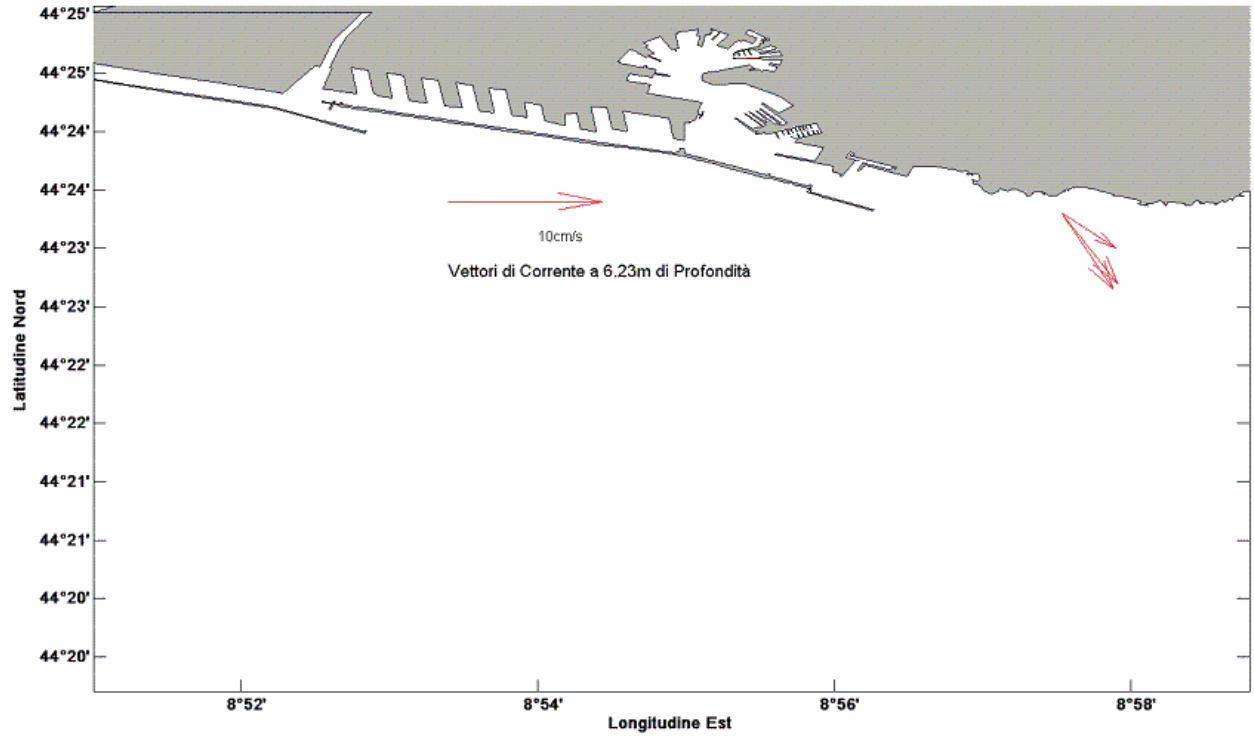
Stazione 9 – Componente Est della corrente misurata



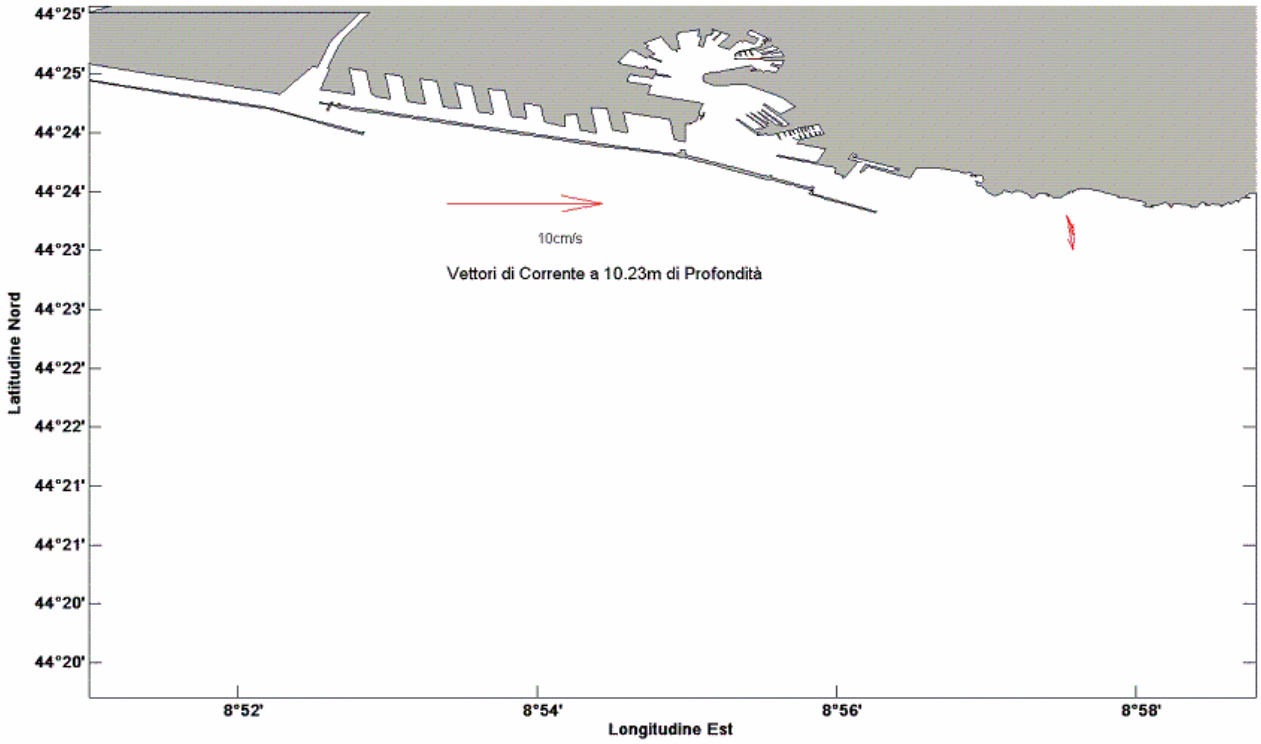
Stazione 9 – Componente Nord della corrente misurata



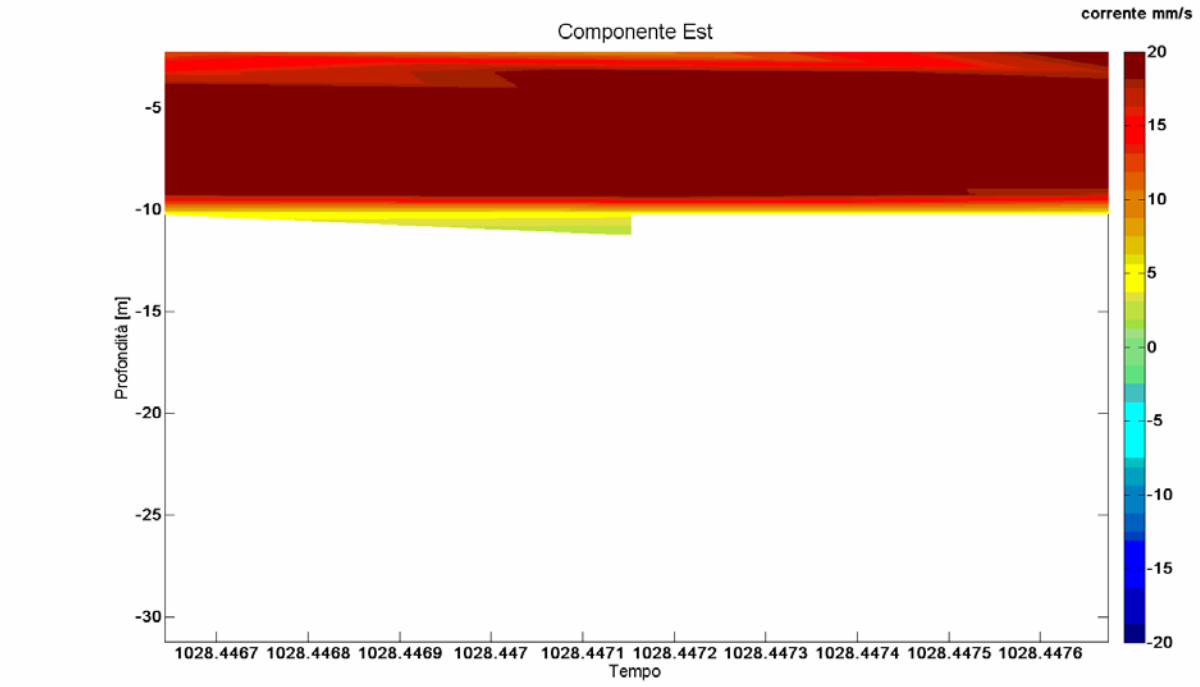
Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 2.2 metri circa.



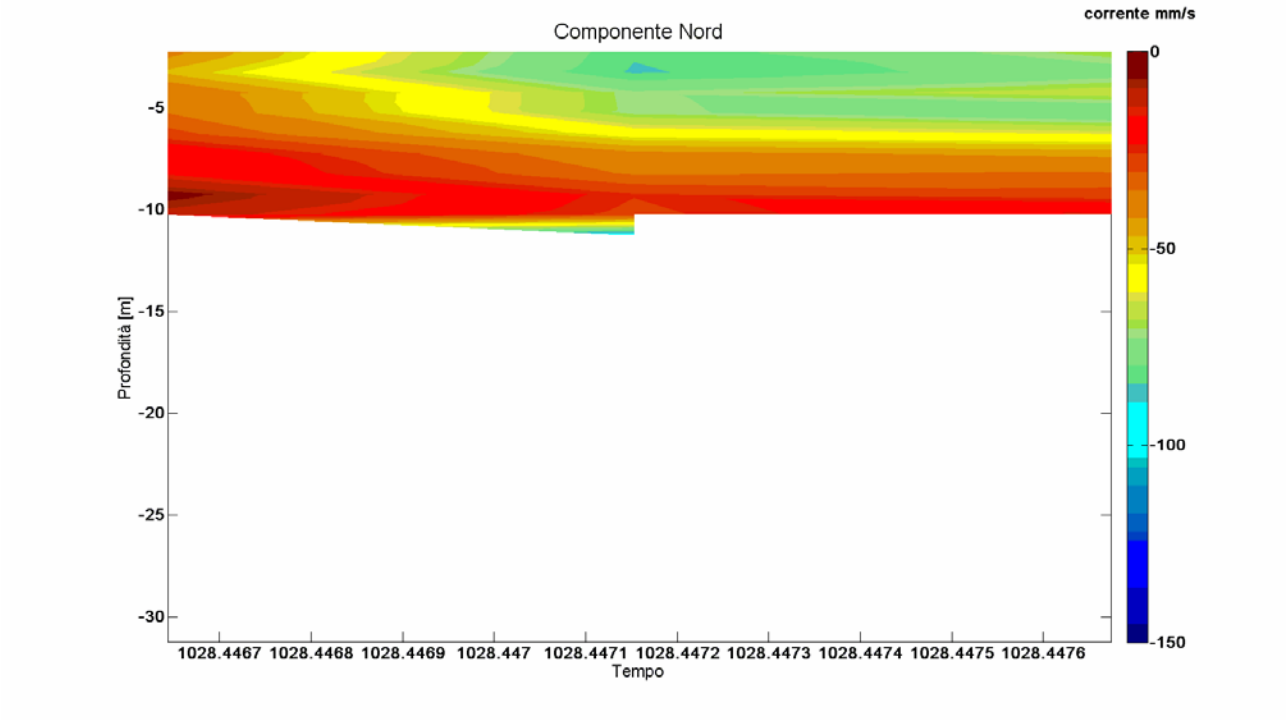
Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 6.2 metri circa.



Stazione 10 – Vettori di corrente alla profondità di 10.2 metri circa.



Stazione 10 – Componente Est della corrente misurata



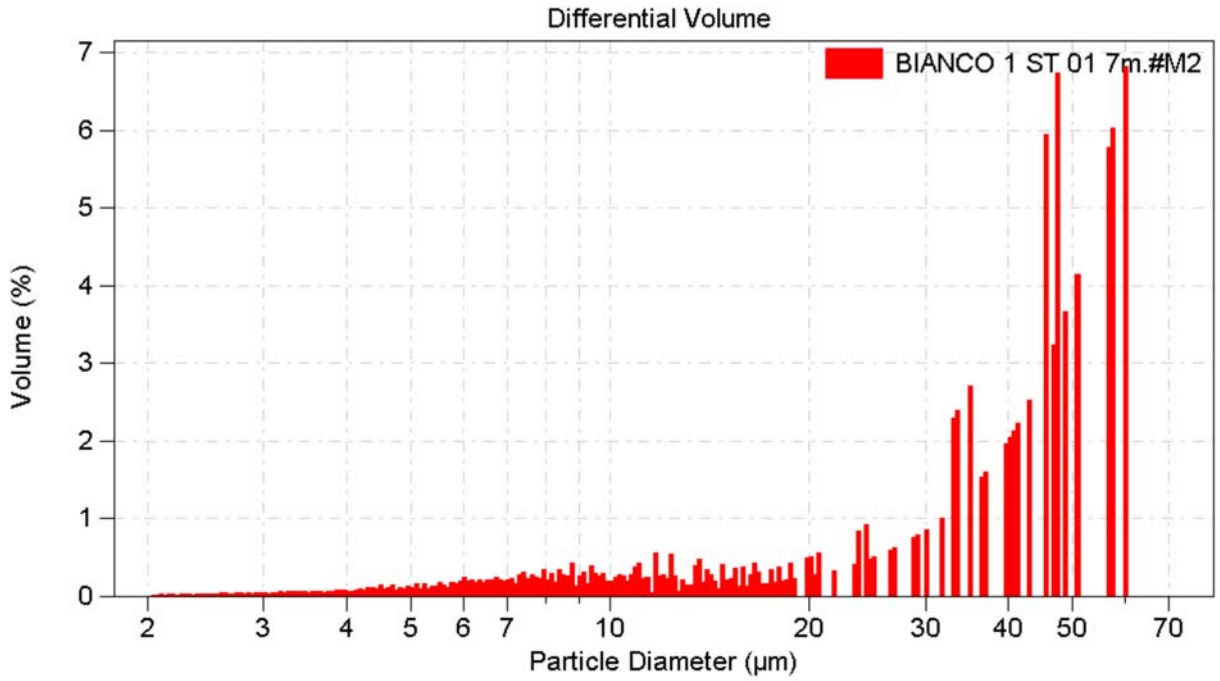
Stazione 10 – Componente Nord della corrente misurata

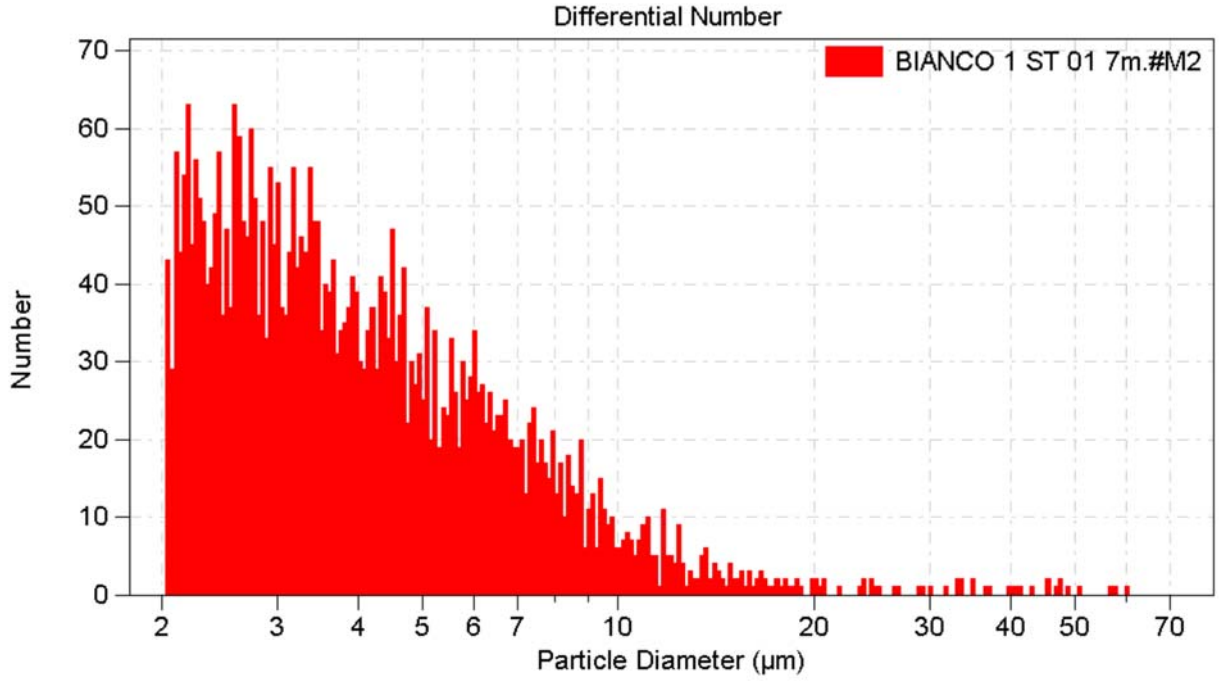
ALLEGATO 3A
Campagna “giugno 2008”

Profili dimensionali
del materiale in sospensione

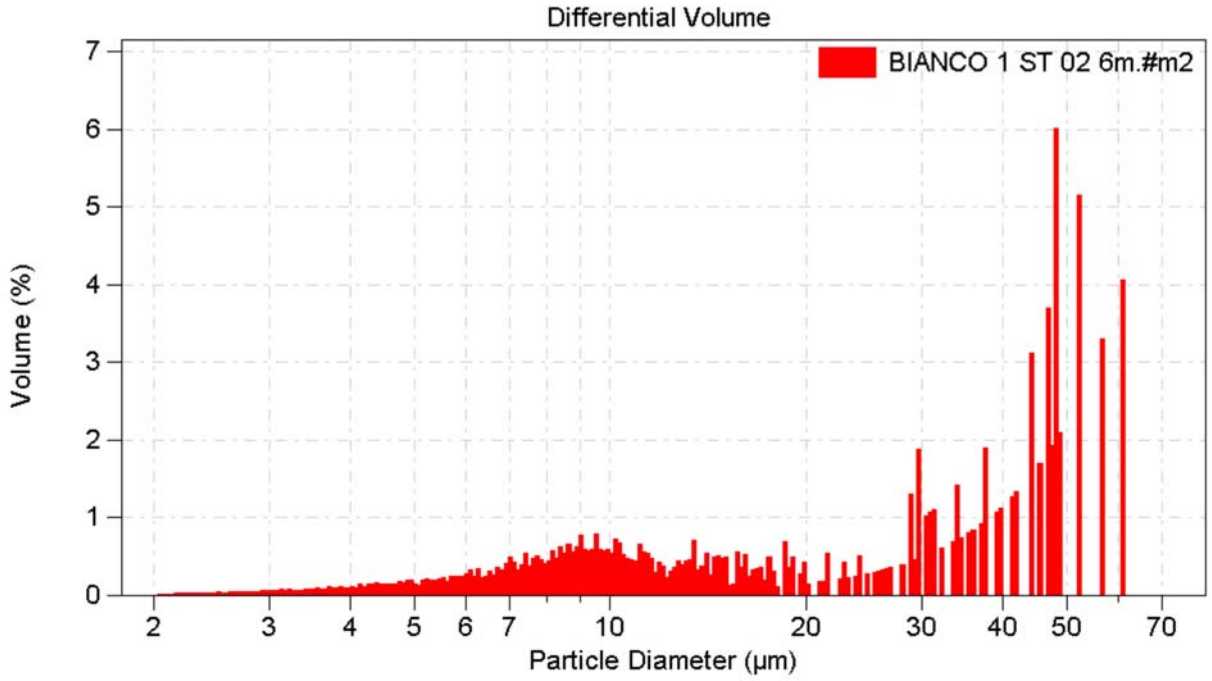
(il profilo superiore è rappresentativo della distribuzione del “volume” delle particelle presenti nel campione, mentre quello inferiore del numero delle particelle)

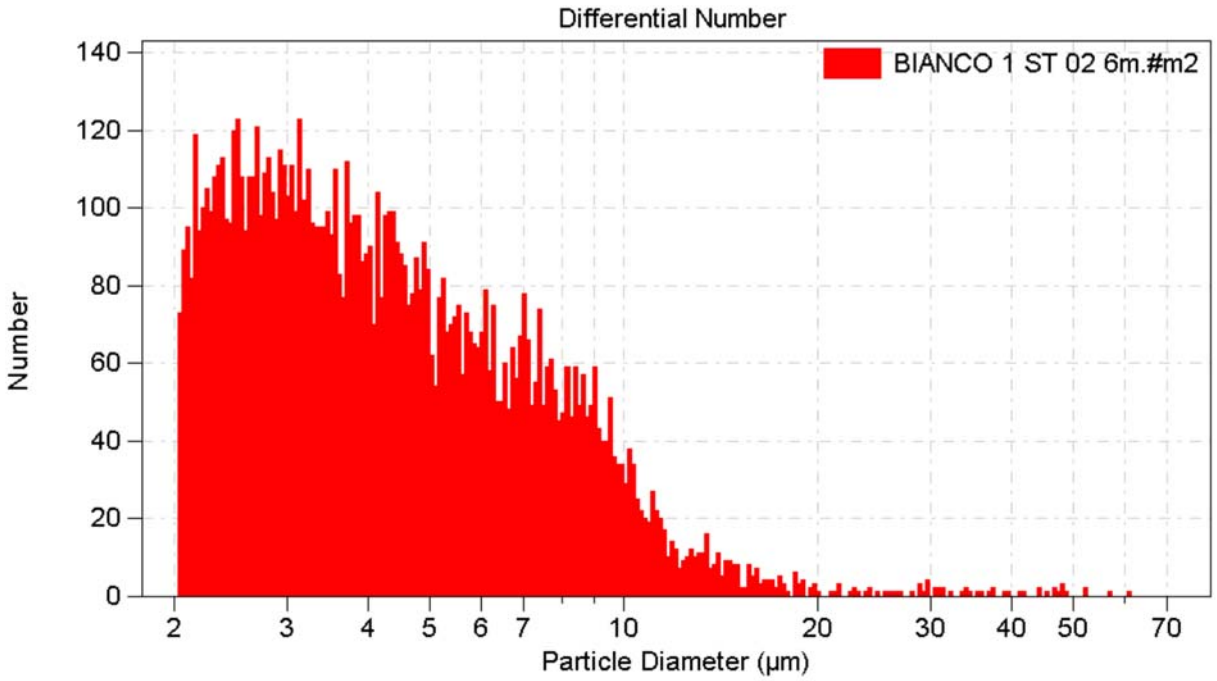
Stazione 1 – Bianco - 23.06.08



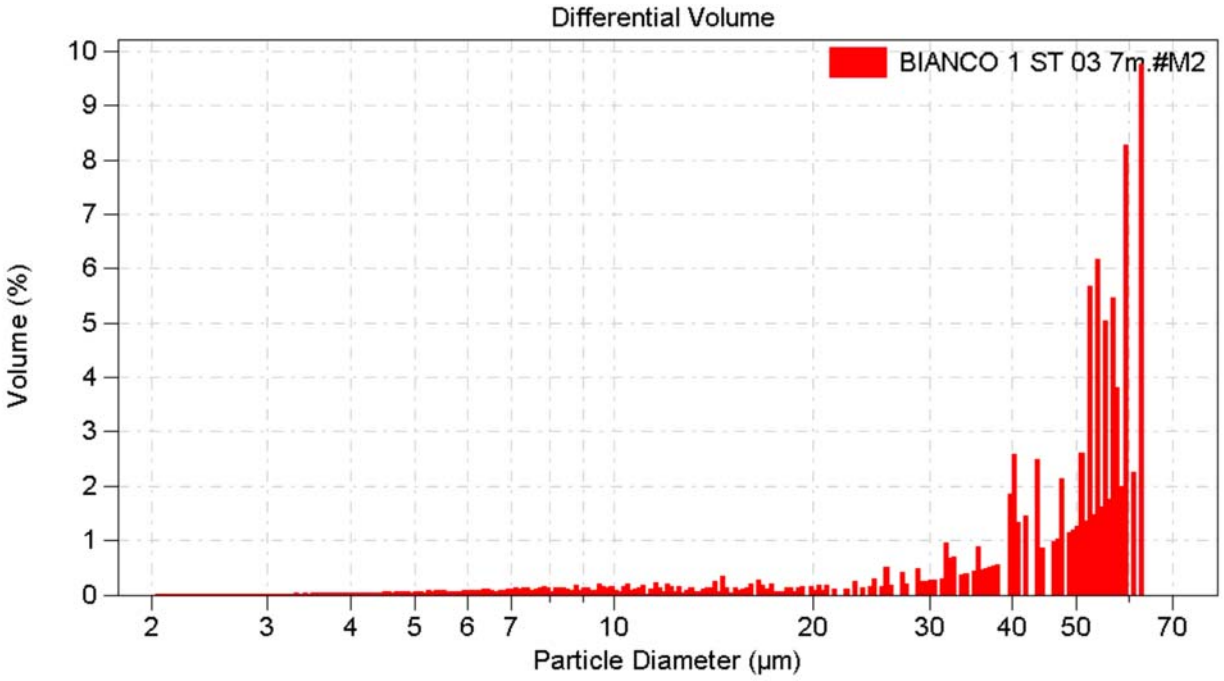


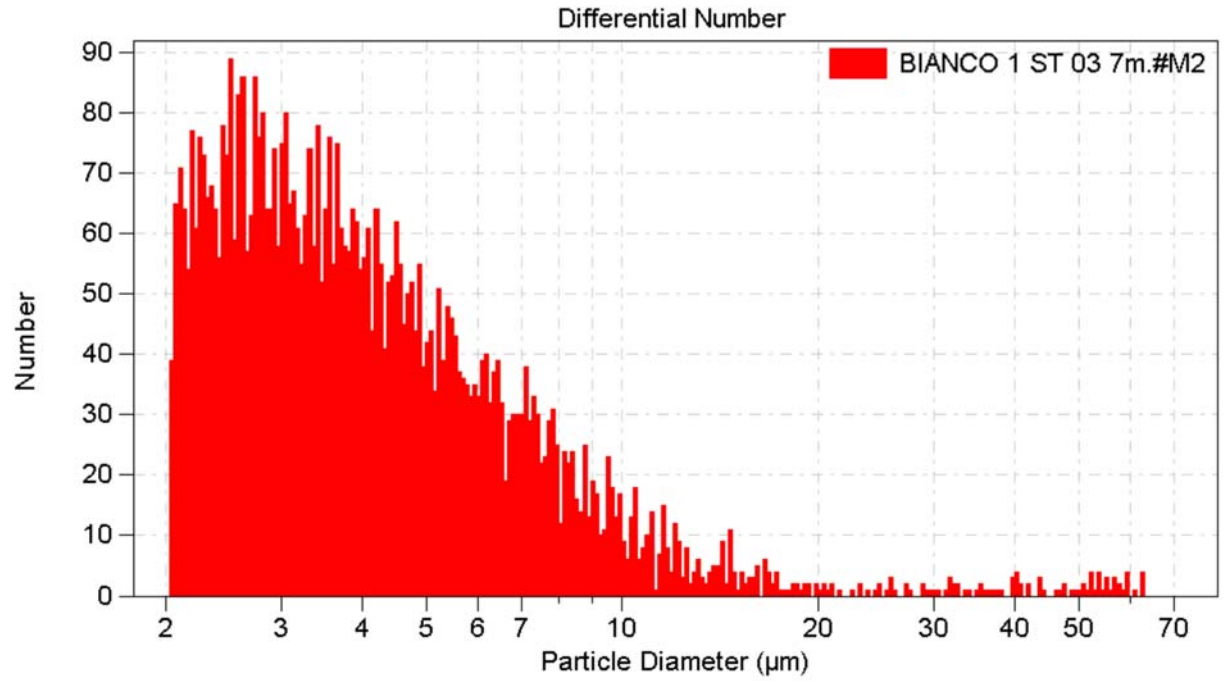
Stazione 2 – Bianco - 23.06.08



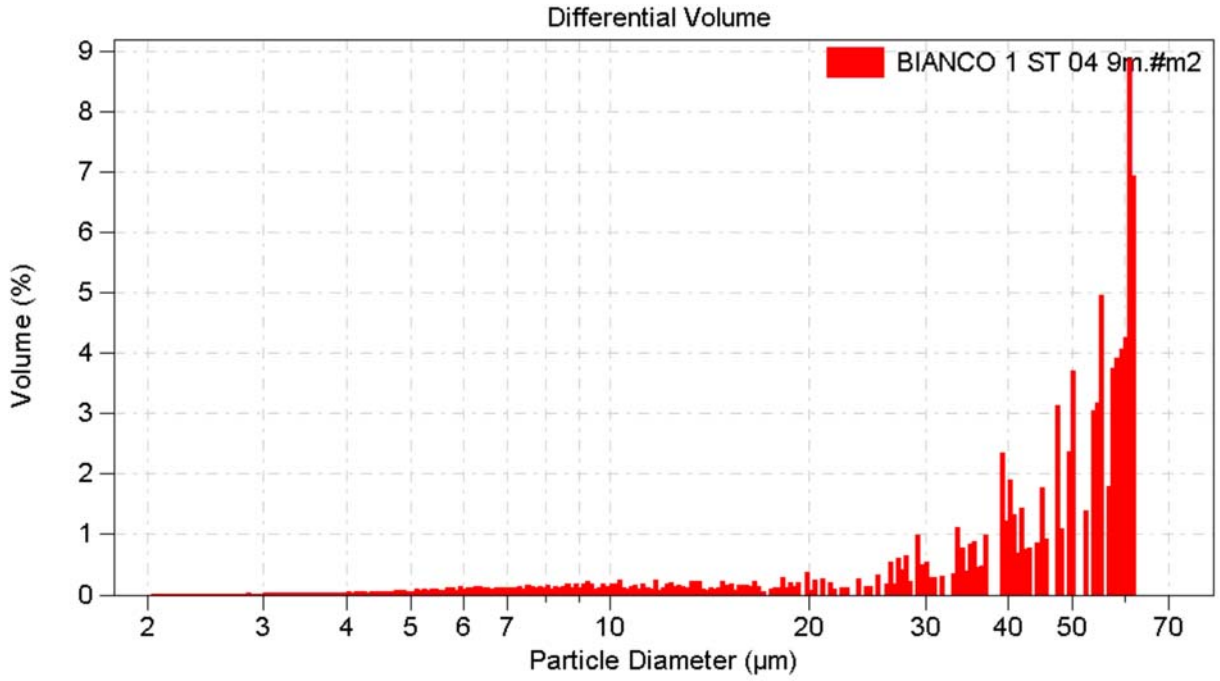


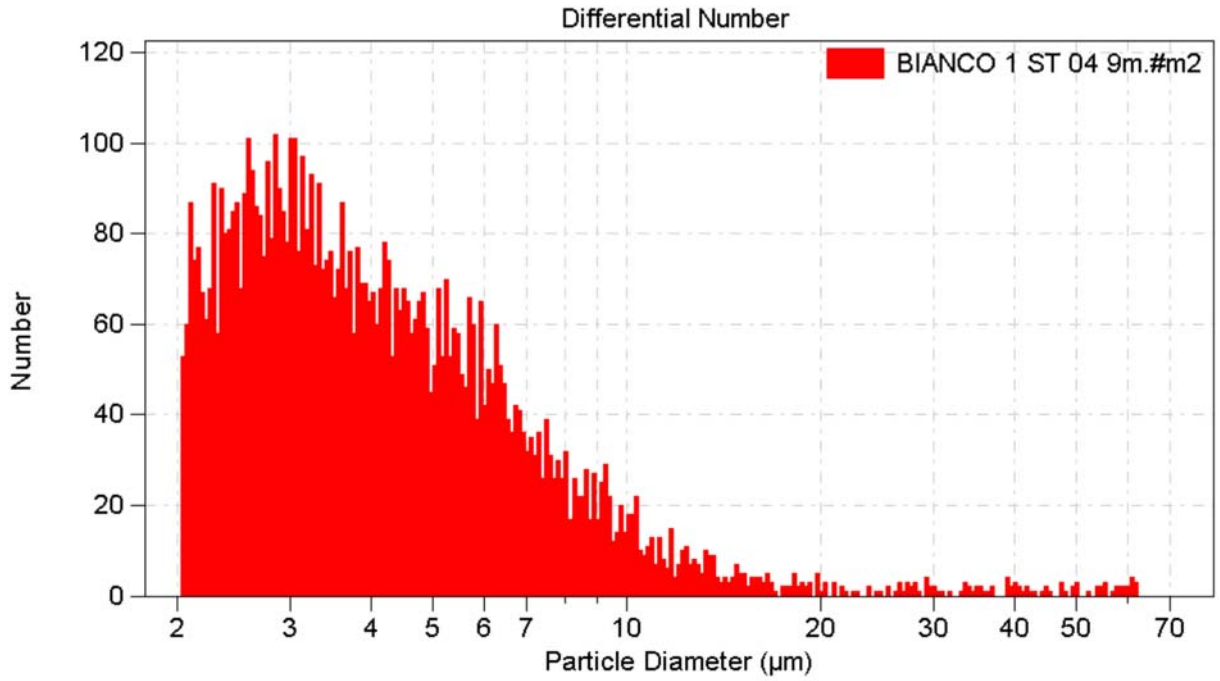
Stazione 3 – Bianco - 23.06.08



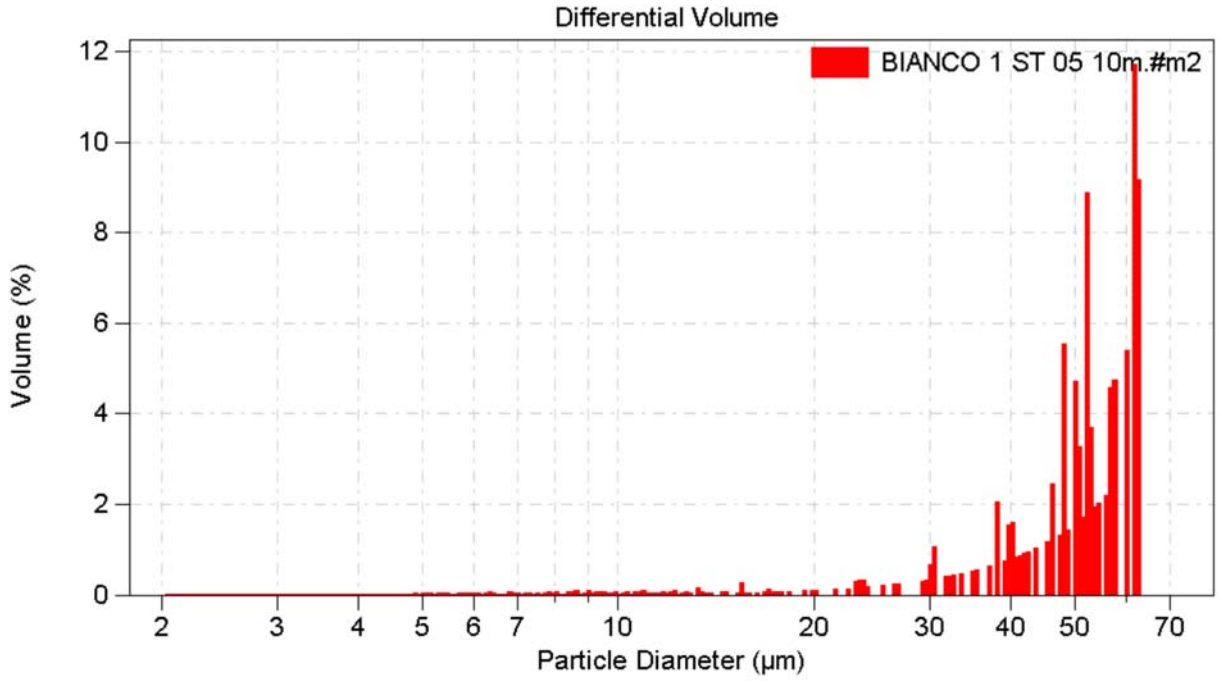


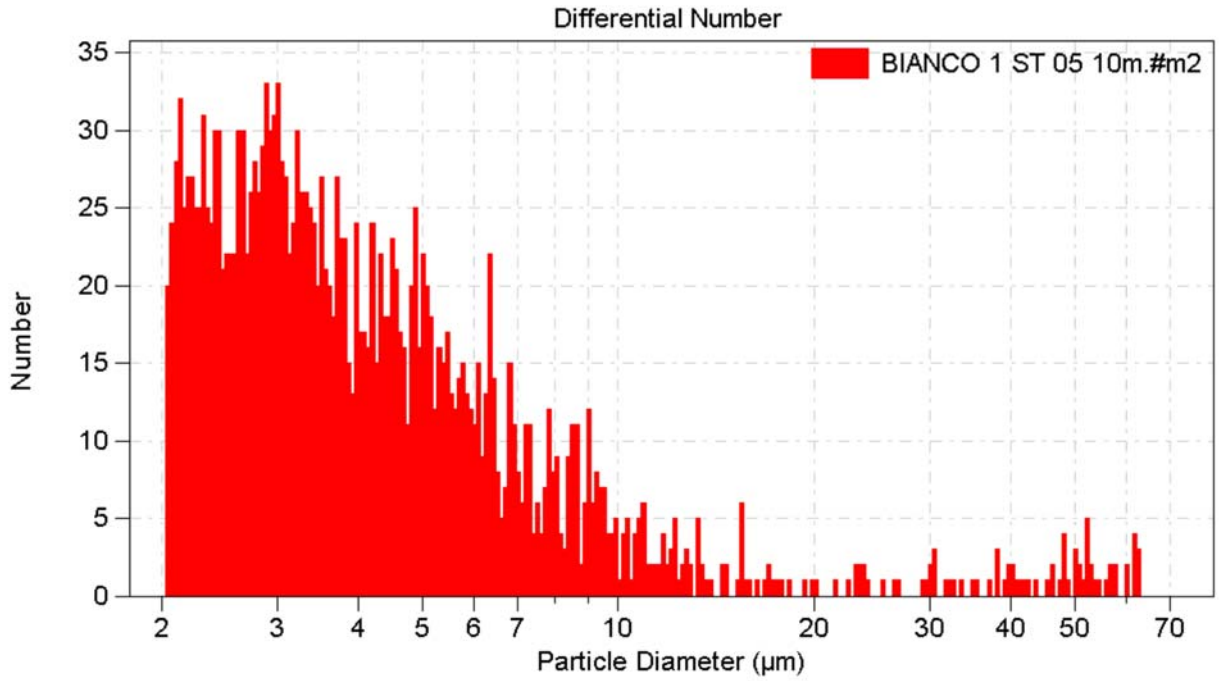
Stazione 4 – Bianco - 23.06.08



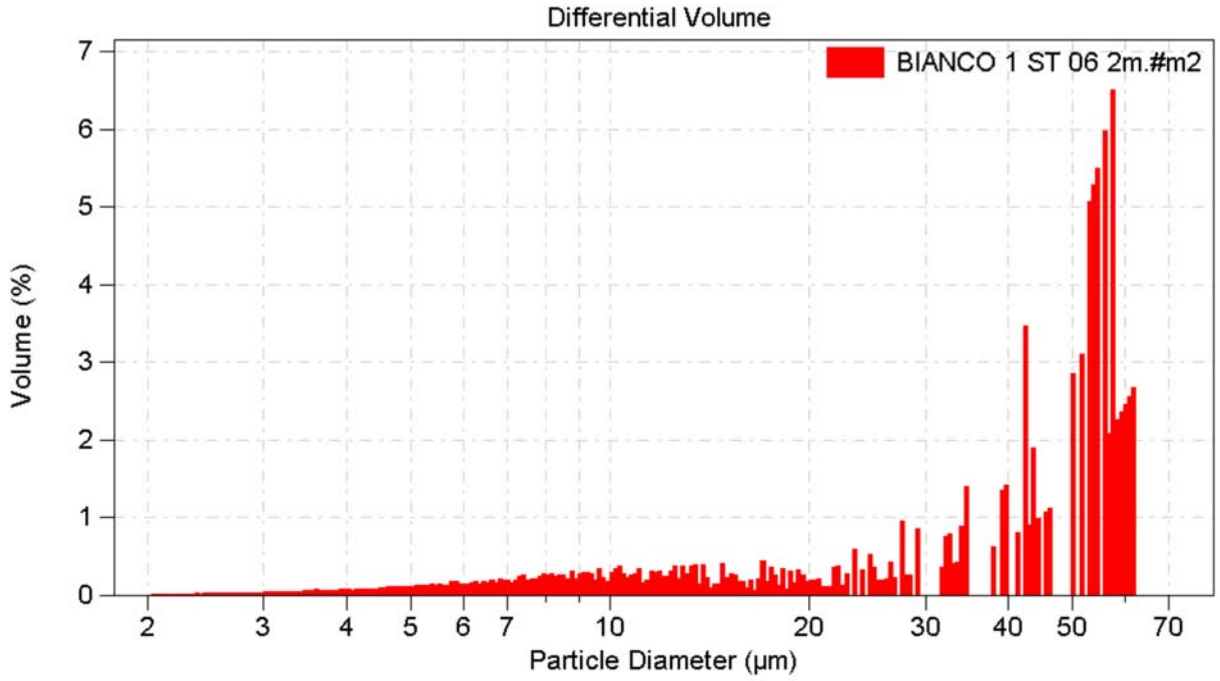


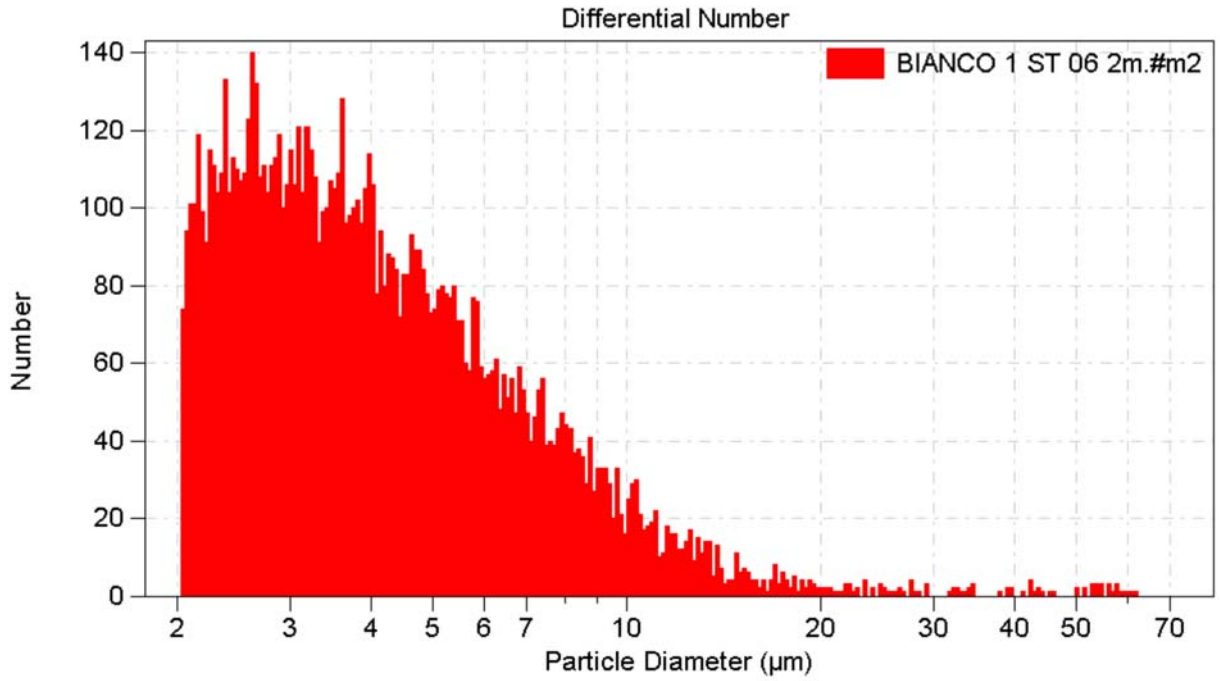
Stazione 5 – Bianco - 23.06.08



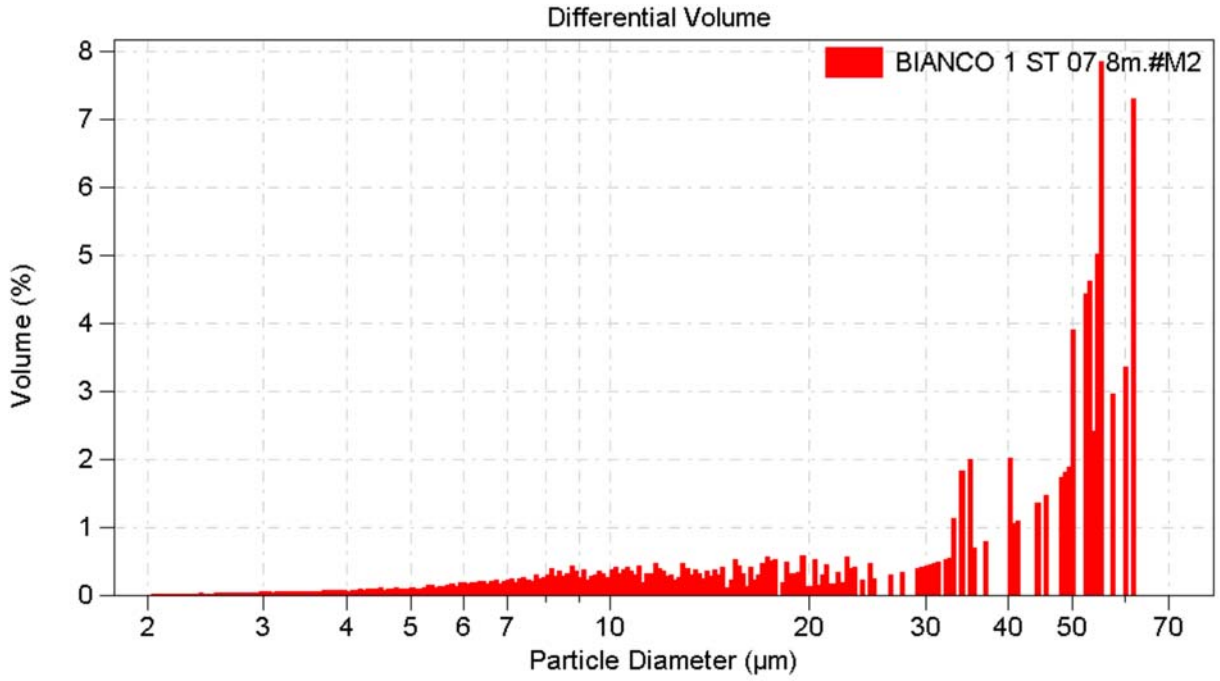


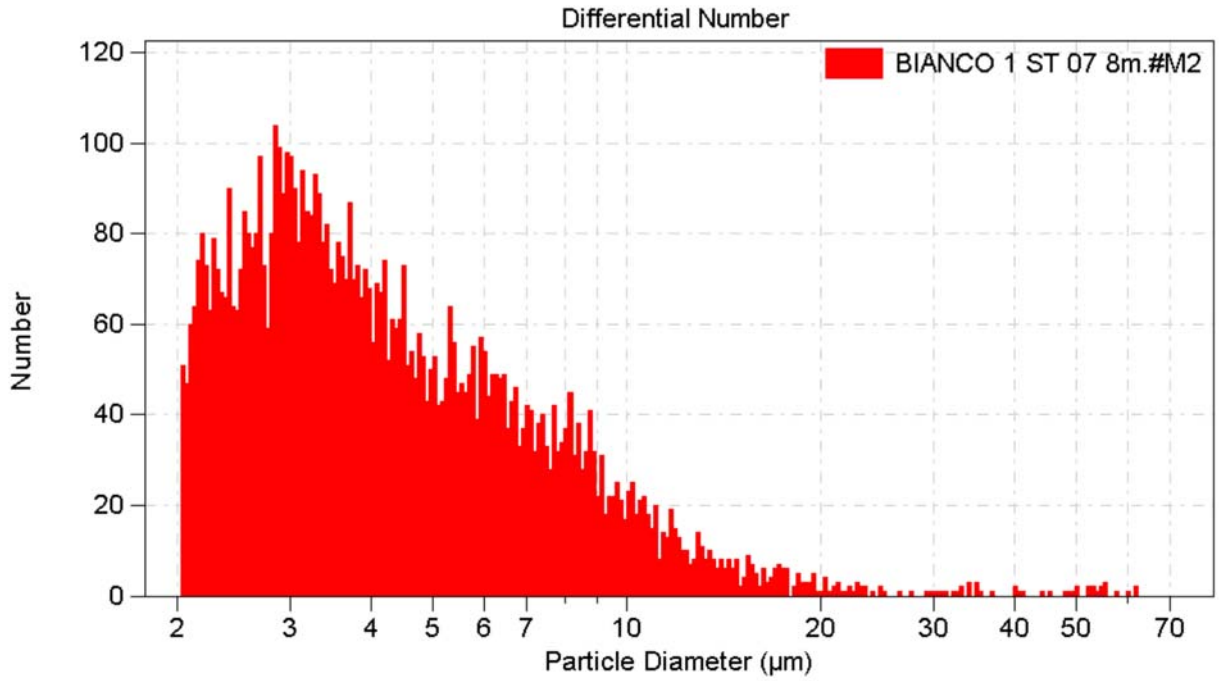
Stazione 6 – Bianco - 23.06.08



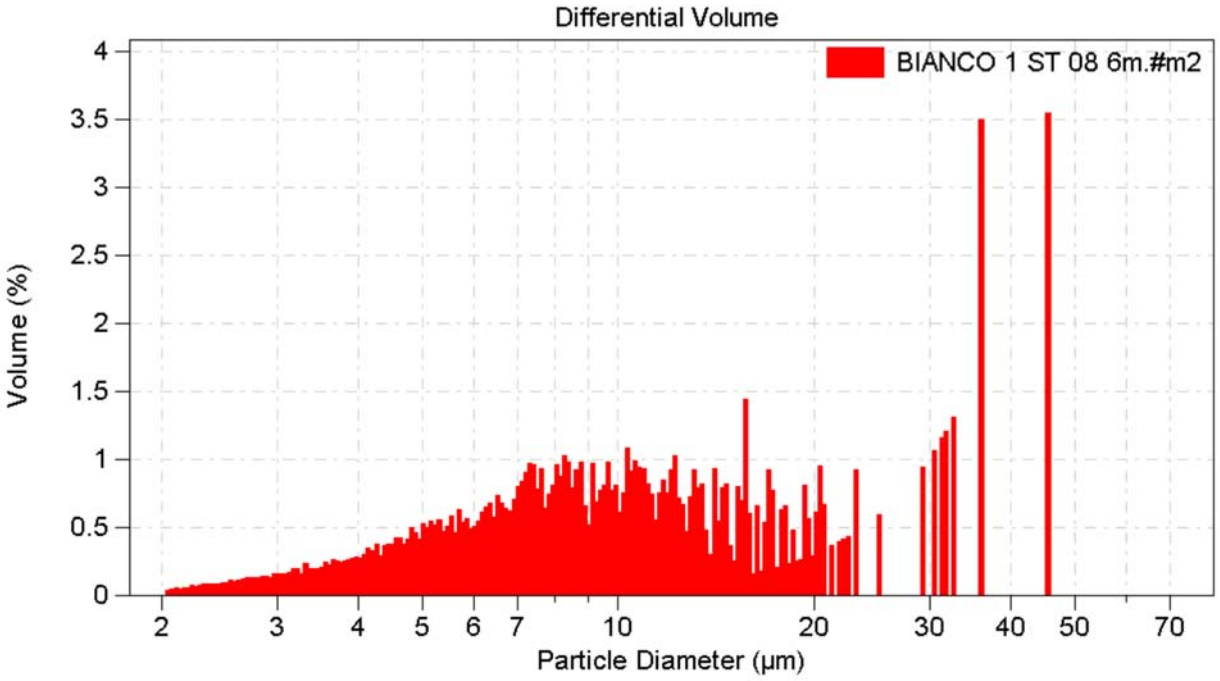


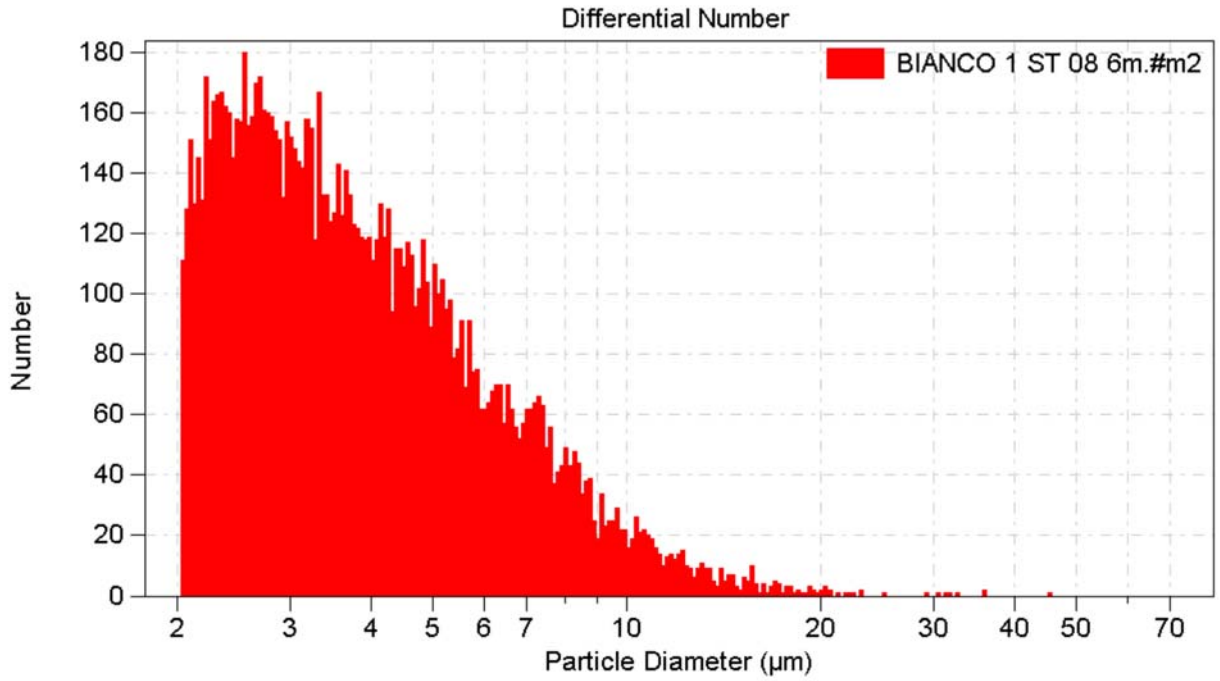
Stazione 7 – Bianco - 23.06.08



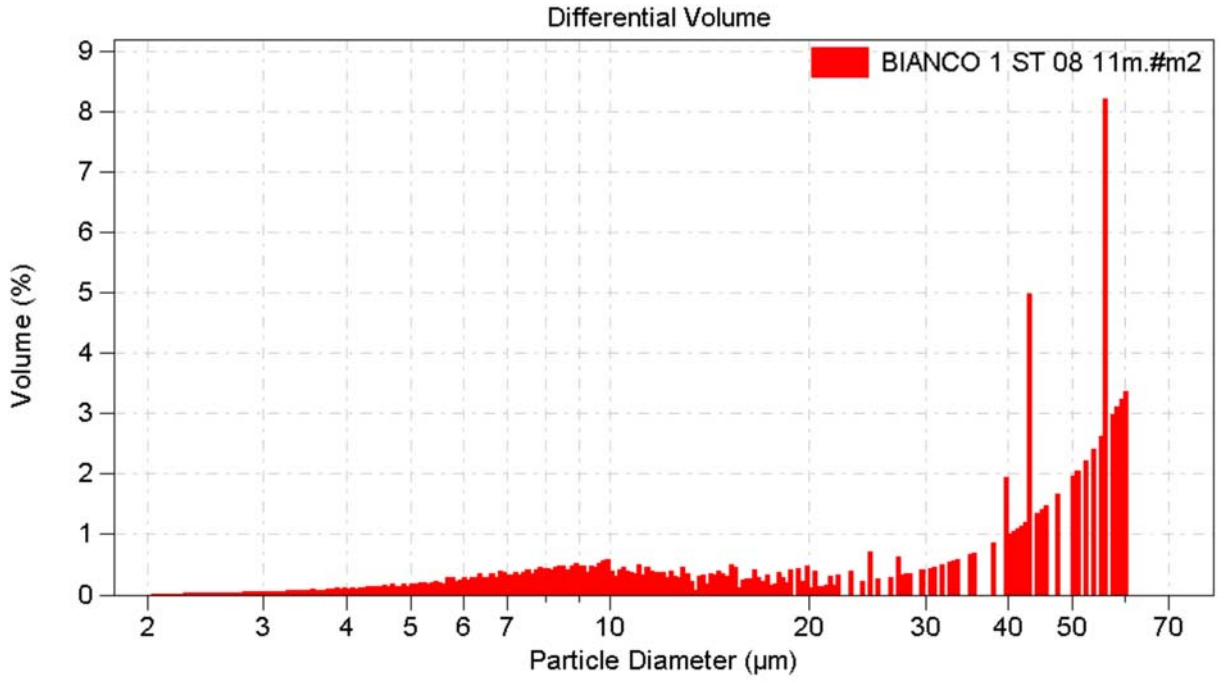


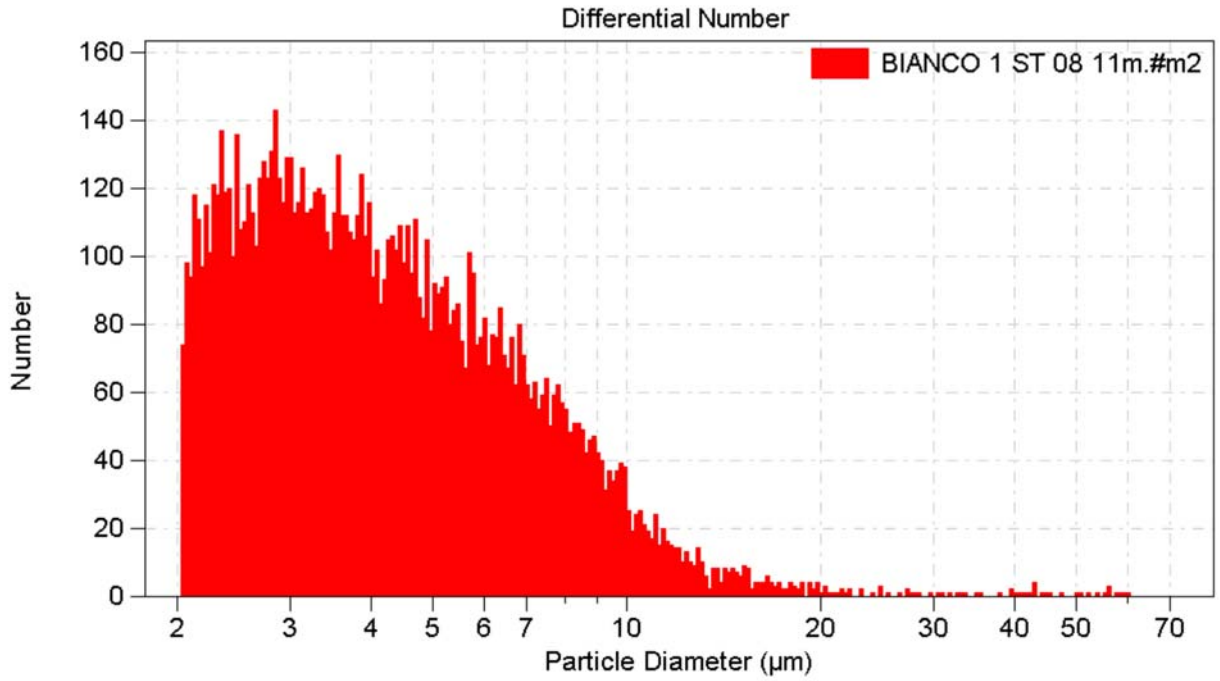
Stazione 8 – Bianco - 23.06.08



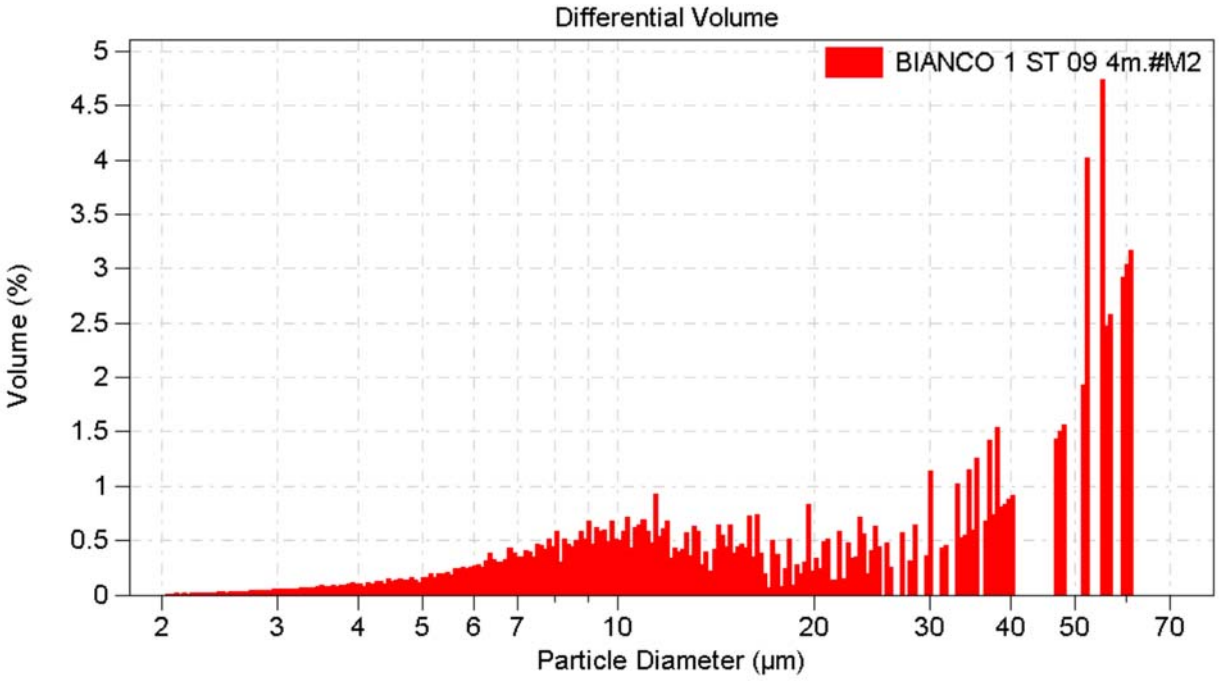


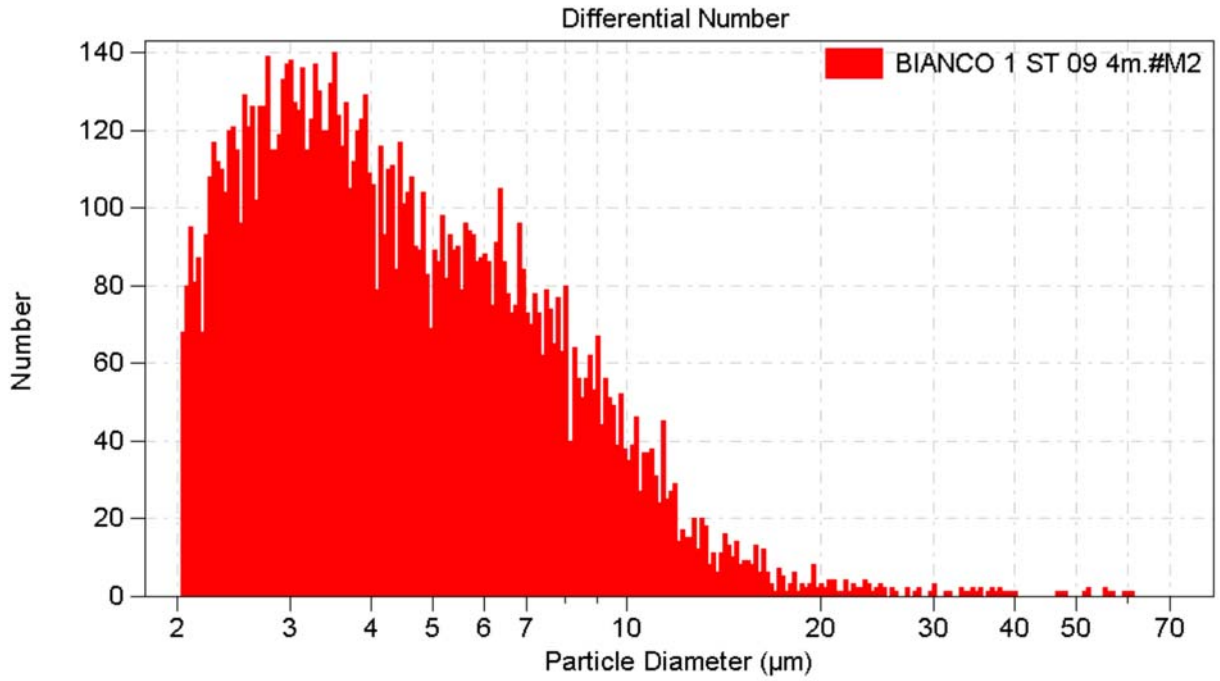
Stazione 8 – Bianco - 23.06.08



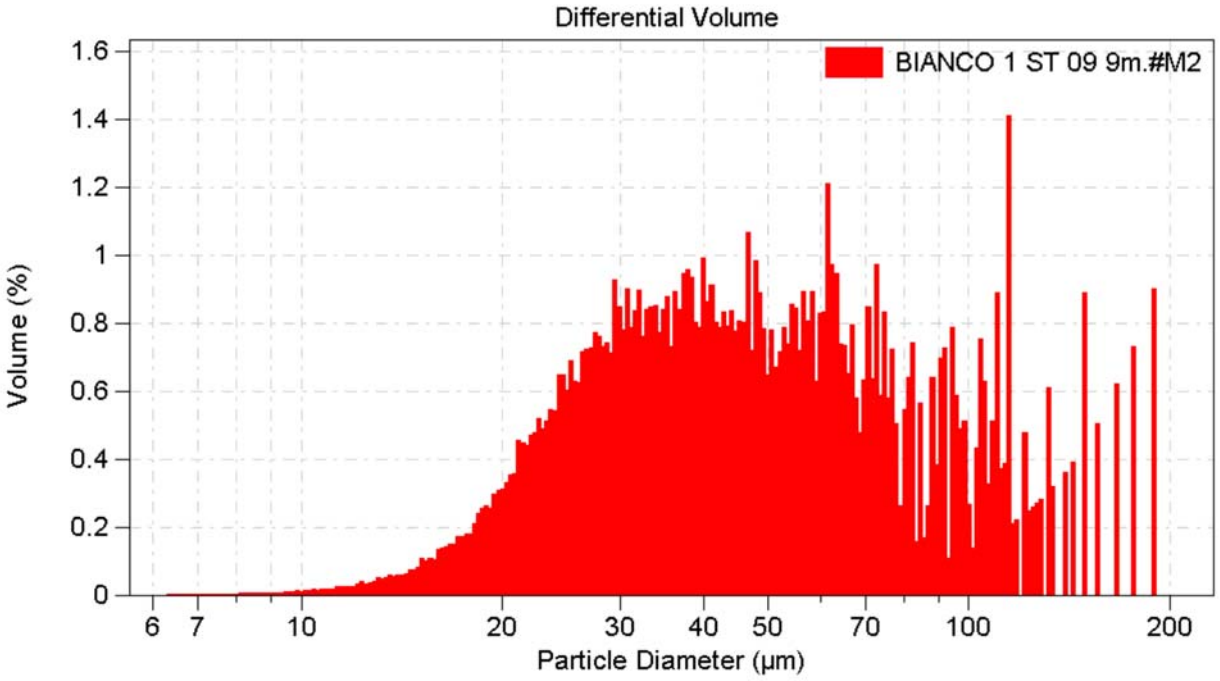


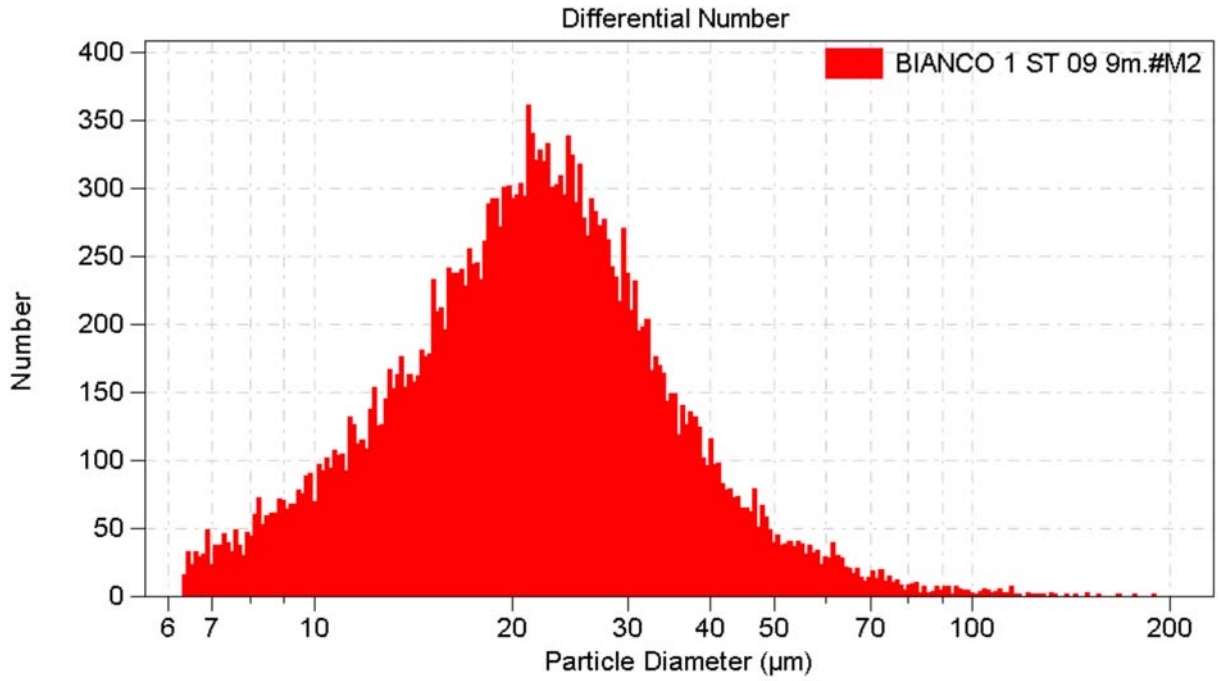
Stazione 9 – Bianco - 23.06.08



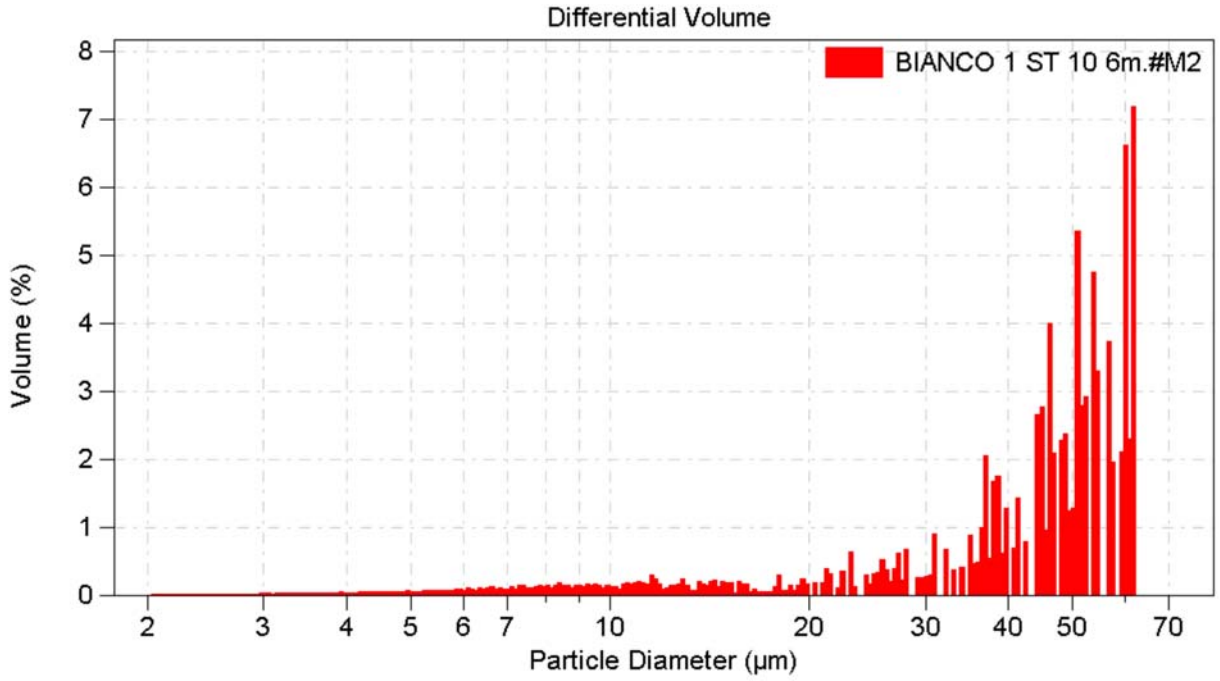


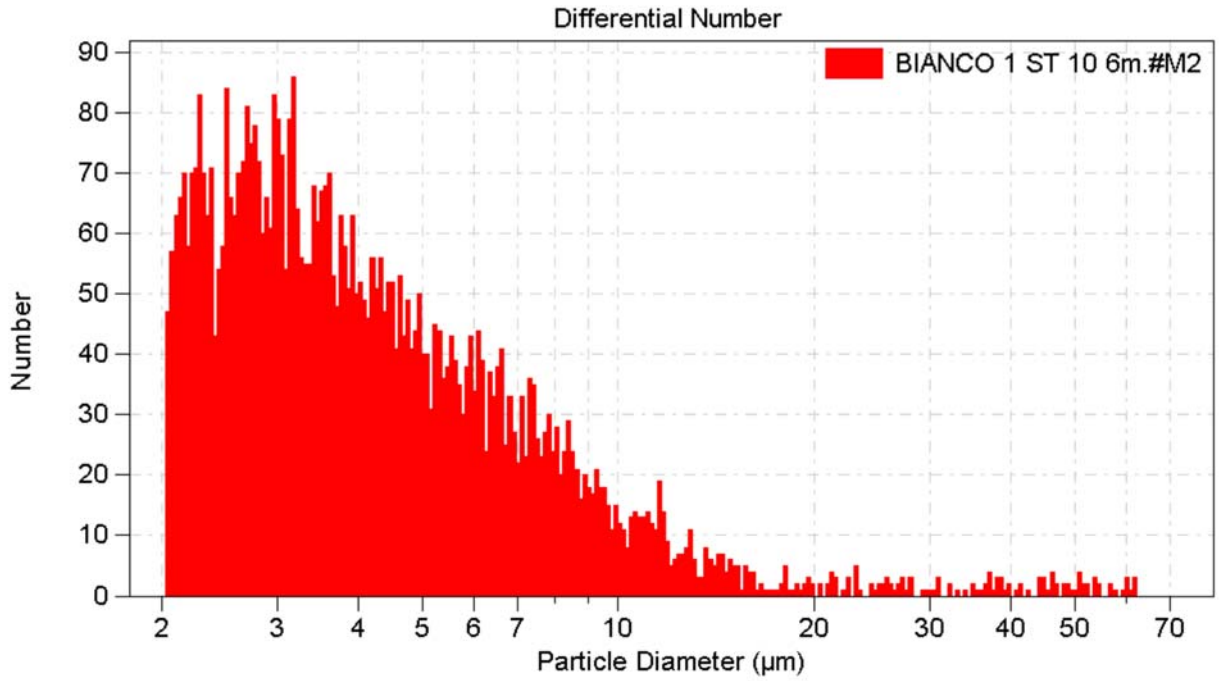
Stazione 9 – Bianco - 23.06.08



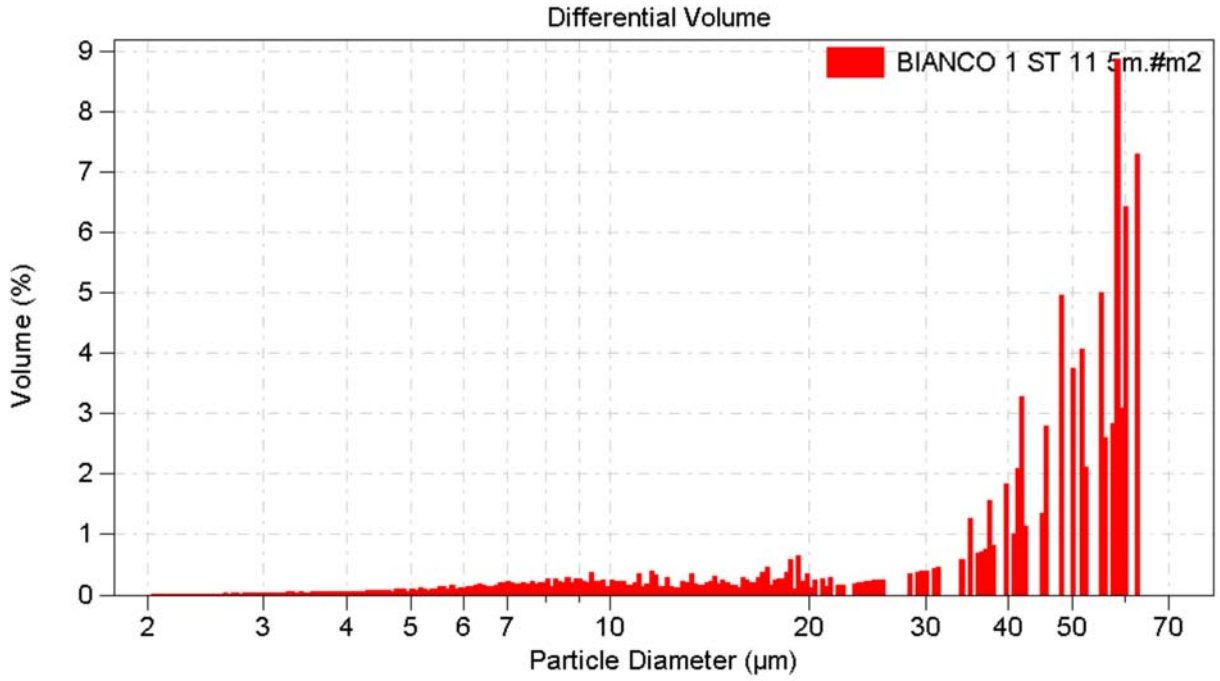


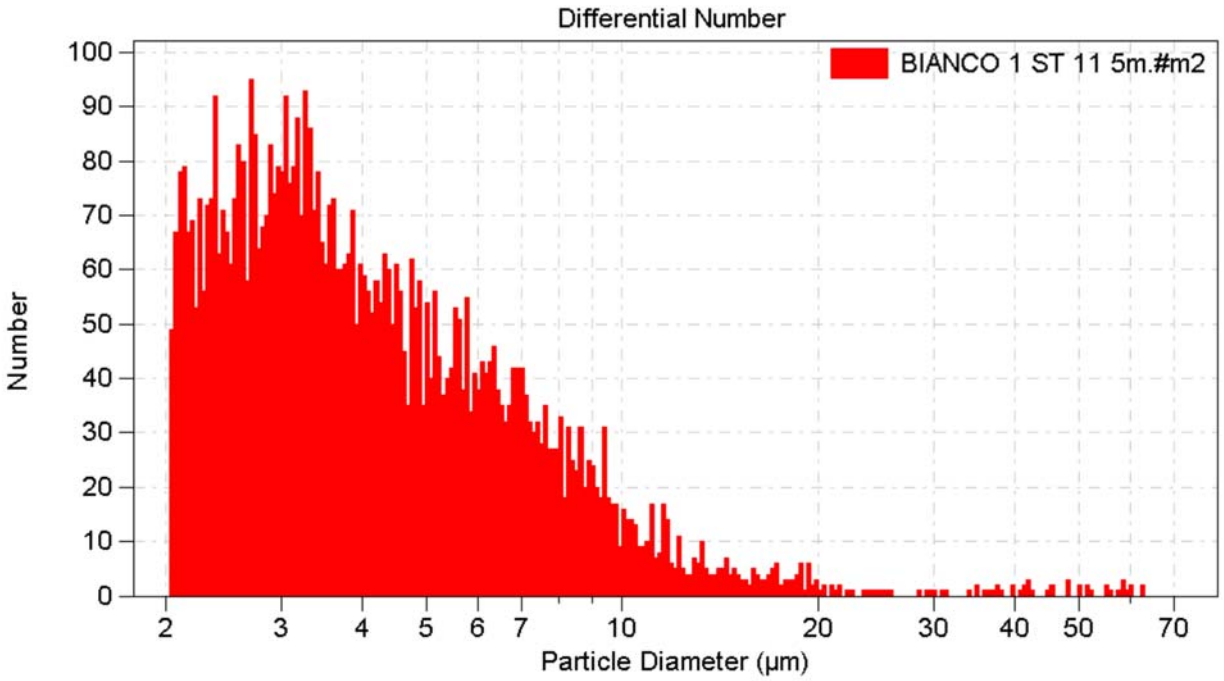
Stazione 10 – Bianco - 23.06.08





Stazione 11 – Bianco - 23.06.08





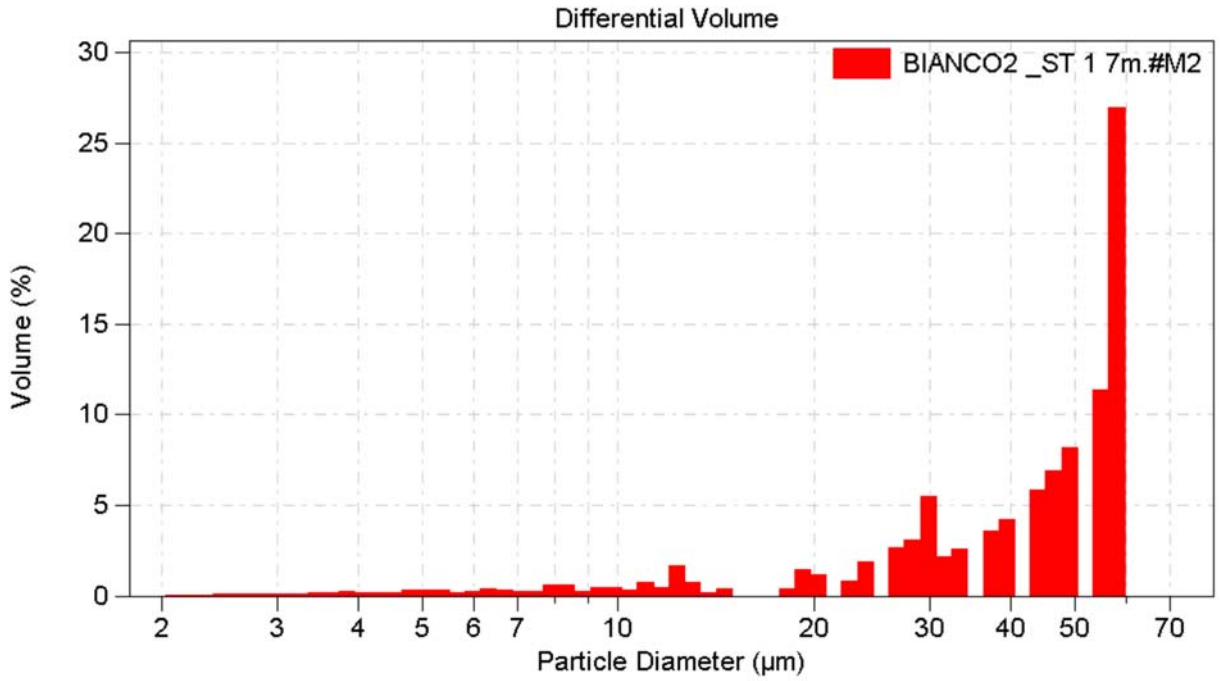
ALLEGATO 3B

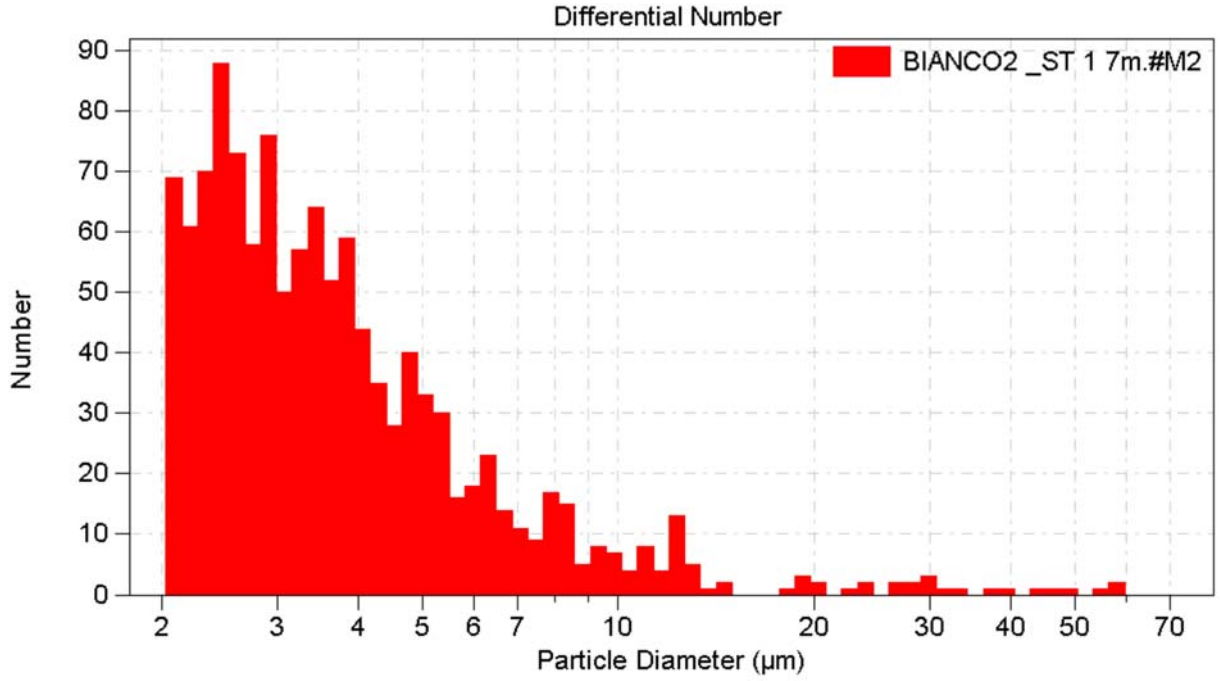
Campagna “ottobre 2008”

Profili dimensionali
del materiale in sospensione

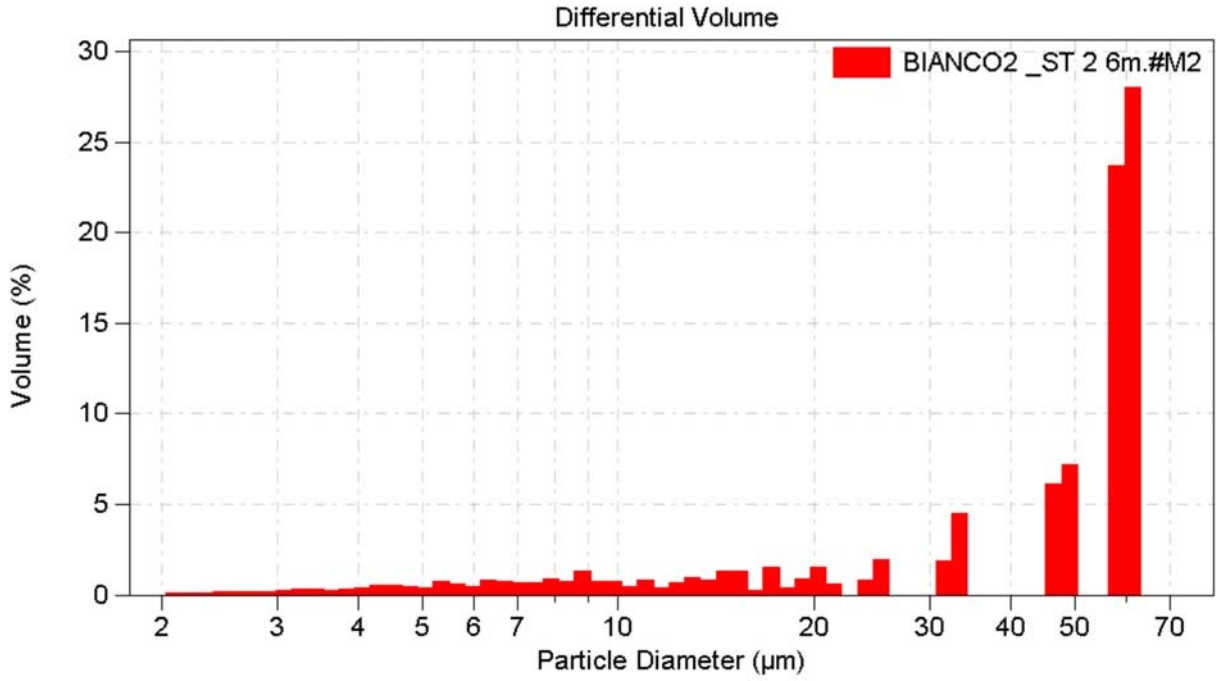
(il profilo superiore è rappresentativo della distribuzione del “volume” delle particelle presenti nel campione, mentre quello inferiore del numero delle particelle)

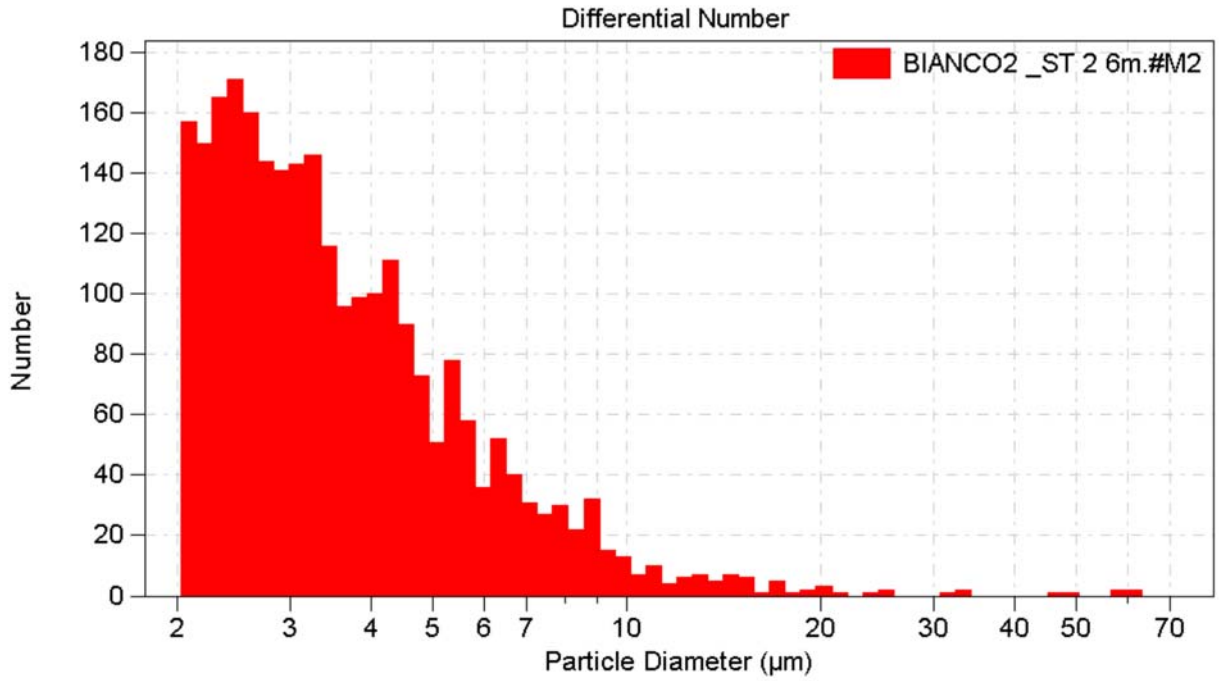
Stazione 1 – Bianco - 23.10.08



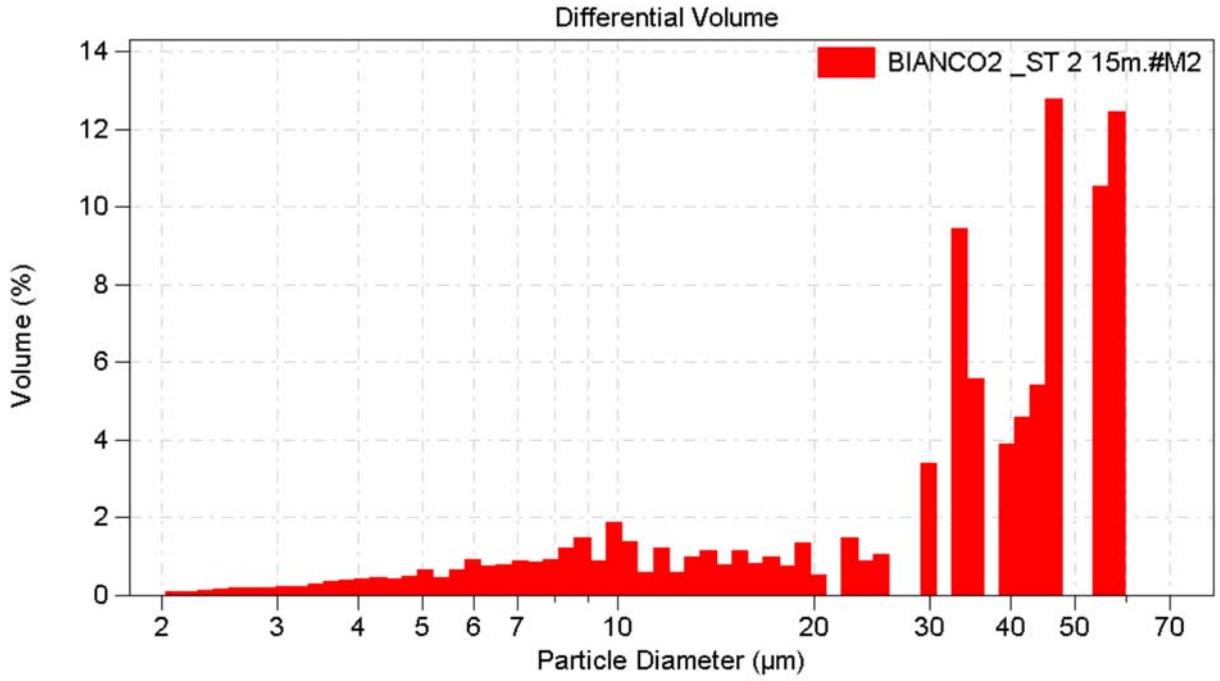


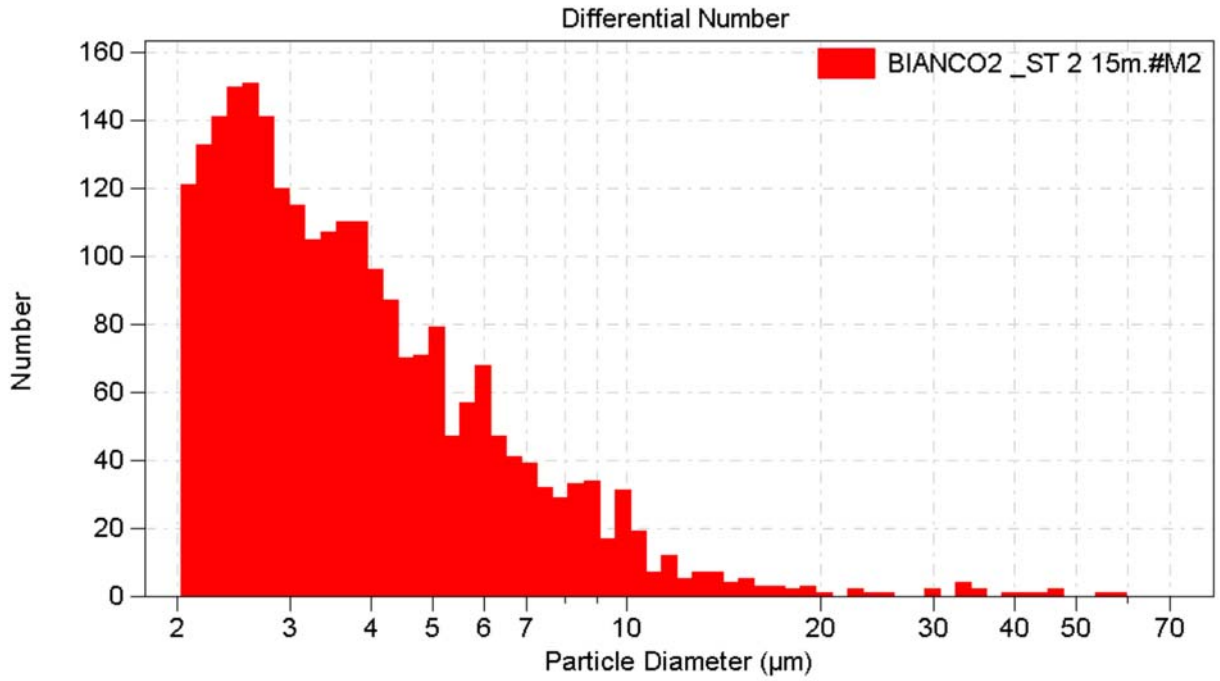
Stazione 2 – Bianco - 23.10.08



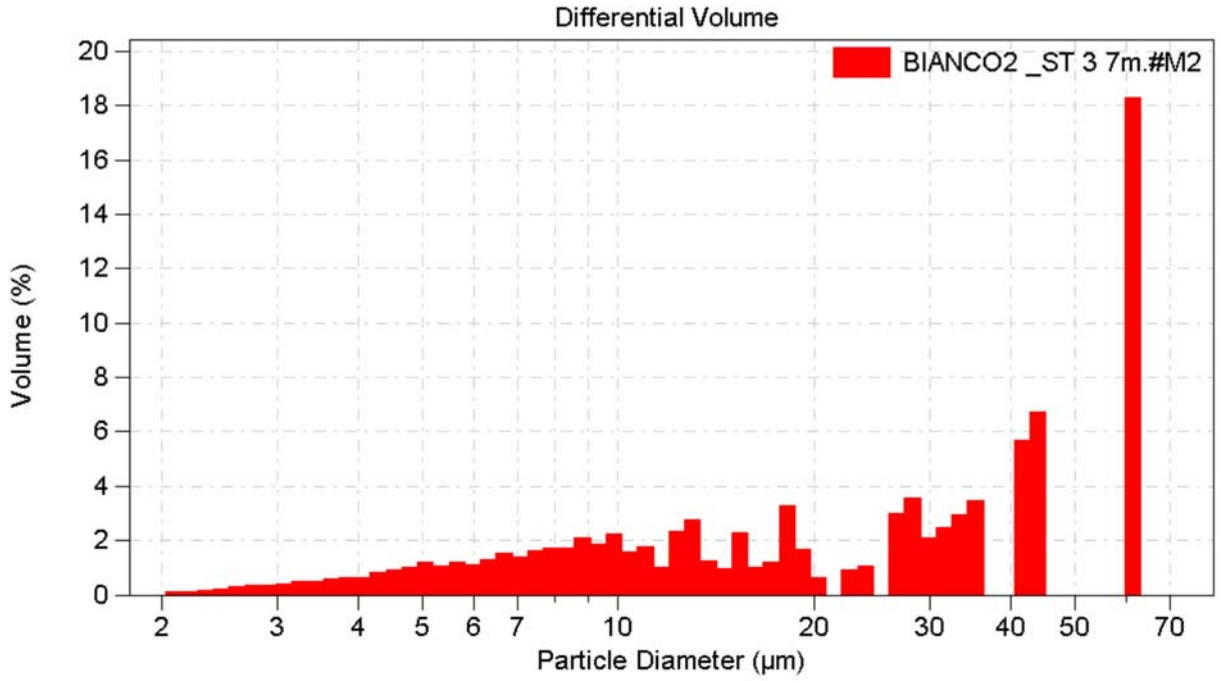


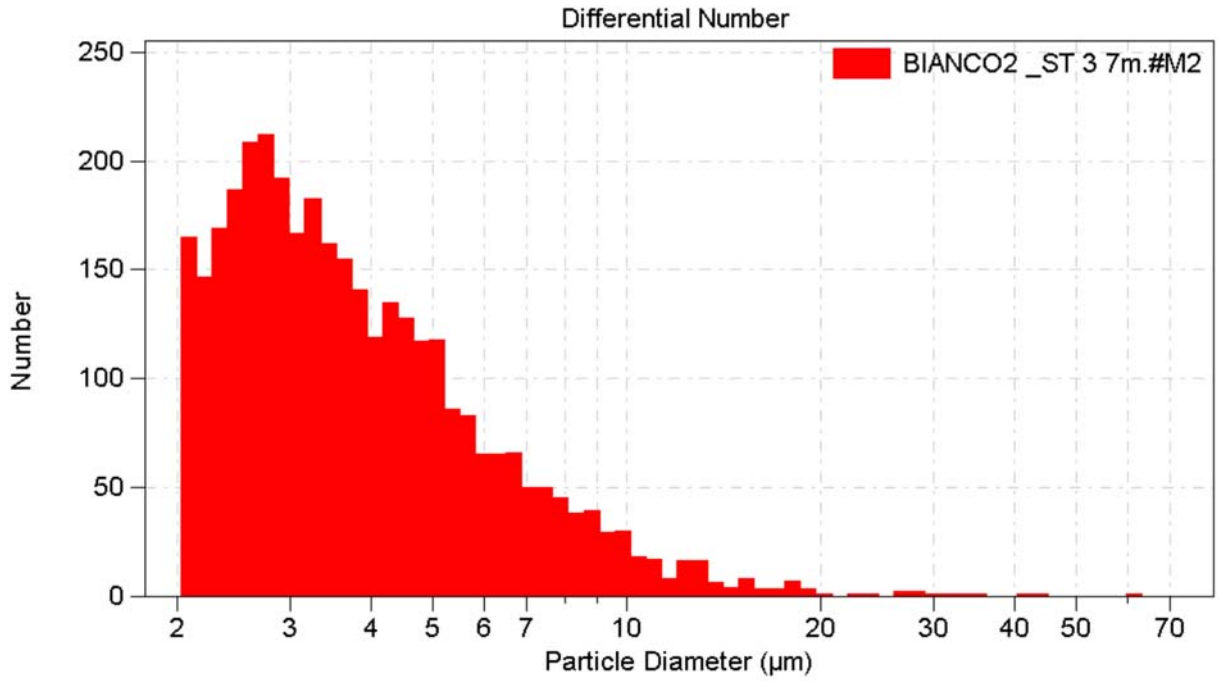
Stazione 2– Bianco - 23.10.08



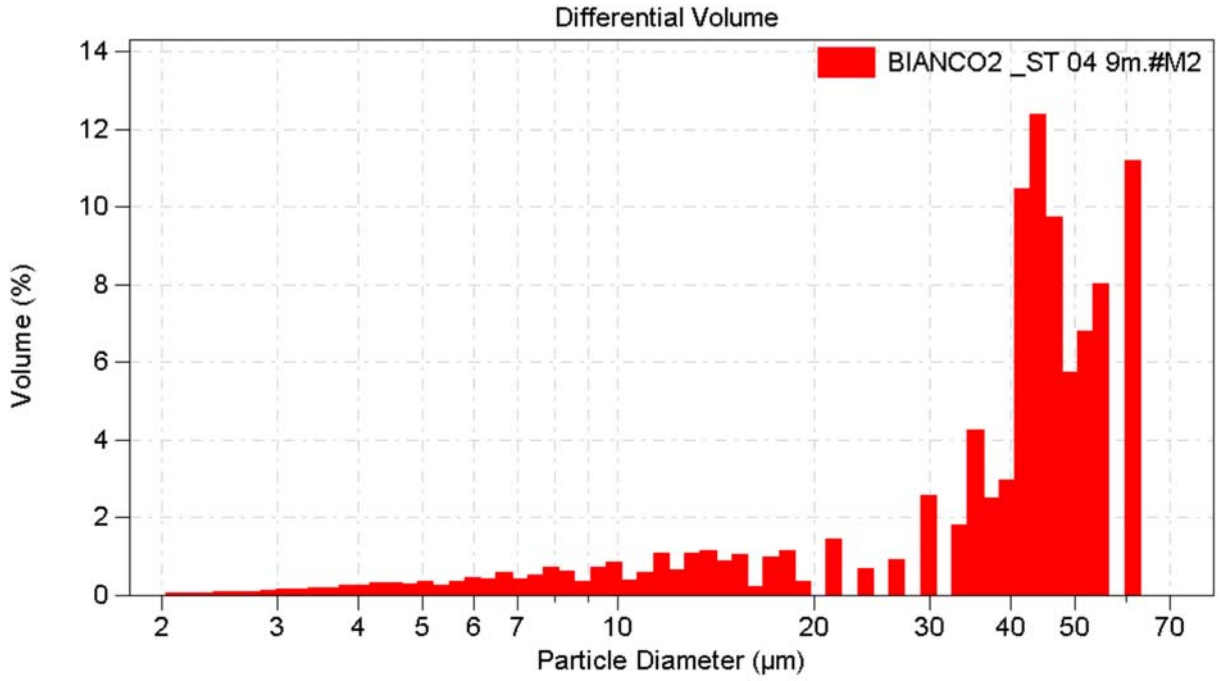


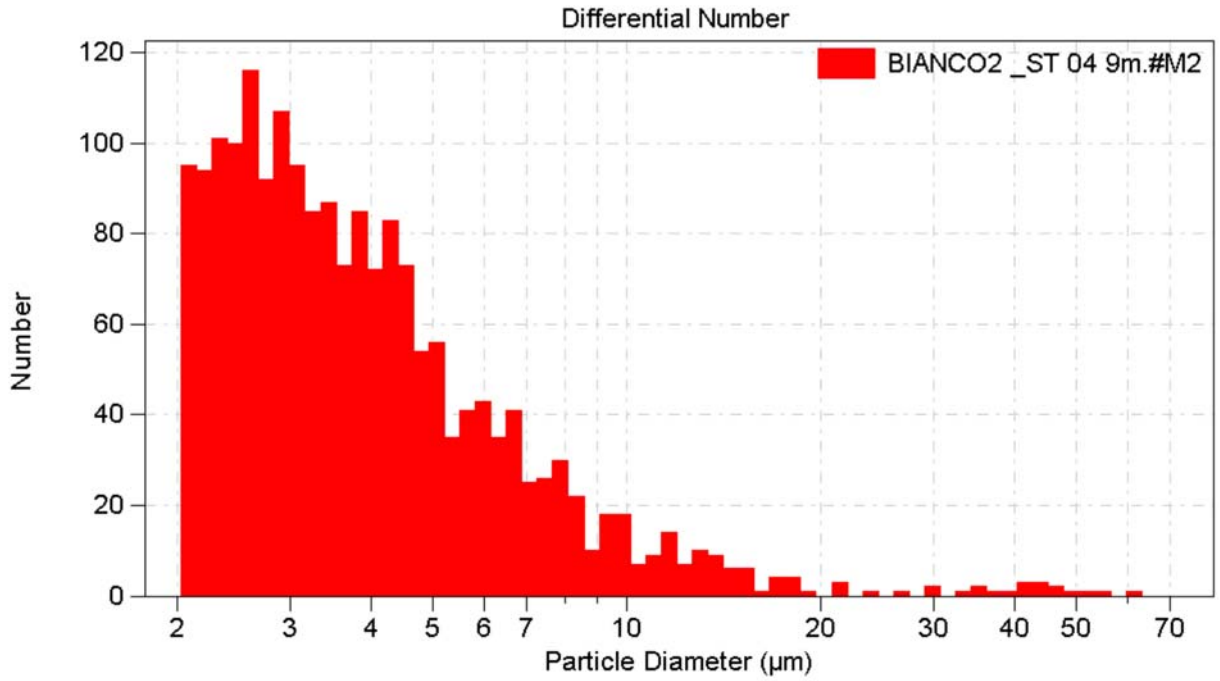
Stazione 3 – Bianco - 23.10.08



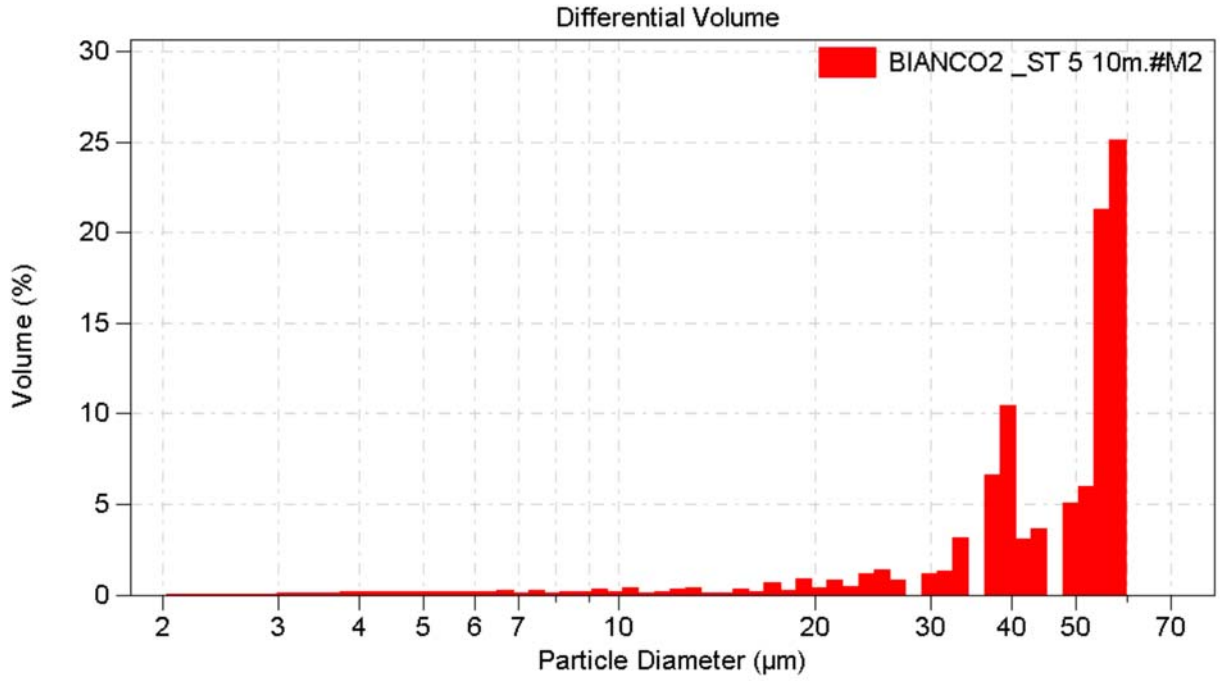


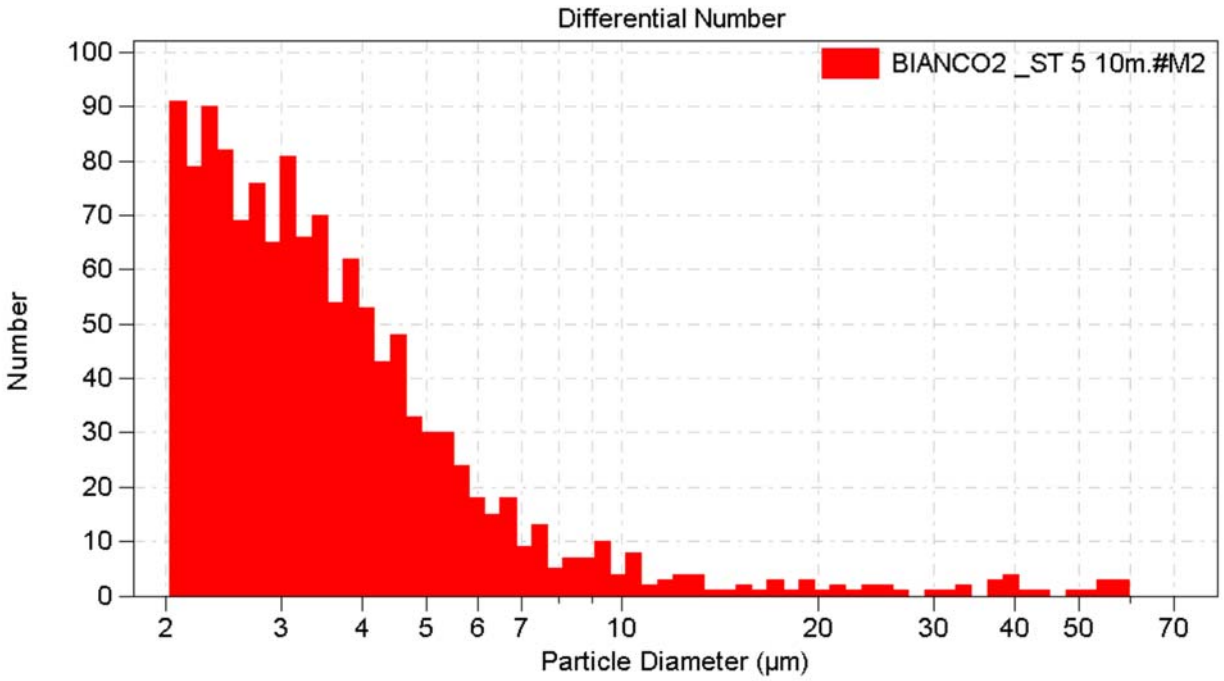
Stazione 4 – Bianco - 23.10.08



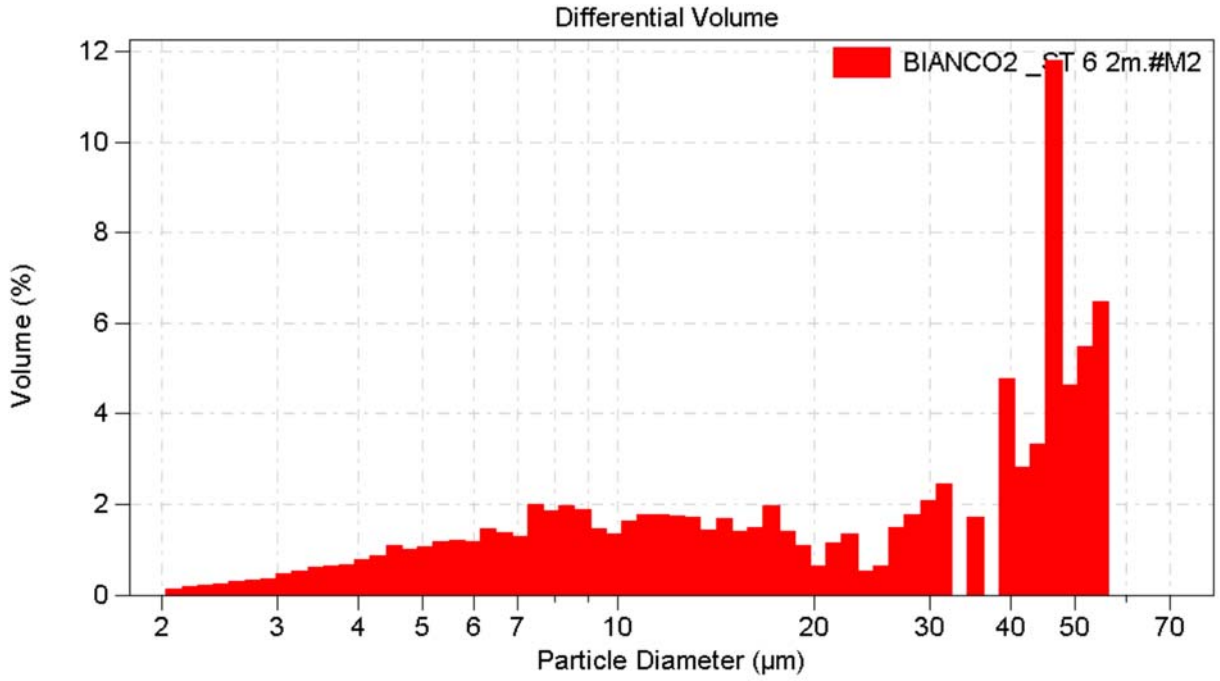


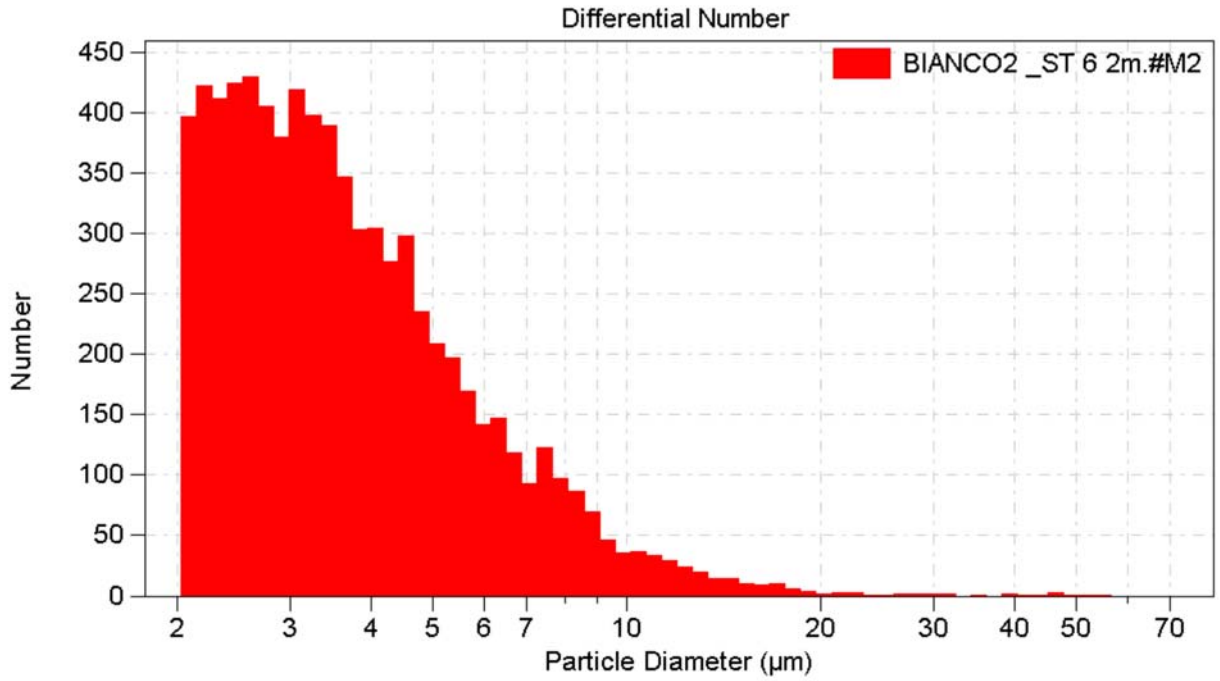
Stazione 5 – Bianco - 23.10.08



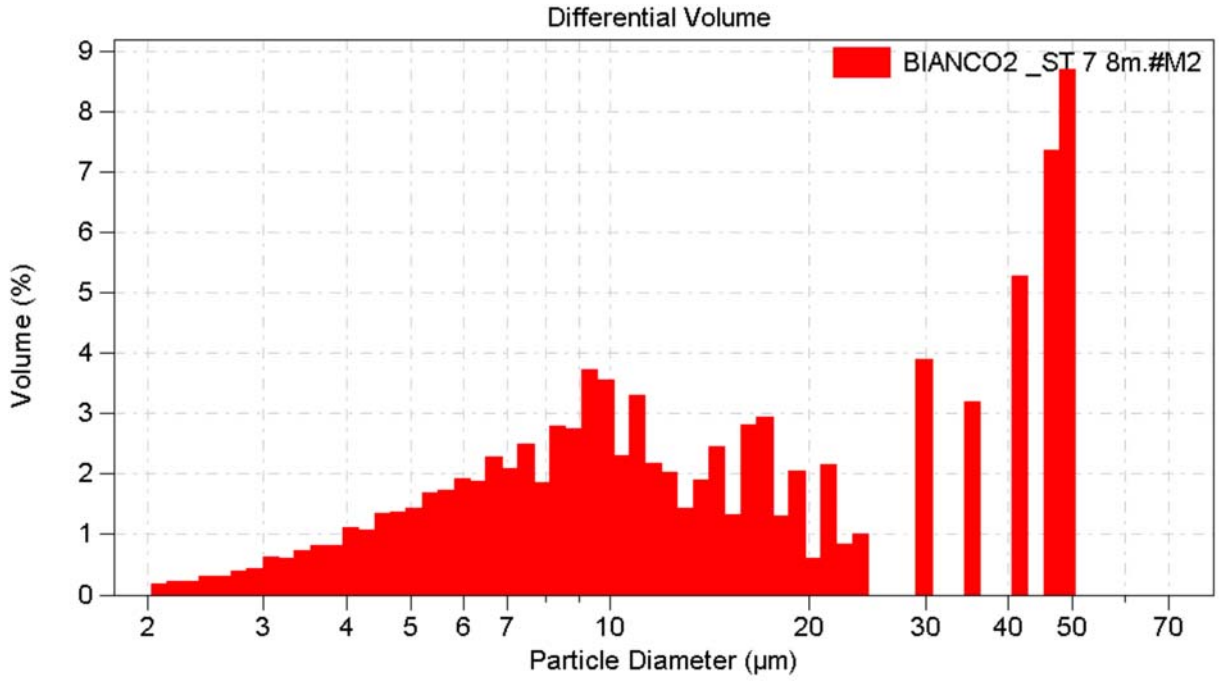


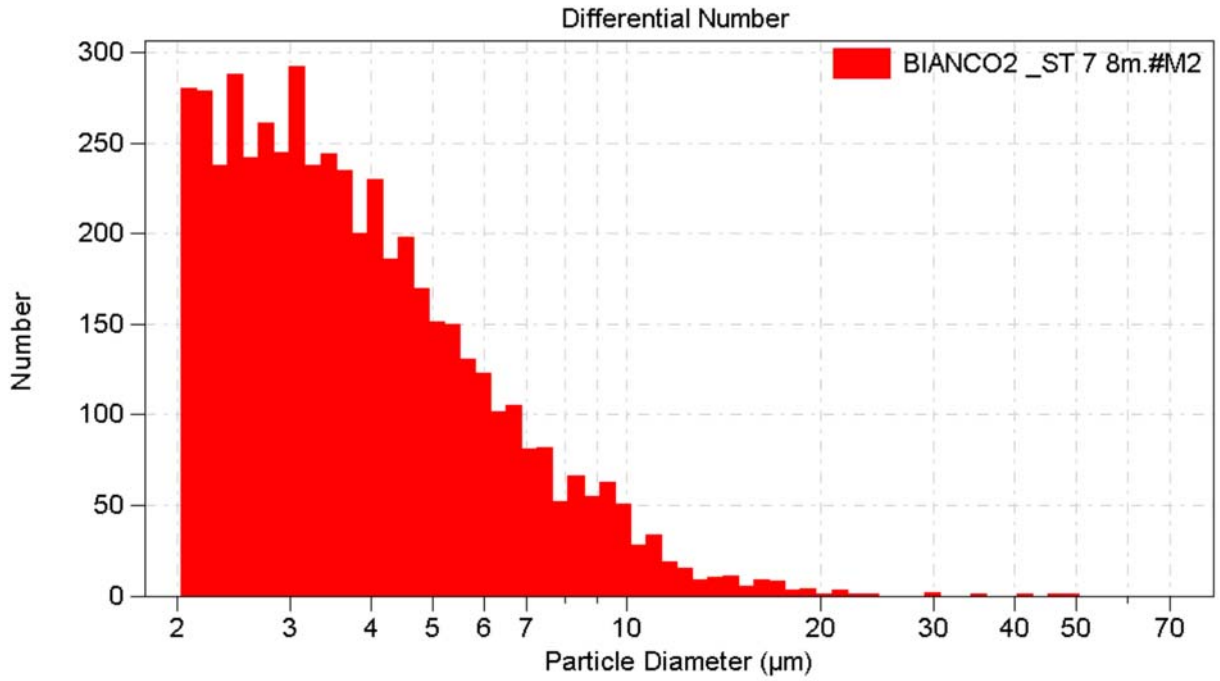
Stazione 6 – Bianco - 23.10.08



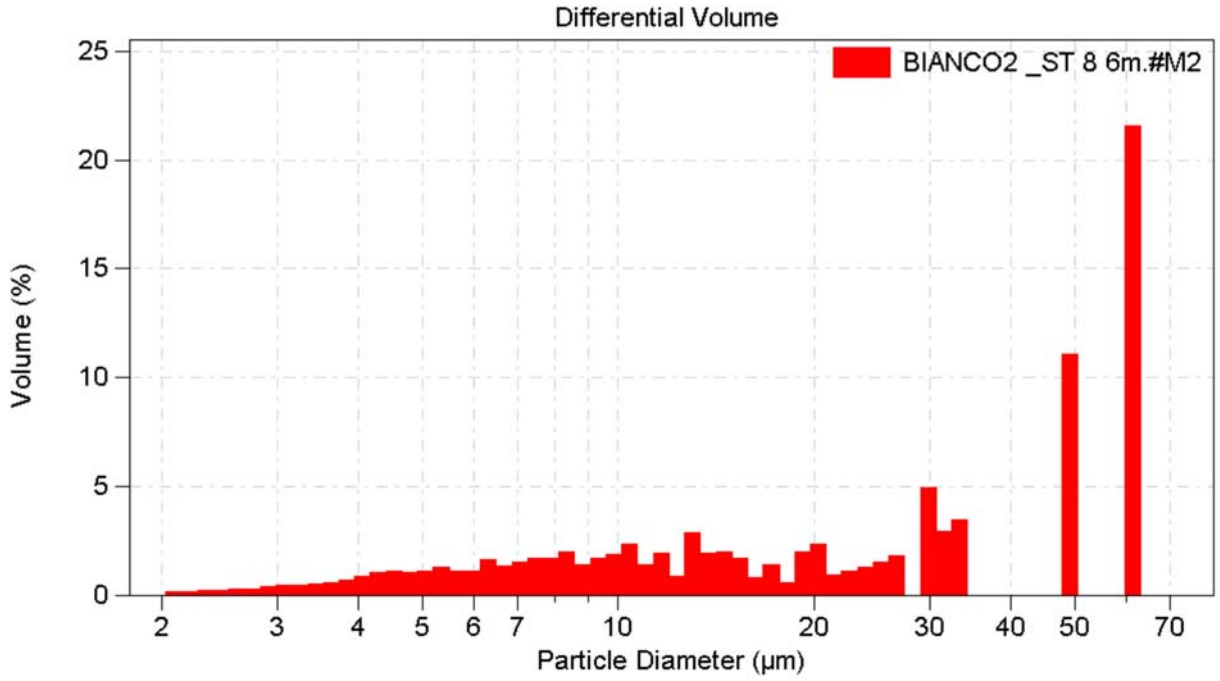


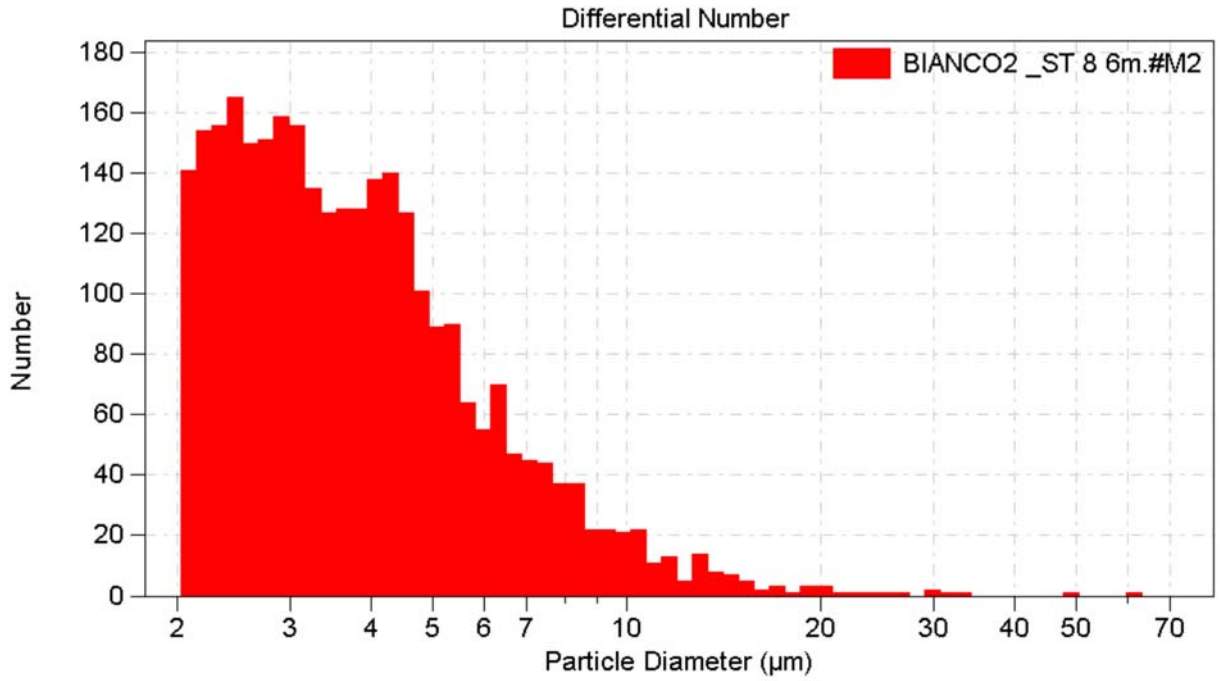
Stazione 7 – Bianco - 23.10.08



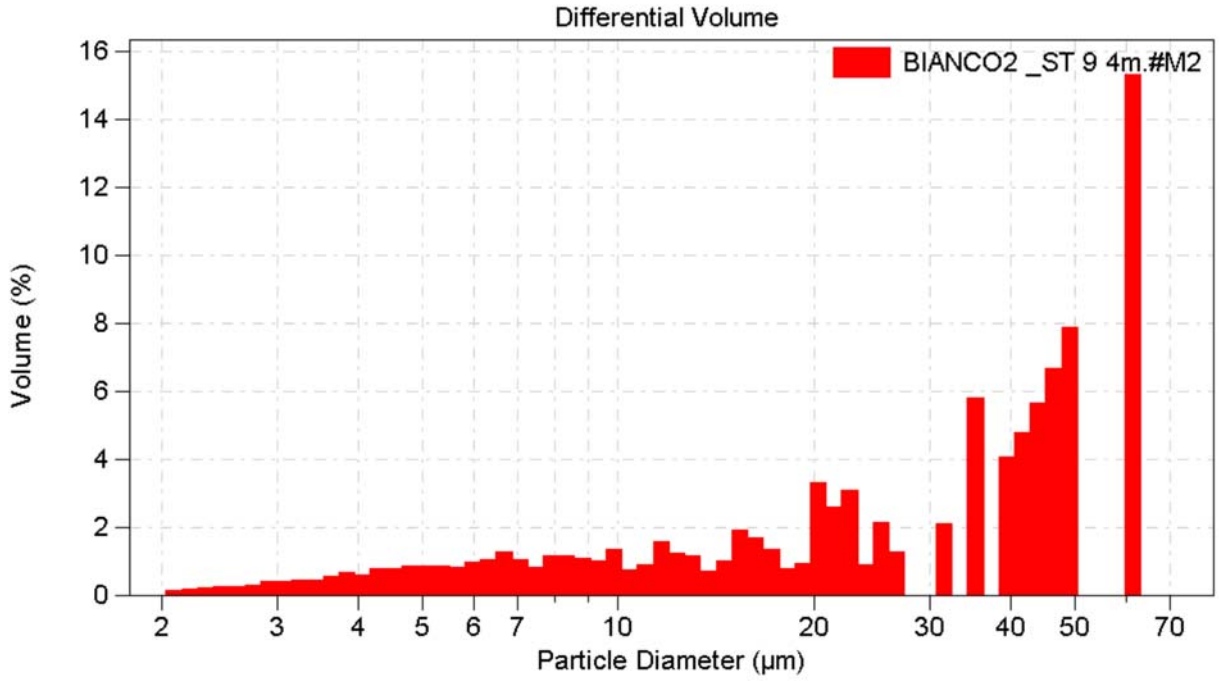


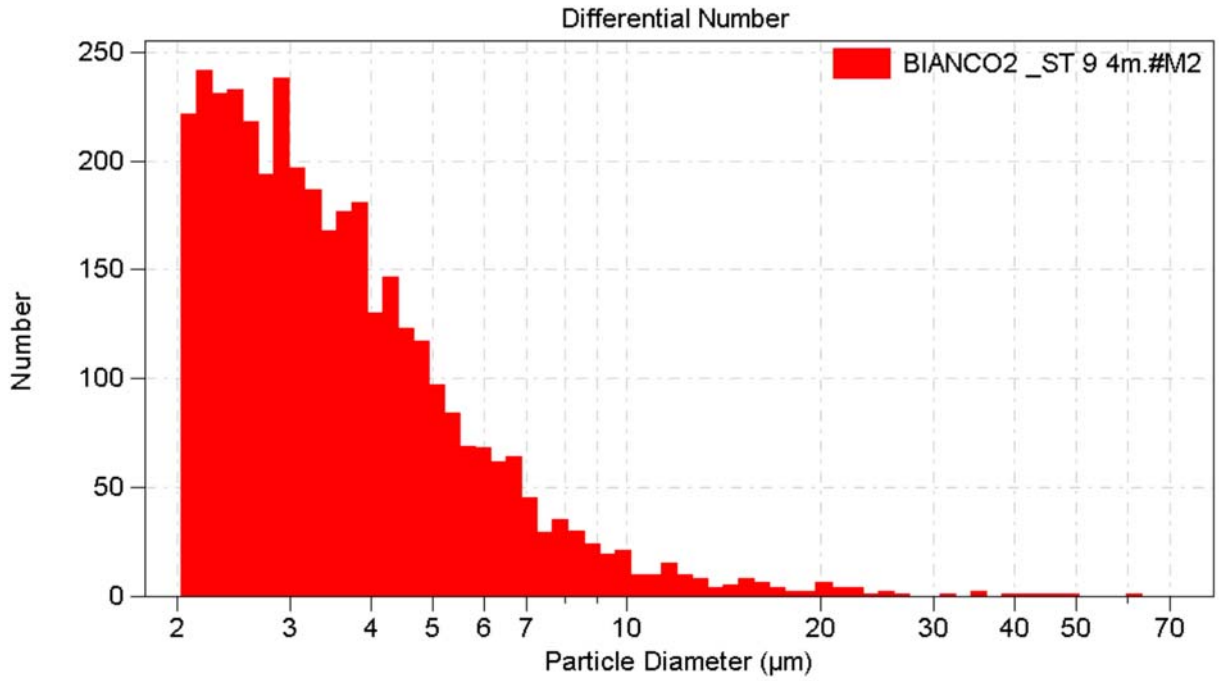
Stazione 8 – Bianco - 23.10.08



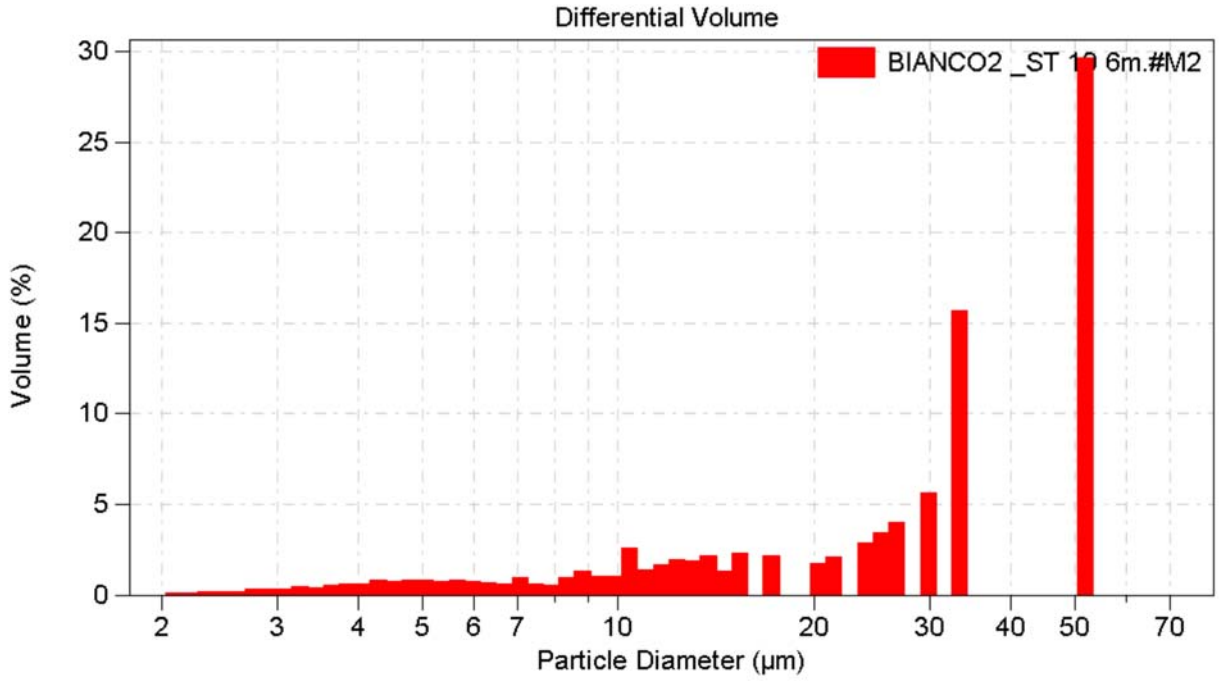


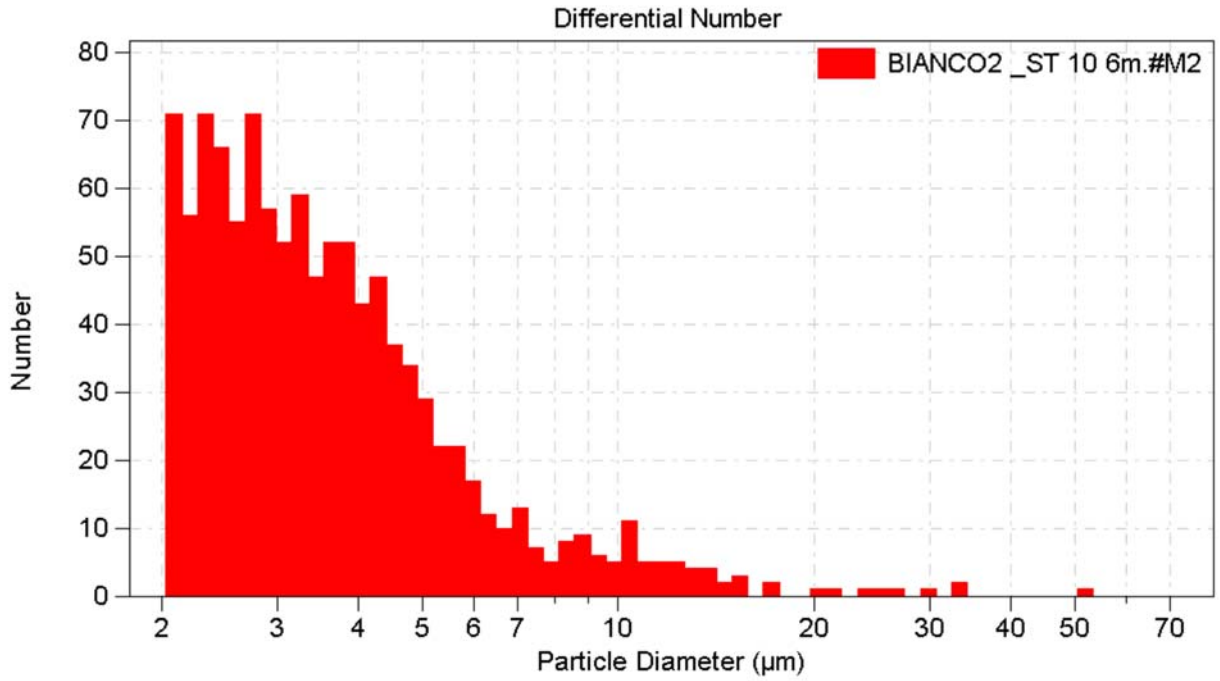
Stazione 9 – Bianco - 23.10.08



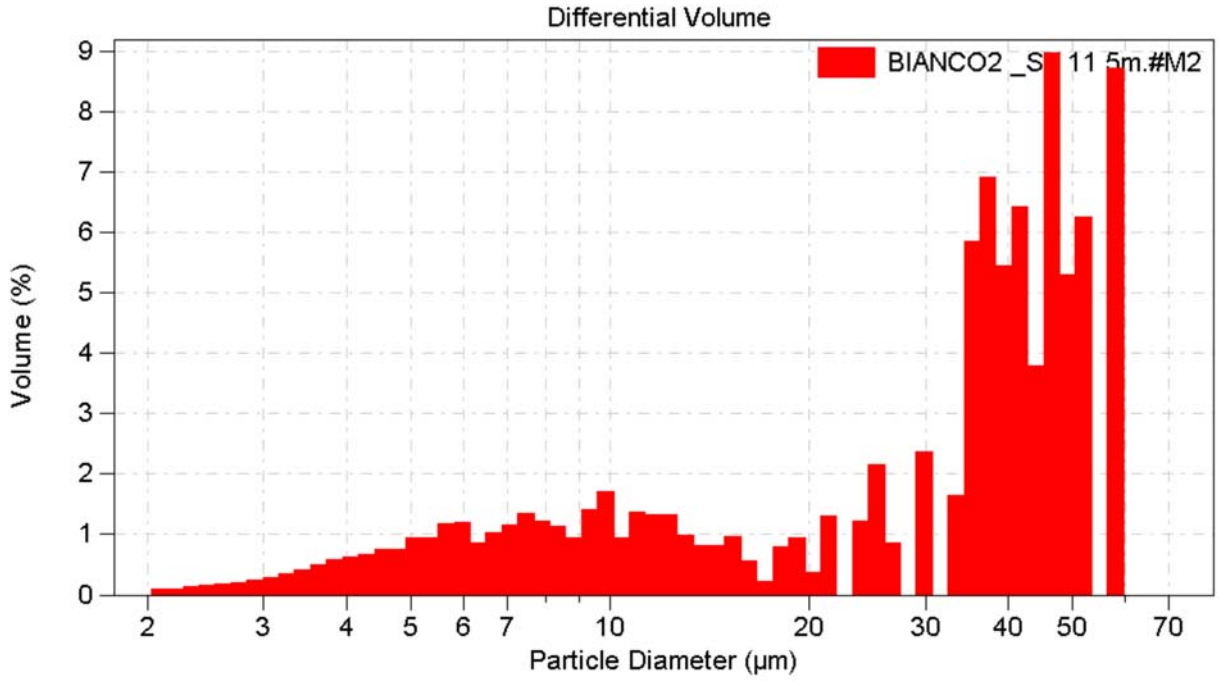


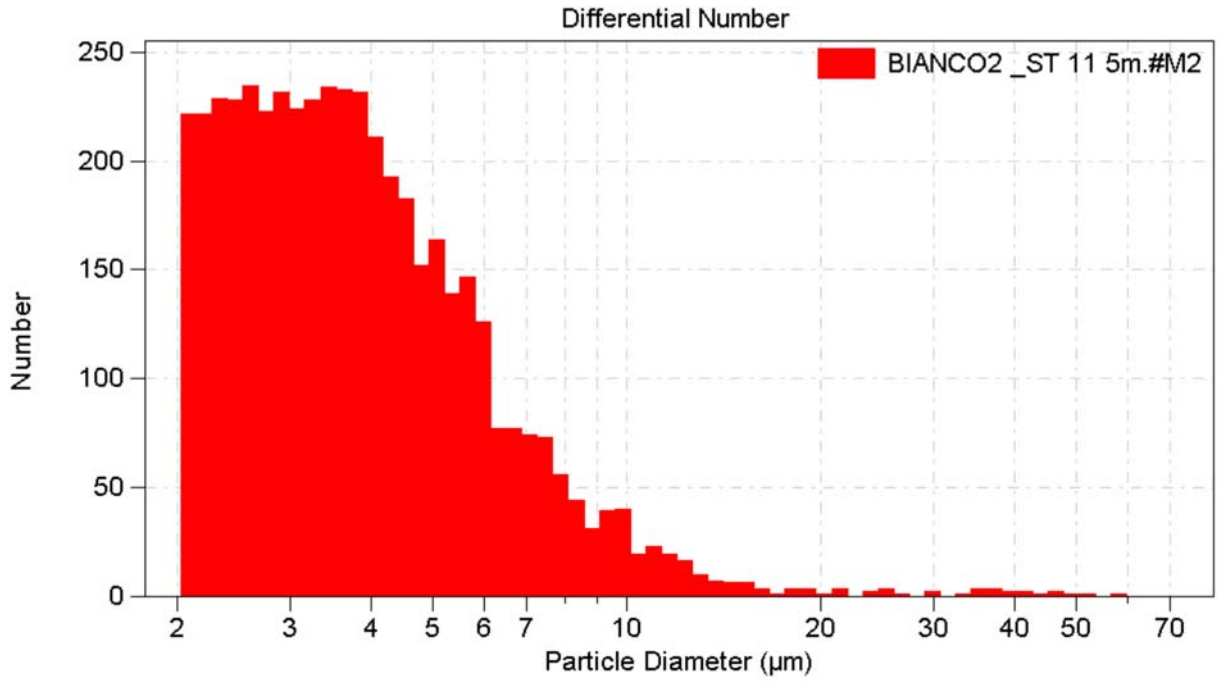
Stazione 10 – Bianco - 23.10.08





Stazione 11 – Bianco - 23.10.08





ALLEGATO 4

Valori del materiale particellato sospeso totale (TPM) presente nelle stazioni di campionamento

e

Campagna “giugno 2008”

STAZIONE	QUOTA (m)	TPM (mg l^{-1})	IPM (mg l^{-1})	OPM (mg l^{-1})	IPM %	OPM %
1	7	2,77	0,59	2,18	21	79
2	6	6,55	3,00	3,55	46	54
3	7	4,74	1,83	2,91	39	61
4	9	4,57	2,23	2,34	49	51
5	10	2,06	0,95	1,11	46	54
6	2	10,98	6,57	4,41	60	40
7	8	6,68	1,92	4,76	29	71
8	6	9,56	5,42	4,14	57	43
8	11	8,39	3,35	5,04	40	60
9	4	7,51	3,31	4,20	44	56
10	6	4,51	1,38	3,13	31	69
11	5	4,89	1,77	3,12	36	64

Tabella 1 – Valori del materiale particellato sospeso totale (TPM) presente nelle stazioni di campionamento durante la campagna oceanografica della fase “Bianco” del 23-25.06.2009.

Campagna “giugno 2008”

STAZIONE	QUOTA (m)	TPM (mg l^{-1})	IPM (mg l^{-1})	OPM (mg l^{-1})	IPM %	OPM %
1	7	2,76	0,16	2,60	6	94
2	6	2,11	0,82	1,29	39	61
2	15	10,14	2,97	7,16	29	71
3	7	3,50	1,11	2,39	32	68
4	9	2,22	1,32	0,90	60	40
5	10	1,80	0,11	1,69	6	94
6	2	6,18	1,88	4,30	30	70
7	8	4,10	1,44	2,66	35	65
8	6	1,94	1,70	0,24	88	12
9	4	4,84	0,70	4,15	14	86
10	6	1,57	0,79	0,78	50	50
11	5	9,40	2,06	7,34	22	78

Tabella 2 – Valori del materiale particellato sospeso totale (TPM) presente nelle stazioni di campionamento durante la campagna oceanografica della fase “Bianco” del 23-24.10.2009.