

## Progetto

# SINAPSI - asSistenza alla Navigazione per l'Accesso ai Porti in Sicurezza



**ATTIVITA' T1: REALIZZAZIONE RETE DI MONITORAGGIO**

**PRODOTTO T1.1.2: INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE E MONITORAGGIO**

Partner responsabile: CNR-ISMAR

Partner contributori: UNIGE, UTLN, ADSP-MTS, LaMMA, ERI, CCI-VAR

## INDICE

<b><i>Descrizione del prodotto</i></b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2. STAZIONI FISSE DI MISURA DELLE CORRENTI NEL PORTO DI GENOVA</b>	<b>2</b>
<b>2.1 CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI DI MISURA</b>	<b>2</b>
<b>2.2 POSIZIONE DEI CORRENTOMETRI NEL PORTO DI GENOVA</b>	<b>6</b>
Stazione 1: Ingresso di Levante del Porto	6
Stazione 2: Calata Bettolo	8
Stazione 3: Ingresso di Levante del Canale di Calma dell'Aeroporto-Polcevera	9
Stazione 4: Ingresso di Ponente del Canale di Calma dell'Aeroporto-Multedo	10
<b>2.3 INSTALLAZIONE CORRENTOMETRI NEL PORTO DI GENOVA</b>	<b>11</b>
<b>2.4 TRASMISSIONE DEI DATI</b>	<b>18</b>
<b>2.5 BIBLIOGRAFIA RELATIVA AL PORTO DI GENOVA</b>	<b>19</b>
<b>3. STAZIONI FISSE DI MISURA DELLE CORRENTI AL DI FUORI DEL PORTO DI GENOVA -    RADAR HF</b>	<b>20</b>
<b>3.1 CARATTERISTICHE</b>	<b>20</b>
<b>3.2 POSIZIONE</b>	<b>23</b>
<b>3.3 INSTALLAZIONE</b>	<b>24</b>
A - Sito Radar HF di Voltri (Ovest di Genova, foce torrente Cerusa)	26
B - Sito Radar HF di Quarto dei Mille (Est di Genova, depuratore di Quinto e giardini Giacomo Lercaro)	30
<b>3.4 TRASMISSIONE DATI</b>	<b>33</b>
<b>3.5 BIBLIOGRAFIA RADAR HF</b>	<b>33</b>
<b>4. SISTEMA CORRENTOMETRICO NELLA RADA DI TOLONE</b>	<b>35</b>
<b>5. SISTEMA CORRENTOMETRICO E ONDAMETRICO NEL PORTO DI LIVORNO</b>	<b>41</b>
<b>5.1. SISTEMA DI MONITORAGGIO FISSO</b>	<b>41</b>
5.1.1 COMPONENTE AEREA	41
5.1.2 COMPONENTE SUBACQUEA	45
5.1.3 TRASMISSIONE DEI DATI	47
<b>5.2. SISTEMA DI MONITORAGGIO TEMPORANEO</b>	<b>47</b>



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

5.2.1 DESCRIZIONE DEGLI ADCP	48
5.2.2 SITO DI INSTALLAZIONE	50
5.2.3 FASI DI INSTALLAZIONE	51
5.2.4 CONFIGURAZIONE ADCP ED ARCHIVIAZIONE DATI	54
<b>6. SISTEMA CORRENTOMETRICO E ONDAMETRICO NEL PORTO DI PIOMBINO</b>	<b>57</b>
6.1 COMPONENTE AEREA	57
6.2 COMPONENTE SUBACQUEA	60
6.3 TRASMISSIONE DEI DATI	62

## Descrizione del prodotto

Il Progetto SINAPSI ha finanziato l'acquisto di sensori e piattaforma osservative meteo-marine destinate alla creazione di una rete di monitoraggio delle correnti, del moto ondoso e del vento all'interno e in prossimità dei porti di Tolone, Genova, Livorno e Piombino. La rete è stata progettata secondo le linee guida e gli obiettivi descritti nel prodotto T1.1.1 "Progettazione monitoraggio", a cui si rimanda per i dettagli. In sintesi, la rete di monitoraggio ha lo scopo di acquisire e rendere disponibili in tempo reale i dati sulle condizioni meteo-marine a vantaggio degli stakeholders dell'area di cooperazione transfrontaliera marittima Italia-Francia ai fini della sicurezza della navigazione. La rete di monitoraggio finanziata dal progetto SINAPSI si integra nella più ampia rete osservativa meteo-marina che è stata sviluppata nel corso degli ultimi anni grazie al finanziamento di altri rilevanti progetti del Programma Interreg Italia-Francia Marittimo, tra cui si citano MOMAR, SICOMAR, SICOMAR Plus, IMPACT). Grazie alla sinergia di tutti questi progetti, incluso SINAPSI, la maggior parte dell'area marina costiera compresa tra Tolone e Piombino è interessata da sistemi di misura delle condizioni meteo-marine. Il contributo di SINAPSI ha riguardato l'acquisto, l'installazione e la messa in opera di correntometri, ondometri, anemometri e radar in banda HF. Questo prodotto illustra nel dettaglio cosa è stato realizzato dai Partner di SINAPSI.

## 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'Economia Blu, un aspetto cruciale è legato ai trasporti marittimi, in quanto gli scambi economici internazionali si basano su un efficiente e sicuro sistema di trasporto e logistica di cui i porti sono un elemento chiave. La sicurezza operativa in ambito portuale è fondamentale perché i porti sono frequentati da un numero sempre più grande di navi e di dimensioni sempre in crescita. Le operazioni di carico e scarico delle merci nei porti devono essere il più possibile efficienti per poter stare al passo con la competizione sempre più accesa di altri porti nel Mediterraneo e Nord Europa. Tali operazioni però non possono prescindere dal garantire condizioni di sicurezza per navi, carico e operatori. Garantire quindi la sicurezza della navigazione rimane una sfida aperta. In questo panorama sono fondamentali le condizioni meteo-marine che possono alterare molto la manovrabilità delle navi all'interno dei porti, ove gli spazi risultano limitati, influenzando sulla sicurezza delle manovre. La conoscenza delle condizioni meteo-marine svolge un ruolo primario nel garantire quindi la sicurezza della navigazione.

Nonostante l'applicazione di nuove tecnologie, gli incidenti navali dovuti a cattive condizioni meteo-marine sono all'ordine del giorno: ne è un esempio l'incidente di un mercantile di 128 m incagliatosi sulla costa di Livorno a causa del forte vento e del mare mosso nel gennaio 2017. L'obiettivo di SINAPSI è stato quello di rispondere alla necessità da parte degli operatori portuali di avere dati in tempo reale sulle condizioni meteo-marine per poter navigare e manovrare in prossimità e all'interno dei porti in totale sicurezza. L'obiettivo è stato perseguito innanzitutto ampliando e integrando la rete transfrontaliera Marittimo di monitoraggio delle caratteristiche fisiche del mare quali correnti, onde e vento sia con tecnologie tradizionali (correntometri ADCP, ondometri, drifter e anemometri) sia con strumentazione innovativa (radar costieri in banda HF).

In questo prodotto sono presentate le stazioni fisse di misura installate nei porti coinvolti da SINAPSI, ovvero i porti di Genova, Tolone, Livorno e Piombino.

## **2. STAZIONI FISSE DI MISURA DELLE CORRENTI NEL PORTO DI GENOVA**

La necessità di installare strumenti fissi per il monitoraggio delle correnti all'interno del Porto di Genova è derivata da un lungo e continuo confronto tra l'Università di Genova e l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale-Porto di Genova e gli attori che sono coinvolti direttamente nella navigazione all'interno del porto (Capitaneria di Genova, Corpo dei Piloti, Ormeggiatori e Armatori). Questi hanno evidenziato quanto sia importante avere informazioni in tempo reale sulle condizioni meteo-marine durante la navigazione e le manovre di ormeggio e di disormeggio all'interno dei porti. È stato evidenziato per esempio il fatto che all'interno del Porto di Genova, a causa della sua complessa morfologia, le correnti così come il vento possono variare da una zona all'altra del porto in maniera significativa e quindi influire sulle manovre delle navi. Inoltre, è stato sottolineato come le navi, durante le manovre di accosto ai moli perpendicolari al Canale di Sampierdarena, diventino delle vere e proprie dighe che si oppongono al normale fluire delle correnti lungo il canale; in questa occasione le navi sono quindi soggette ad un grande sforzo di spinta laterale che complica le manovre. Di seguito è riportata una descrizione delle stazioni di misura e delle fasi di installazione.

### **2.1 CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI DI MISURA**

Il progetto SINAPSI ha previsto la creazione di 4 stazioni fisse di misura delle correnti all'interno del Porto di Genova. Le stazioni di misura sono così composte:

- correntometro Acoustic Doppler Current Profiler orizzontale (HADCP);
- struttura in acciaio marino per il posizionamento del correntometro alla profondità desiderata di 7-8 m lungo la diga foranea e il suo recupero per la periodica manutenzione;
- cabina contenente l'elettronica per la gestione dello strumento e l'acquisizione dei dati misurati dallo strumento, l'invio dei dati misurati alla periferica dedicata presso il DISTAV dell'Università di Genova, e il sistema di alimentazione della stazione di misura;
- pannello solare.



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



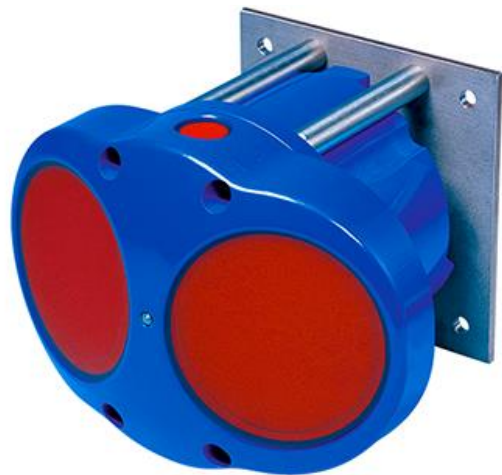
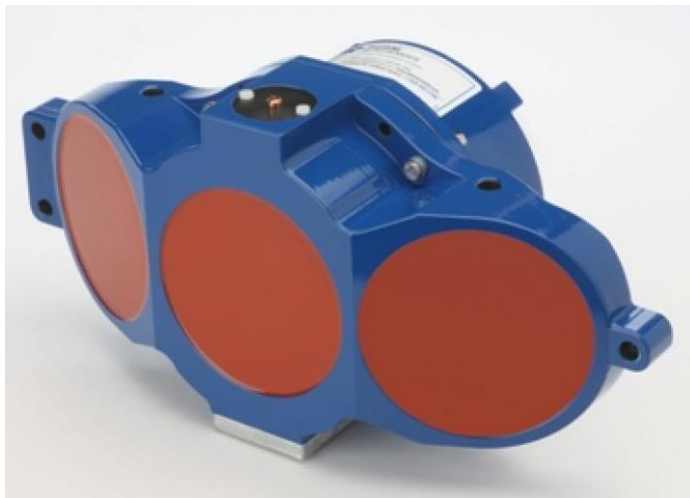
SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

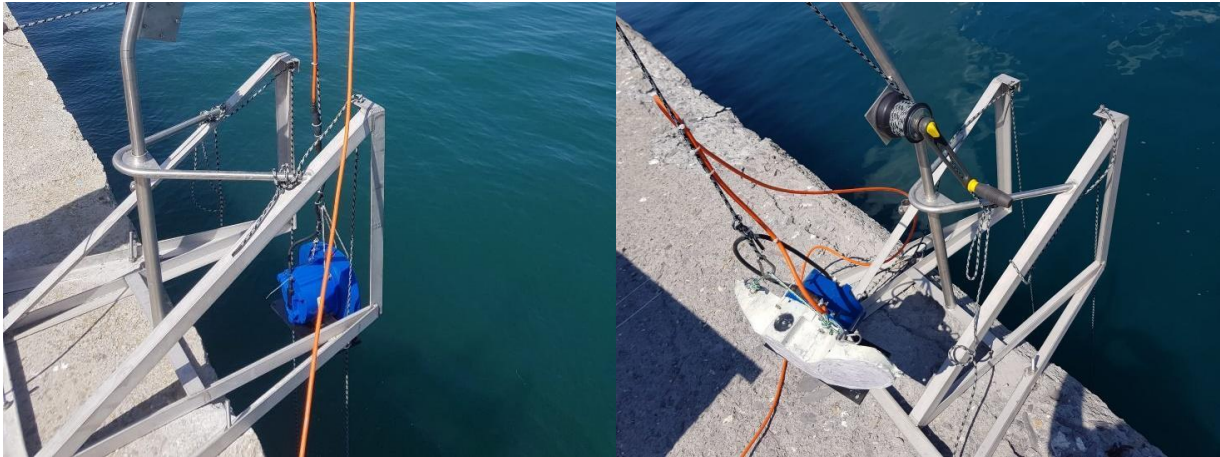
I correntometri sono 4 ADCP orizzontali della Teledyne RD Instruments: tre sono WorkHorse HADCP 300 kHz con tre trasduttori orizzontali e sono stati forniti da dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale-Porto di Genova, e uno è un Channel Master HADCP 300 kHz con due trasduttori orizzontali ed è stato acquistato da UNIGE nell'ambito del progetto SINAPSI.



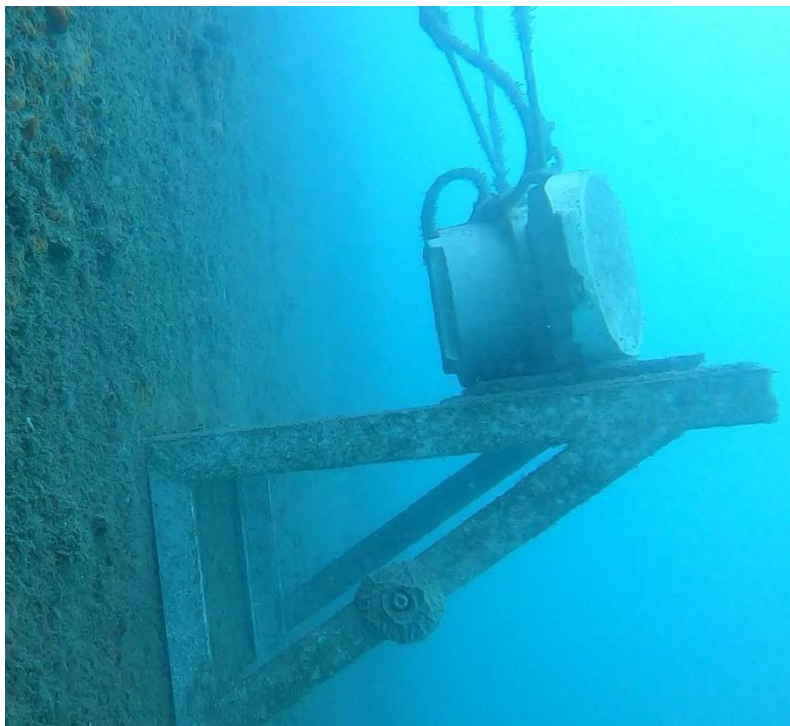
A sinistra: WorkHorse HADCP; a destra: Channel Master HADCP.

Le strutture, costruite in acciaio marino, sono costituite da due parti: una parte è installata sulla diga e permette di calare in acqua e salpare lo strumento dalla diga ed effettuare la periodica manutenzione; la seconda parte è installata sott'acqua, sulla parete verticale della diga, e funge da base su cui si appoggia lo strumento una volta che viene calato in acqua. La parte subacquea è dotata di un invito che assicura il giusto posizionamento dello strumento e ne garantisce la verticalità.





Struttura installata sulla diga foranea.



Struttura subacquea.

La centralina elettronica di ogni stazione è dotata di un sistema di gestione dell'HADCP per l'acquisizione dei dati, la ricezione dei dati e la loro trasmissione al dispositivo di ricezione e archiviazione presso il DISTAV dell'Università di Genova. La centralina, insieme alla batteria di alimentazione del sistema, è alloggiata in una cabina che, a seguito di confronti con la Capitaneria di Porto, è stata contrassegnata con una vistosa



X rossa, così da essere visibile dai mezzi nautici che transitano nelle vicinanze della stazione.



Centralina elettronica e cabina contrassegnata con una X rossa.



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2



Pannello solare di alimentazione della stazione.

## 2.2 POSIZIONE DEI CORRENTOMETRI NEL PORTO DI GENOVA

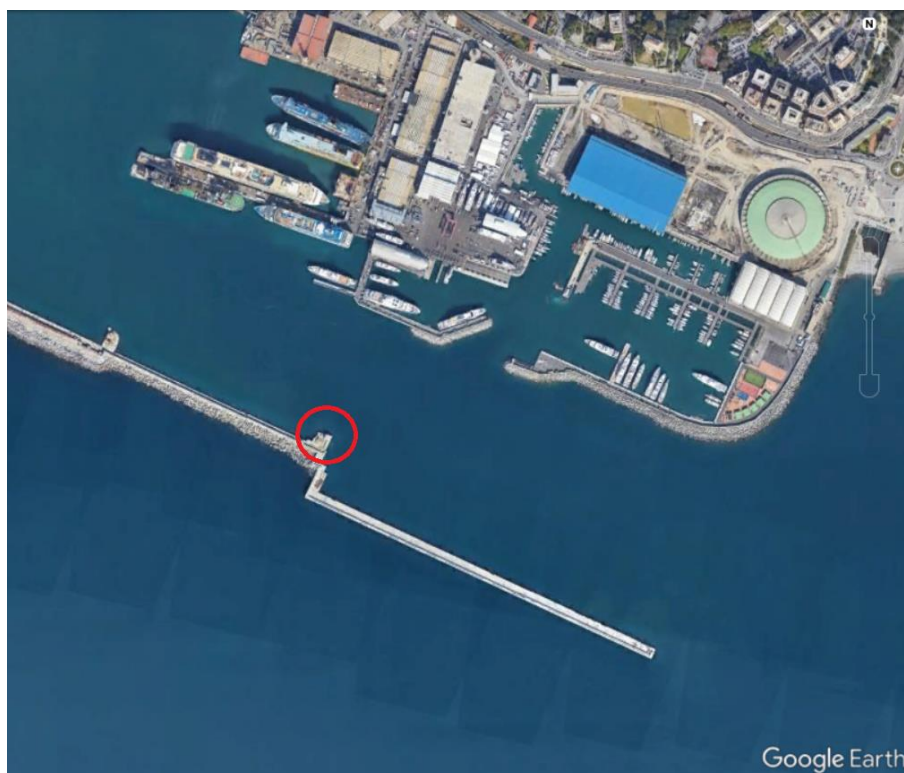
A seguito di ripetuti incontri con Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale-Porto di Genova, Capitaneria di Porto e Piloti del Porto di Genova, sono state individuate le posizioni di interesse per la misura delle correnti nelle quali installare le stazioni fisse. Le posizioni individuate permetteranno quindi di avere informazioni in diretta sullo stato delle correnti in punti strategici per la navigazione e la sicurezza delle navi e dei mezzi nautici all'interno del Porto di Genova. Di seguito sono riportate le posizioni individuate.

### Stazione 1: Ingresso di Levante del Porto

La prima posizione selezionata corrisponde all'ingresso di levante del porto. L'ingresso di levante è largo circa 350 m ed è esposto al moto ondoso proveniente da SE. In uno studio del 2012 (Cutroneo et al., 2012) che ha previsto l'analisi delle correnti misurate durante il monitoraggio ambientale del dragaggio del Porto di Genova realizzato tra il 2009 e il 2014, è stato osservato che all'ingresso di levante, in presenza di vento e mare da SE, si crea una particolare situazione nella quale nella parte nord dell'ingresso la

corrente tende ad entrare nel porto, mentre nella parte sud tende ad uscire. Inoltre, in una tesi di laurea (Apigalli, 2014) sempre centrata sullo stesso set di dati di corrente, è stato anche evidenziato il fatto che, molto spesso, esiste un ritardo tra il vento e la corrente generata e che tale ritardo può variare dalle poche fino a circa 20 ore. Grazie alle sue peculiarità e proprio al fatto che si tratta del primo tratto di mare all'interno della diga foranea del porto in cui le navi si trovano a navigare e manovrare, l'ingresso di levante è stato definito come di fondamentale importanza per la sicurezza della navigazione.

La posizione scelta per l'installazione della stazione di misura corrisponde al fanale rosso indicato nella seguente figura. In questo punto l'ingresso è largo 220 m circa a causa della presenza di un restringimento della diga.

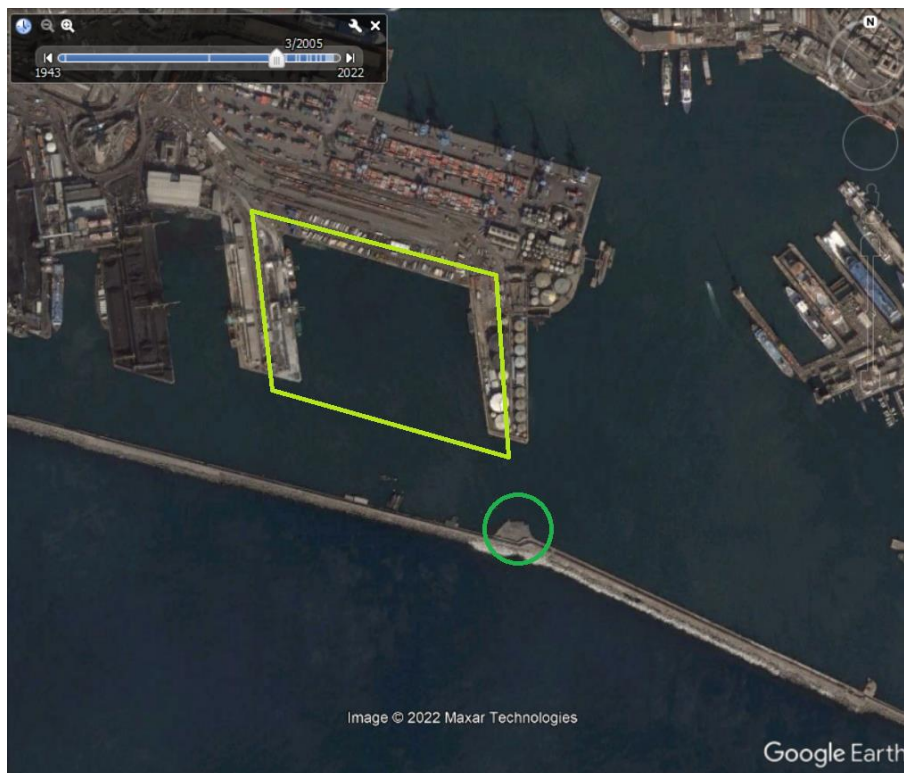


Posizione della stazione fissa "Ingresso di Levante".



## Stazione 2: Calata Bettolo

La seconda posizione scelta è in prossimità della Nuova Calata Bettolo. In questo punto del porto, fino al 2010 era presente un dente sporgente dalla diga, che formava una sorta di ostacolo al libero fluire delle correnti. Nel 2010, nell'ambito delle operazioni di dragaggio del porto, il dente è stato rimosso e quella parte di diga è stata ricostruita. Contestualmente, Calata Bettolo è stata chiusa ed è ora diventata una nuova banchina per l'ormeggio di navi porta contenitori. Inoltre, la banchina a est della Nuova Calata Bettolo è stata prolungata con la costruzione della Nuova Darsena Tecnica.



Il “dente” nel cerchio verde e la vecchia Calata Bettolo nel poligono giallo.

A seguito quindi di queste due operazioni, si è creata una modifica delle correnti all'ingresso del Canale di Sampierdarena e una riduzione dello spazio di navigazione delle navi nel Canale quando alla Nuova Calata Bettolo è ormeggiata una nave. In questo caso quindi avere informazioni sulle correnti è di fondamentale importanza per la sicurezza sia delle navi in transito sia delle navi ormeggiate.

La posizione scelta per l'installazione della stazione di misura corrisponde alla nuova sezione di diga ed è mostrata nella seguente figura. In questo punto il canale è largo 220 m circa a causa della presenza di un restringimento della diga.



Posizione della stazione fissa "Calata Bettolo" nel cerchio rosso, della Nuova Calata Bettolo nel poligono giallo e della nuova Darsena Tecnica nel poligono viola.

### **Stazione 3: Ingresso di Levante del Canale di Calma dell'Aeroporto-Polcevera**

La terza posizione è stata individuata presso l'ingresso di Levante del Canale di calma dell'Aeroporto. Il Canale di calma ha il triplice interesse di essere via di transito per i mezzi di servizio (NaveBus, rimorchiatori, pilotine) diretti quotidianamente dal Porto di Genova a quello di Genova Voltri o Multedo e viceversa, essere il canale a protezione della pista dell'Aeroporto Cristoforo Colombo dal moto ondoso, ed essere anche sito di immersione del sedimento dragato dal porto e sito futuro destinato allo stoccaggio del materiale derivante dagli scavi per la realizzazione del potenziamento della rete autostradale di Genova (la cosiddetta "Gronda di Ponente"). Quindi, oltre alla sicurezza



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

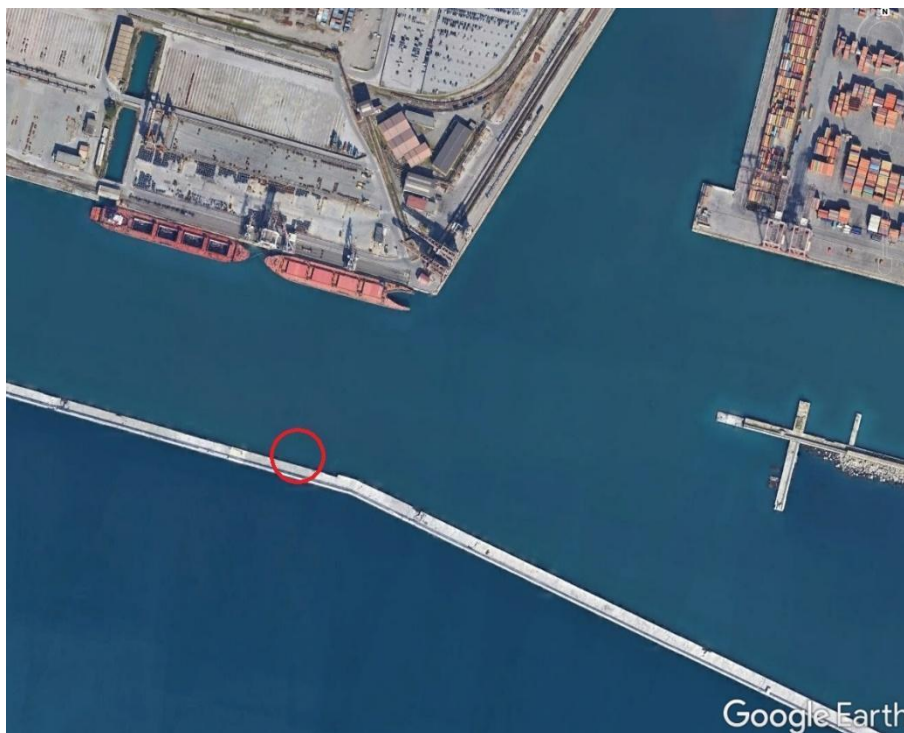
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

della navigazione che ogni giorno percorrono più volte il canale, in questo caso le informazioni acquisite sulle correnti sono anche importanti ai fini della protezione dell'ambiente perché forniscono e forniranno indicazioni sulla possibile diffusione dei sedimenti refluiti lungo il canale.

Il sito selezionato corrisponde all'inizio della pista dell'aeroporto ed è mostrato nella seguente figura. In questo punto il canale è largo circa 230 m.



Posizione della stazione fissa "Ingresso di Levante del Canale di calma dell'Aeroporto - Polcevera".

#### **Stazione 4: Ingresso di Ponente del Canale di Calma dell'Aeroporto-Multedo**

Il quarto sito scelto è localizzato all'estremità di ponente del Canale di calma dell'Aeroporto, in prossimità dell'area di Multedo. Le motivazioni della scelta sono le stesse della stazione 3, e quindi hanno sia un risvolto base dedicato alla sicurezza della navigazione sia quello legato alla protezione dell'ambiente marino.



Il sito selezionato corrisponde all'inizio della pista dell'aeroporto ed è mostrato nella seguente figura. In questo punto il canale è largo circa 180 m per la presenza della massicciata a protezione della pista dell'aeroporto.



Posizione della stazione fissa "Ingresso di Ponente del Canale di calma dell'Aeroporto - Mulfedo".

### 2.3 INSTALLAZIONE CORRENTOMETRI NEL PORTO DI GENOVA

Il giorno 17 Agosto 2022, il personale di Idromarambiente e di Arco89 ha provveduto ad installare le prime due strutture fisse subacquee all'interno del Porto di Genova nelle seguenti posizioni:

Stazione 1: Ingresso di Levante del Porto

Stazione 3: Ingresso di Levante del Canale di Calma dell'Aeroporto-Polcevera

Il giorno 18 agosto 2022, il personale di Idromarambiente e di Arco89 ha provveduto a trasportare sulla diga foranea il materiale elettronico ed i pannelli solari per

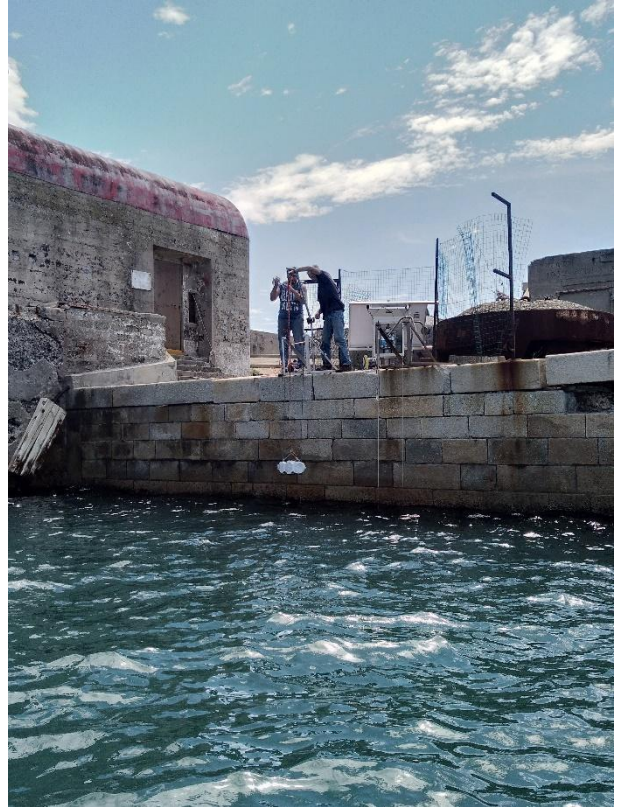
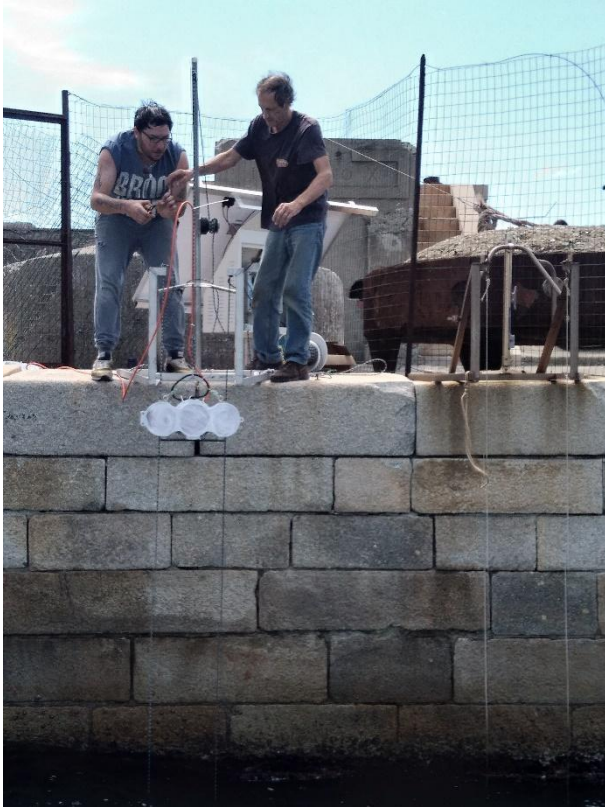
l'installazione delle stazioni 1 e 3. Non è stato possibile installarli quel giorno a causa delle avverse condizioni meteo-marine (Allerta gialla per forti piogge e raffiche di vento emanata dalla Regione Liguria).

Il giorno 19 Agosto 2022, il personale di Idromarambiente ha provveduto all'installazione della strumentazione, dell'elettronica e del sistema di alimentazione presso la stazione di misura 1 (Ingresso di Levante del Porto). Da remoto è stato verificato il corretto funzionamento del correntometro e il corretto invio dei dati tramite trasmissione telefonica e la corretta ricezione dei dati alla periferica dedicata presso il DISTAV.



Fasi di installazione della stazione 1 presso l'ingresso di levante del Porto di Genova.





Fasi di installazione della stazione 1 presso l'ingresso di levante del Porto di Genova.



Stazione 1 presso l'ingresso di levante del Porto di Genova.

Il giorno 22 Agosto 2022, il personale di Idromarambiente ha provveduto all'installazione della strumentazione, dell'elettronica e del sistema di alimentazione presso la stazione di misura 3 (Ingresso di Levante del Canale di Calma dell'Aeroporto). Da remoto è stato verificato il corretto funzionamento del correntometro e il corretto invio dei dati tramite trasmissione telefonica e la corretta ricezione dei dati alla periferica dedicata presso il DISTAV.



Stazione 3 presso l'ingresso di levante del Canale di Calma dell'Aeroporto.

Il giorno 6 Settembre 2022, il personale di Idromarambiente e di Arco89 ha provveduto ad installare le altre due strutture fisse subacquee all'interno del Porto di Genova nelle seguenti posizioni:

Stazione 2: Calata Bettolo

Stazione 4: Ingresso di ponente del Canale di Calma dell'Aeroporto.





Stazione 3 presso Calata Bettolo.





Correntometro Channel Master della stazione 3 presso Calata Bettolo.



Stazione 4 presso l'ingresso di ponte del Canale di Calma dell'Aeroporto.





Stazione 4 presso l'ingresso di ponte del Canale di Calma dell'Aeroporto.



Stazione 4 presso l'ingresso di ponte del Canale di Calma dell'Aeroporto.

## 2.4 TRASMISSIONE DEI DATI

Gli strumenti fissi sono stati impostati in modo che misurino le correnti ogni 15 minuti. I dati vengono misurati lungo una direttrice di circa 100-120 m a partire dallo strumento attraverso la massa d'acqua antistante. La distanza coperta dallo strumento viene divisa in sezioni (dette celle di misura) della dimensione di 4 m e per ogni cella viene restituito un dato di velocità e direzione della corrente.

I dati acquisiti sono trasmessi alla postazione dedicata presso il DISTAV dell'Università di Genova che li archivia e li trasferisce al sistema di visualizzazione online. Il sistema di visualizzazione è costituito dalla piattaforma ICT di SINAPSI che è descritta nel prodotto di progetto "T1.2.1 - Progettazione implementazione diffusione piattaforma ICT" e disponibile sul sito di progetto nella pagina "Cosa realizza?" (<https://interreg-maritime.eu/web/sinapsi/checosarealizza>). La piattaforma è disponibile al seguente link: <https://s4sinapsi.it/>.

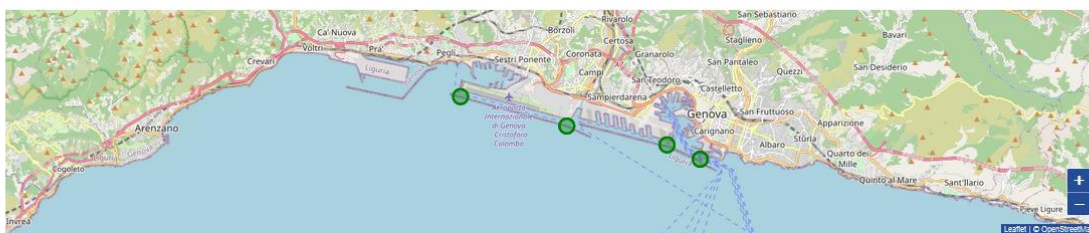
Per la visualizzazione dei dati derivanti dalle quattro stazioni fisse del Porto di Genova è stata creata una sezione pubblica specifica all'interno della piattaforma SINAPSI, così da rendere i dati immediatamente fruibili e aggiornati a tutti gli stakeholders del Porto di Genova. Il link per accedere a tale sezione è il seguente: <https://s4sinapsi.it/Stazioni/#/adcp02>.

Nella pagina dedicata al Porto di Genova è presente una mappa con la posizione delle quattro stazioni e per ogni stazione, selezionabile direttamente dalla mappa, vengono visualizzati i dati di velocità (in m/s) e direzione (in ° N) della corrente. I dati visualizzati sono tre, corrispondenti all'ultima misura effettuata e alle due precedenti (a 15 e 30 minuti). Nella mappa le stazioni sono identificate da un pallino che è verde se la stazione misura e trasmette regolarmente e diventa rosso nel caso la stazione sia in manutenzione o abbia un malfunzionamento.



## Il Progetto SINAPSI

SINAPSI sviluppa soluzioni per rispondere alla necessità da parte degli operatori portuali di avere dati in tempo reale sulle condizioni meteo-marine per poter navigare/manovrare all'interno dei porti in totale sicurezza.



Genova - Calata Bettolo

Valori della corrente (profondità sensore 6/7m):

	Ultima Misura	-15 minuti	-30 minuti
Data	30/09/2022 17:27:02	30/09/2022 17:12:01	30/09/2022 16:57:02
Velocità	0.03 m/s	0.05 m/s	0.12 m/s
Direzione	117 °	133 °	117 °

La velocità e la direzione della corrente sono stati determinati calcolando il valore medio dei valori misurati nei 40 m centrali liberi del canale.

Sezione della piattaforma ICT SINAPSI dedicata al Porto di Genova.

## 2.5 BIBLIOGRAFIA RELATIVA AL PORTO DI GENOVA

Apigalli A. (2014). Analisi di una serie storica di dati derivanti da correntometro fisso. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze del Mare, Università degli Studi di Genova, pp. 71.

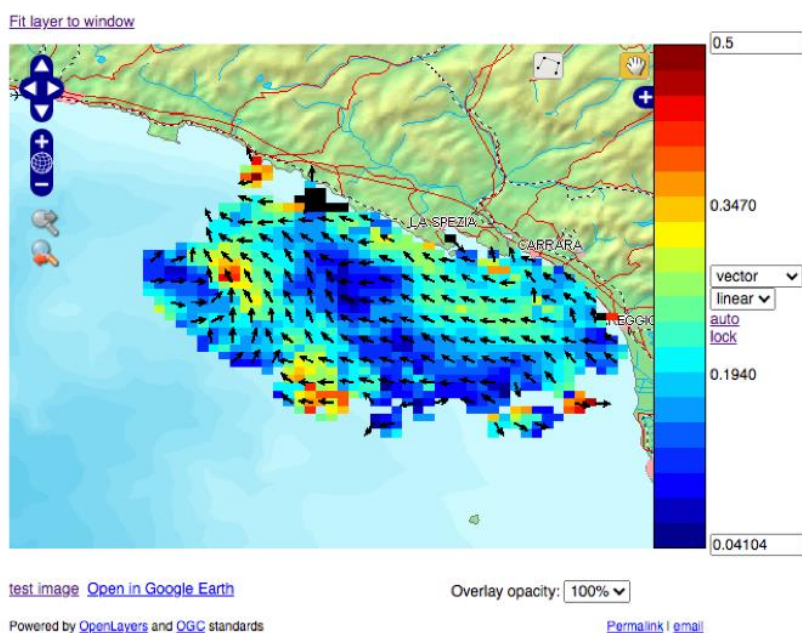
Cutroneo L., Castellano M., Pieracci A., Povero P., Tucci S., Capello M. (2012). The use of a combined monitoring system for following a turbid plume generated by dredging activities in a port. *Journal of Soils and Sediments* 12:797-809. DOI 10.1007/s11368-012-0486-0

### 3. STAZIONI FISSE DI MISURA DELLE CORRENTI AL DI FUORI DEL PORTO DI GENOVA - RADAR HF

#### 3.1 CARATTERISTICHE

I sistemi fissi previsti dal progetto SINAPSI per il monitoraggio marino nell'area antistante al porto di Genova sono due stazioni radar in banda HF.

I radar HF sono strumenti di telerilevamento che permettono di acquisire e rendere disponibili automaticamente informazioni aggiornate sulle correnti marine superficiali e sul moto ondoso, e in certe condizioni sulla direzione del vento. Essi permettono un monitoraggio continuo e automatico ad alta risoluzione spaziale (griglie da 1 a 6 km) e temporale (una mappa ogni 30 o 60 minuti) su superfici di migliaia di chilometri quadrati.



Esempio di una mappa di corrente superficiale da radar HF nell'area marina compresa approssimativamente tra Viareggio (LU) e Monterosso al Mare (SP).

Si veda il prodotto T 1.1.1 di SINAPSI per una descrizione generica della tecnologia radar HF per il telerilevamento dei parametri oceanografici.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche, nell'ambito del progetto SINAPSI, ha acquistato la seguente strumentazione:



Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

- 2 stazioni radar HF di tipo “phased array” WERA<sup>1</sup> in grado di adottare le tecniche “beam forming” e “direction finding”, costituite ciascuna da un’unità ricevente a 12 canali, un’unità trasmittente, un armadio contenitore in formato rack, antenne, cablaggi e accessori di protezione da scariche atmosferiche delle linee coassiali, un computer, applicativi software per l’acquisizione, l’elaborazione e l’archiviazione automatica dei dati in tempo reale;
- 1 unità centrale di calcolo dotato degli applicativi software e delle relative licenze per l’elaborazione dei dati acquisiti dalle due stazioni di cui sopra, per la produzione sia in automatico - in tempo reale - sia in modalità differita di mappe bidimensionali relative alle correnti marine superficiali e ai parametri del campo d’onda.

La strumentazione di cui sopra è stata consegnata nel mese di marzo 2022 e collaudata con installazione provvisoria presso la diga Foranea di Viareggio (LU) durante il periodo 28-30 marzo 2022. Si veda il prodotto 1.1.2 per dettagli sulla fase di collaudo.

---

<sup>1</sup> Sistema prodotto e commercializzato da HELZEL MESSTECHNIK GmbH, Carl- Benz-Strasse, 9 24568 Kaltenkirchen, Germania



Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2



Elettronica di uno dei due sistemi radar HF WERA acquistati dal CNR nell'ambito del progetto SINAPSI, in opera durante il collaudo.

Il sistema di radar HF così descritto opera nella banda di frequenza 24,450 MHz – 24,600 MHz, una delle bande assegnate dalla ITU (International Telecommunication Union) per i radar oceanografici.

Nella tabella seguente sono riassunte le prestazioni migliori in termini di risoluzione e range, relativamente sia alla misura delle correnti marine (prima riga) sia alla misura del campo d'onda (seconda riga)



Parametro ->	Estensione angolare della misura	Integrazione in direzione radiale	Risoluzione in direzione radiale	Integrazione sull'angolo	Risoluzione angolare	Risoluzione temporale
componente radiale della velocità della corrente superficiale	120°	1,2 km	1 km	8°	< 1°	5-10 min
altezza d'onda significativa, periodo medio, periodo di picco e spettro uni-direzionale del campo d'onda	90°	1,2 km	1 km	8°	< 1°	10 min

Il range di misura dichiarato in condizioni meteo ottimali per ciascuna stazione è pari a 50 km per le correnti e 20 km per le onde.

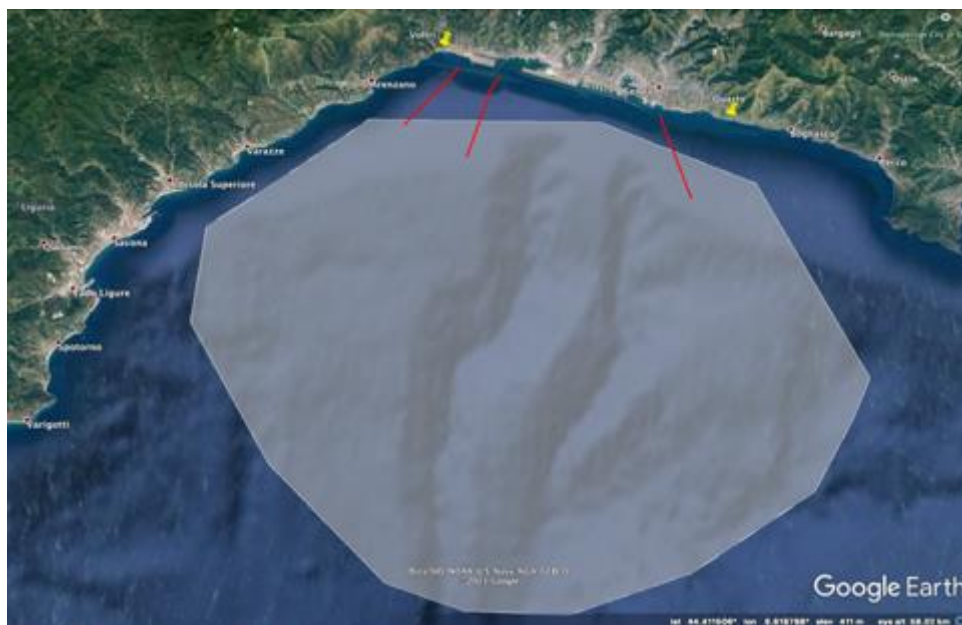
### 3.2 POSIZIONE

L'identificazione della posizione migliore è stata determinata dai due fattori seguenti:

- l'ottimizzazione della superficie coperta dalla misura radar HF, con particolare attenzione alle linee di navigazione in ingresso al porto di Genova;
- la geometria della costa unitamente alla possibilità di disporre l'array di antenne in prossimità del mare, con orientamento adeguato e con visuale libera da ostacoli.

Per l'alloggiamento delle componenti elettroniche si è optato per l'uso di cabinet trasportabili di dimensioni minime, per non essere vincolati a strutture preesistenti.

Le due stazioni radar HF in oggetto verranno installate lungo la costa in prossimità del mare nelle zone di Voltri e Quarto dei Mille, nel successivo paragrafo viene illustrata una sintesi del progetto di installazione.



I punti gialli rappresentano le due aree previste per l'installazione dei radar HF. In bianco semitrasparente l'area interessata dalla misura di corrente superficiale, In rosso sono indicate le linee di navigazione per l'ingresso nel porto di Genova.

### 3.3 INSTALLAZIONE

Al momento della stesura del presente testo sono ancora in corso le attività di preparazione all'installazione dei due sistemi radar HF.

La complessità degli apparati richiede da un lato un lungo percorso autorizzativo e l'interazione con più soggetti titolari o concessionari di aree di interesse sul litorale del Comune di Genova, dall'altro lato una serie di interventi di predisposizione dei siti che interessano un'area abbastanza ampia e che sono possibili solo a valle delle autorizzazioni di cui sopra.

Lo stato attuale vede le seguenti attività completate:



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

- sopralluoghi congiunti e discussione con soggetti istituzionali (Autorità Portuale del Mar Ligure Occidentale, Comune di Genova settore demanio marittimo) per fattibilità di massima del piano di installazione, incluso nulla osta da parte dell'ufficio Paesaggio del Comune di Genova.
- sopralluoghi tecnici e redazione del progetto dettagliato di installazione
- ottenimento di lettera di supporto e di manifestazione di interesse da parte di Autorità Portuale del Mar Ligure Occidentale

e i seguenti fronti aperti:

- proposta di accordo di collaborazione tra Autorità Portuale del Mar Ligure Occidentale, Comune di Genova e CNR-ISMAR per l'accesso alle aree di Voltri (foce del torrente Cerusa) e Quarto dei Mille (depuratore e giardini Giacomo Lercaro)
- affidamento del servizio di predisposizione dei siti
- autorizzazione del MISE per l'uso delle frequenze radio
- attivazione della fornitura di energia elettrica

Le opzioni di installazione più probabili sono descritte nel seguito.

### A - Sito Radar HF di Voltri (Ovest di Genova, foce torrente Cerusa)

Pos	Nome del Sito	Voltri Wavebreaker 1	
01	Posizione geografica	Genova Voltri	
	Coordinate del cabinet	LAT: da decidere	LON: da decidere
02	Orientazione True north	~264°	
03	Distanza dalla linea di costa	Rx: <15m	Tx: ~30m
04	Rx -> Tx	Distanza: ~130m (~10.6 lambda)	Orientazione: Perfettamente in linea
05	Tipo di Tx	standard	
06	Tipo di terreno	Scogli / sassi	
07	Elevazione	Tx: <5m	Rx: <5m
08	Lunghezza dei cavi verso	Tx: < 150m	Rx: < 100m
09	Distanza da	Alimentazione elettrica: molto vicina	Connessione dati: 0 m
10	Tipo di alimentazione	Power: 230V AC	Connessione dati: telefonia mobile
11	Accesso al sito	Vicino alla strada	



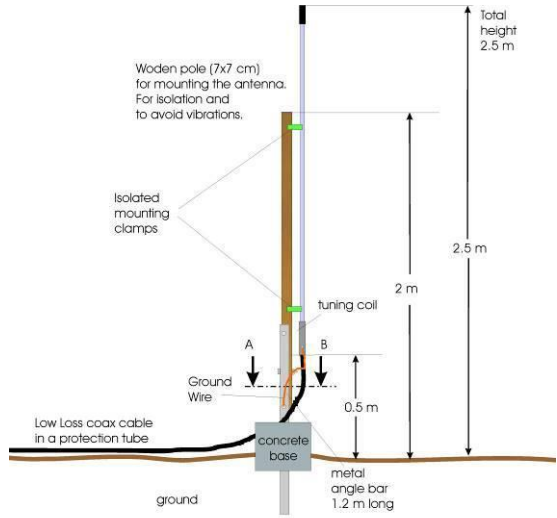



12	<p>Commenti</p> <p>Array di antenne riceventi (RX) lungo gli scogli.          Array di antenne trasmettenti (TX) sul lato opposto del torrente Cerusa.          Manutenzione semplice. Accesso diretto.          Il cabinet contenente i dispositivi elettronici può essere collocato su un basamento sotto il piazzale dei bus.          Separazione ideale tra TX e RX.          Distanza dal mare molto buona.          Ambiente circostante molto buono dal punto di vista delle interazioni elettromagnetiche.          Questa configurazione è l'opzione migliore per le performance (range e affidabilità dei dati) per il sito a Ovest.</p> <p>Dettagli:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le basi di sostegno per le antenne e i cavidotti RX verranno assicurati al terreno con gettate di cemento tra le rocce, o direttamente ancorati ad esse con tasselli ad espansione.</li> <li>- I cavi coassiali del gruppo di antenne riceventi (RX) verranno posati con l'ausilio di un cavidotto interrato a circa 50 cm di profondità.</li> <li>- Il cavo singolo per il gruppo di antenne trasmettenti (TX) verrà portato attraverso un cavidotto sopra il torrente e parallelo alla strada.</li> </ul>			
13	Coordinate di Rx 1	LAT: 44.427168° N	LON: 8.744343° E	
	di Rx 12 (ultima antenna)	LAT: 44.427116° N	LON: 8.743590° E	
	del centro Tx	LAT: 44.426996° N	LON: 8.741896° E	
	Posizione del cabinet	LAT: non ancora definita	LON: non ancora definita	
14	Protezione dei cavi ?	Cavidotto interrato e/o canalina lungo il lato esterno del ponte		
15	Altezza della base delle antenne	Rx min: <1m	Rx max: <1m	Tx: <1m



Per ragioni di sicurezza verrà segnalata e interdetta la zona a distanza di 2,2 m dalle antenne trasmettenti (contorno rosso in figura). Fuori dall'area indicata in giallo il campo elettrico scende a valori inferiori a 6 V/m.



<b>Esempi di fissaggio delle antenne</b>	<b>Foto di installazioni analoghe</b>
	
<p>Schema di un'antenna installata su roccia/cemento, senza tiranti per la stabilizzazione.</p>	<p>Foto di installazione reale con elevazione della base di antenna per rischio di sommersione a causa della marea</p>



## B - Sito Radar HF di Quarto dei Mille (Est di Genova, depuratore di Quinto e giardini Giacomo Lercaro)

Pos	Nome del Sito	Impianto di depurazione	
01	Posizione geografica	Genova Quarto dei Mille	
	Coordinate del cabinet	LAT: unknown	LON: unknown
02	Orientazione True north	~ 292°	
03	Distanza dalla linea di costa	Rx: ~ 29m	Tx: ~ 20m (2 TX antennas) ~ 50m (4 TX antennas)
04	Rx -> Tx	Distanza: ~30m (2 TX ant.) ~147m (4 TX ant.)	Orientazione: perfettamente in linea con il centro del gruppo RX (2 TX ant.) Leggermente avanti rispetto al centro del gruppo TX (4 TX ant.)
05	Tipo di Tx		2 antenne TX antennas con distanza 0.5 lambda O ancora meglio Array TX standard con 4 elementi TX
06	Tipo di terreno	roccioso	
07	Elevazione	Tx: < 10m	Rx: <10m
08	Lunghezza dei cavi verso	Tx: unknown	Rx: unknown
09	Distanza da	Alimentazione elettrica: molto vicina	Connessione dati: 0 m
10	Tipo di alimentazione	Power: 230V AC	Connessione dati: rete di telefonia mobile
11	Accesso al sito	Vicino alla strada e alla zona di pubblico accesso	



12	<p>Commenti</p> <p>Gruppo di antenne RX montato su fondamenta di cemento al confine con il frangiflutti.</p> <p>Distanza accettabile delle antenne RX dal mare.</p> <p>Opzione semplice: Un array di antenne TX composto da due sole antenne TX montate in alto su pali di legno perfettamente in linea con l'array RX. Antenne TX montate a est del campo RX. Con una distanza così breve è possibile utilizzare solo una potenza ridotta per i TX e i segnali RX devono essere attenuati. La portata e la copertura saranno ridotte.</p> <p>Opzione migliore: Se si ottiene l'autorizzazione, un array di antenne TX con quattro antenne TX può essere spostato (in seguito) sul tetto di un edificio a ovest dell'array RX. In questo modo si otterrebbe una perfetta separazione dei gruppi di antenne TX e RX. Inoltre, le antenne TX sarebbero fuori dalla portata delle persone. Per il segnale TX si dovrebbe utilizzare un cavo coassiale a bassa perdita per evitare perdite di cavo.</p> <p>Impostazione non ottimale per quanto riguarda l'ambiente elettromagnetico vicino alle antenne RX. (Oggetti metallici).</p>			
13	Coordinate of Rx 1	LAT: 44.385073° N	LON: 9.008989° E	
	dell'ultima antenna Rx	LAT: 44.385276° N	LON: 9.008295° E	
	del centro Tx	LAT: 44.384961° N (2 TX ant.) 44.385780° N (4 TX ant.)	LON: 9.009376° E (2 TX ant.) 9.006536° E (4 TX ant.)	
	Posizione del cabinet	LAT: non ancora decisa	LON: non ancora decisa	
14	Protezione dei cavi ?	Cavidotti		
15	Altezza della base delle antenne	Rx min: <1m	Rx max: <1m	Tx: ~3m (2 TX) <1m (4 TX ant.)





Per ragioni di sicurezza verrà segnalata e interdetta la zona a distanza di 2,2 m dalle antenne trasmettenti (contorno rosso in figura). Fuori dall'area indicata in giallo il campo elettrico scende a valori inferiori a 6 V/m.



### 3.4 TRASMISSIONE DATI

I sistemi radar HF WERA acquistati dal CNR includono apparati per la comunicazione via internet attraverso la rete di telefonia mobile e applicazioni software per l'archiviazione automatica dei dati acquisiti. Una volta installati, i due radar trasmetteranno immediatamente in tempo reale i dati acquisiti all'unità centrale di elaborazione che si trova presso la sede di Lerici del CNR-ISMAR, e in cascata tali dati entreranno sempre in tempo reale nella catena di processamento già predisposta sull' European HFR Node. Quest'ultimo passaggio garantirà l'applicazione di controlli di qualità automatici, di un formato file e di metadati standard in accordo con le best practices prodotte dalla comunità HF Radar Europea e grazie principalmente ai contributi del Task Team Radar HF di EuroGOOS e dei progetti H2020 JERICO-Next e JERICO-S3. Un nuovo catalogo di dati radar sarà dunque popolato automaticamente e consultabile all'indirizzo:

[https://thredds.hfrnode.eu:8443/thredds/NRTcurrent/HFR-TirLig/HFR-TirLig\\_catalog.html](https://thredds.hfrnode.eu:8443/thredds/NRTcurrent/HFR-TirLig/HFR-TirLig_catalog.html)

### 3.5 BIBLIOGRAFIA RADAR HF

Barrick, D.E., Lipa, B.J. (1997). Evolution of Bearing Determination in HF Current Mapping Radars. *Oceanography*, 10(2), 72–75, doi: 10.5670/oceanog.1997

Corgnati, L., Mantovani, C., Rubio, A., Mader, J., Reyes, E., Asensio Igoa, J. L., Novellino, A., Gorringer, P., and Griffa, A. (2020). The European HF Radar Node: focal point to promote land-based remote sensing of coastal surface currents and its applications, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-1537, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-1537>.

Corgnati, L.; Mantovani, C.; Novellino, A.; Rubio, A. and Mader, J. (2018) Recommendation Report 2 on improved common procedures for HFR QC analysis. JERICO-NEXT WP5-Data Management, Deliverable 5.14, Version 1.0. Brest, France, IFREMER, 82pp, (JERICO-NEXT-WP5-D5.14-V1.). DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-944>. DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-944>

Gurgel, K.-W., Antonischki, G., Essen, H.-H., Schlick, T. (1999). Wellen Radar WERA: A New Ground-Wave HF Radar for Ocean Remote Sensing. *Coast. Eng.*, 37, 219–234, doi: 10.1016/S0378-3839(99)00027-7.

Rubio, A., Mader, J., Corgnati, L., Mantovani, C., Griffa, A., Novellino, A., et al. 2260 (2017). HF radar activity in european coastal seas: next steps toward a pan- 2261 European HF radar network. *Front. Mar. Sci.* 4:8. doi: 10.3389/fmars.2017. 2262 00008

Wyatt, L.R. (2019). Measuring the ocean wave directional spectrum ‘First Five’ with HF radar. *Ocean Dynamics* 69:123–144 <https://doi.org/10.1007/s10236-018-1235-8>

Wyatt, L. R. (2005). HF radar for coastal monitoring - a comparison of methods and measurements. *Europe Oceans 2005*, Brest, France, 2005, pp. 314-318 Vol. 1, doi: 10.1109/OCEANSE.2005.1511732.

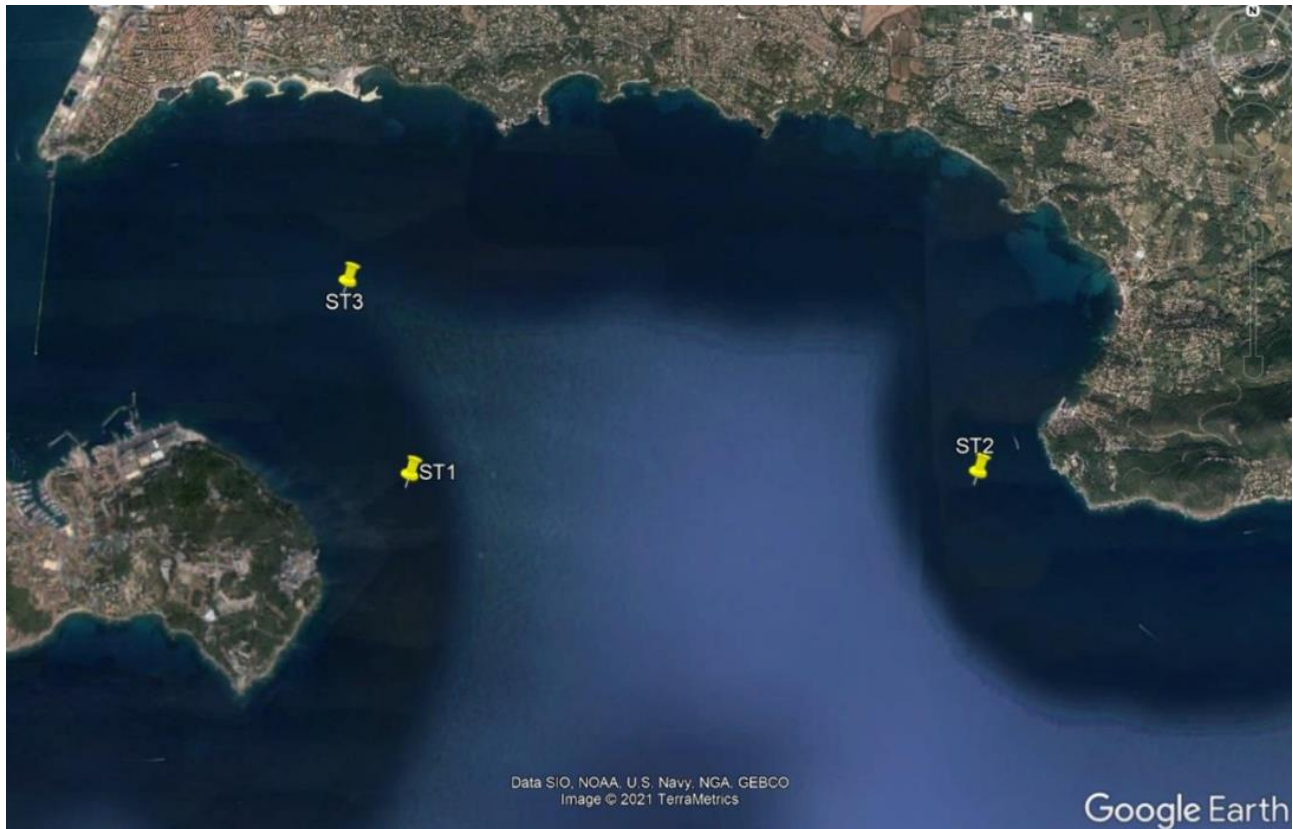
#### **4. SISTEMA CORRENTOMETRICO NELLA RADA DI TOLONE**

Nell'ambito del progetto SINAPSI, che ha avuto lo scopo di fornire informazioni sulle condizioni del mare in prossimità dei porti, informazioni destinate a piloti, capitani di navi e autorità portuali, i Ricercatori dell'Università di Tolone (Laboratorio MIO), hanno voluto studiare più approfonditamente la circolazione nella Rada di Tolone. L'appalto (con gara) per un servizio di misurazione oceanografica (correnti) nella Rada di Tolone è stato quindi assegnato alla società Ixblue. A seguito del deliverable T.1.1.1 "Progettazione monitoraggio" è stato definito il posizionamento ottimale delle linee di ormeggio.

IXblue ha installato il 14/12/2020 tre stazioni di misura nel Porto di Tolone e le stazioni sono rimaste operative per un anno (data del recupero 13/12/2021):

- Stazioni 1 e 2: queste due stazioni erano dotate di un correntometro acustico profilante ad effetto Doppler (ADCP) e di una sonda multiparametrica CTD, montati su un treppiede. Le due stazioni si trovavano all'ingresso della grande rada e nello specifico, la stazione 1 a Saint-Mandrier e la stazione 2 di fronte al porto di Les Oursinières.
- Stazione 3: questa stazione si trovava al centro della rada ed era costituita da una boa multiparametrica che trasmetteva i suoi dati in tempo reale. Infatti, presso questa stazione, i dati di corrente, onde e vento erano trasmessi e visibili in tempo reale su un sito web dedicato <https://ixbuoy-toulon.ixblue.com/index.html>. Questa stazione è stata prorogata di 6 mesi e rimossa a giugno 2022.

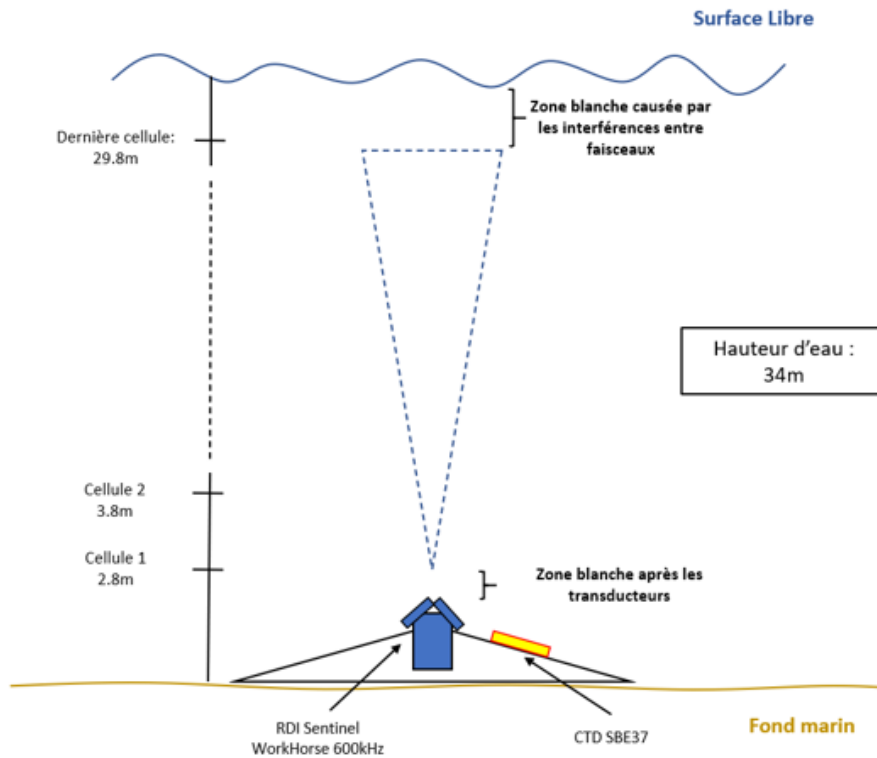




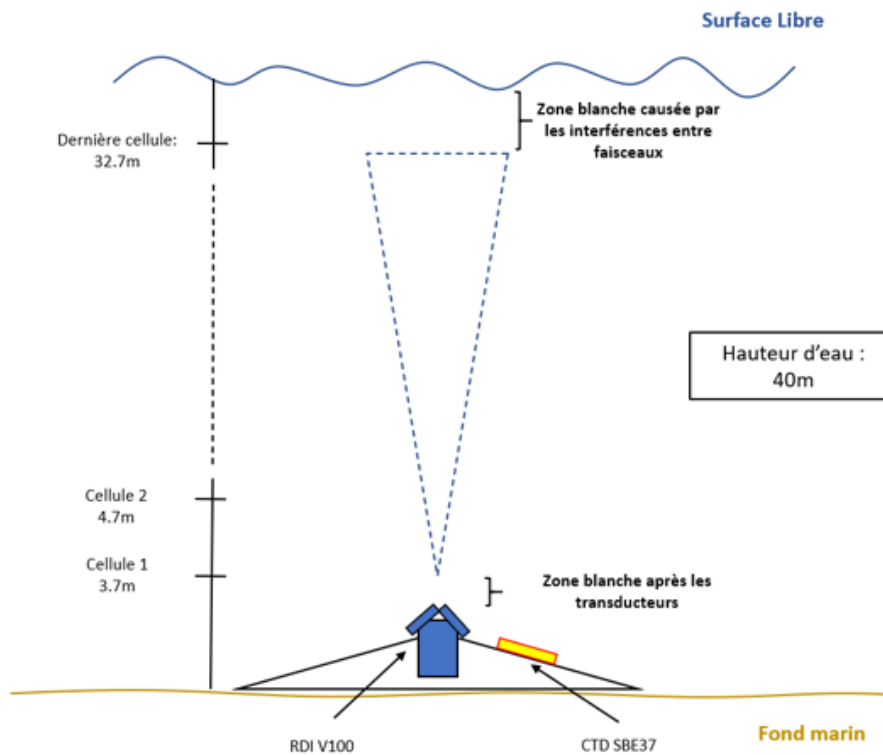
Posizione delle stazioni di misura.

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate dei punti di misura.

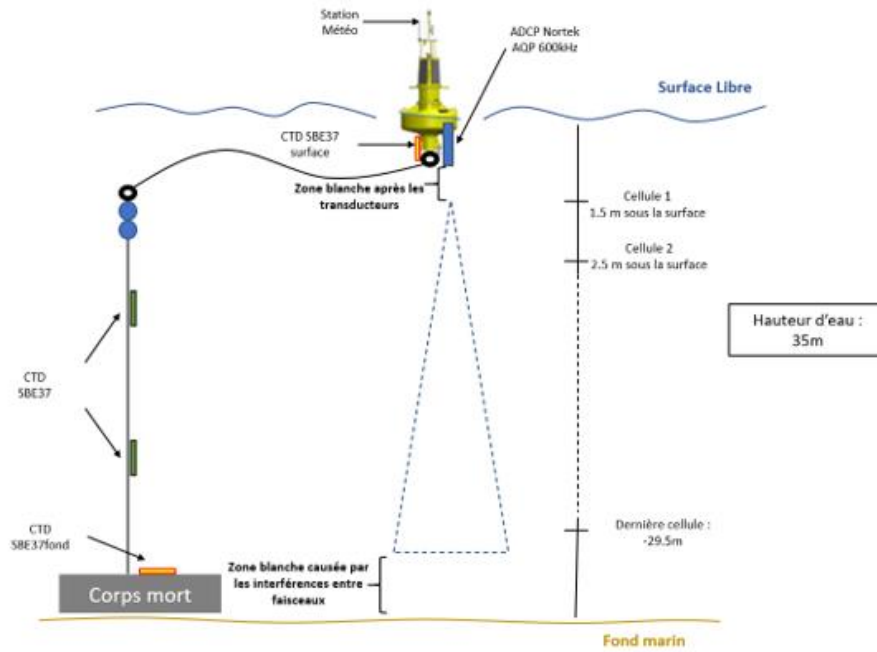
Stazione	Latitudine DD°MM.mmm' (WGS84)	Longitudine DD°MM.mmm' (WGS84)
Stazione 1	43° 4.800'N	5° 57.534'E
Stazione 2	43° 4.799'N	6°0.646'E
Stazione 3	43° 5.579'N	5° 57.191'E



Schema di ormeggio - Stazione 1.



Schema di ormeggio - Stazione 2.



Schema di ormeggio - Stazione 3.

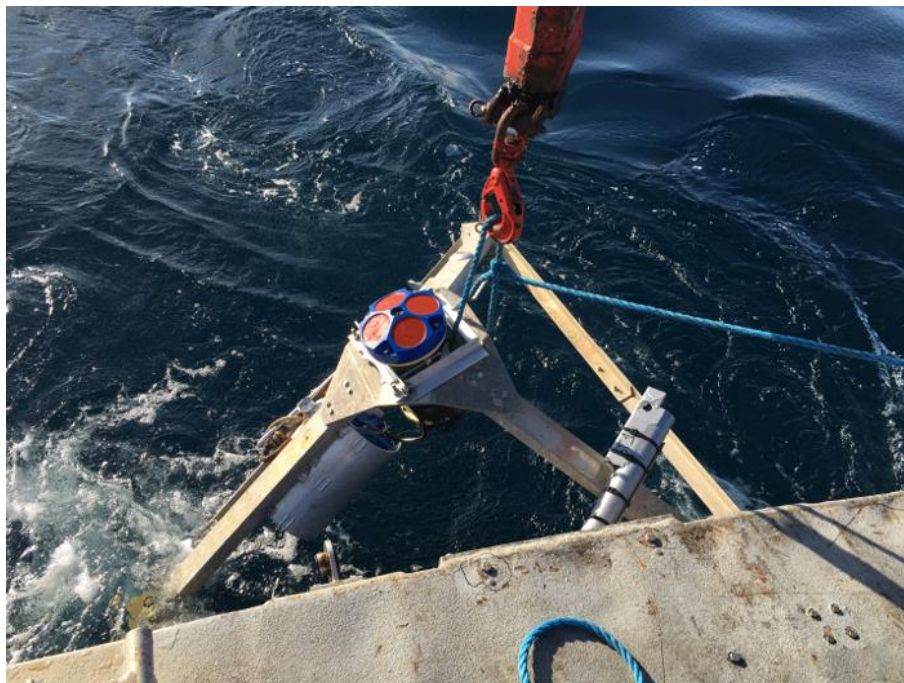


Foto scattata durante l'installazione - Stazione 1.





**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2

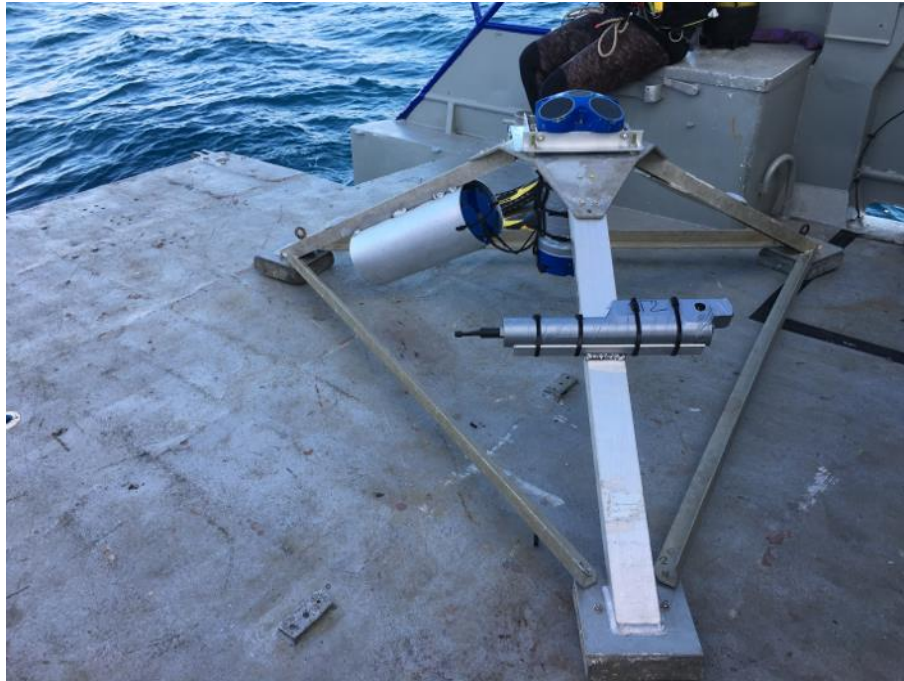


Foto scattata durante l'installazione - Stazione 2.



Foto scattata durante l'installazione - Stazione 3.

Di seguito, alcune schermate della pagina web dedicata, dove durante il periodo di misura, era possibile visionare i dati misurati dagli strumenti.

### Données météo

Direction (°) et vitesse du vent (m/s)

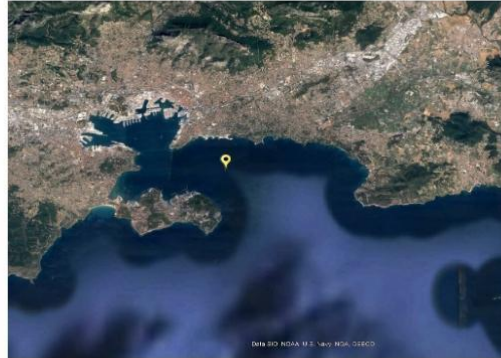


Direction et vitesse max:  
155,00 °      2,89 m/s

Température: 21,00 °C

Humidité: 83,00 %

Pression: 1.007,30 hpa



### Bouée multiparamètres

Localisation: 43,0 ° 5,6 ' N  
5,0 ° 57,2 ' E

Batterie: 13,9 V

Statut: ● ●

### Communication instruments

	Météo	CTD	Courant	Houlographe	GPS
Statut activité	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>
Statut FTP	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: green;">●</span>

### Données marines

Houle (Hs): 0,27 m

Direction: 137,40 °

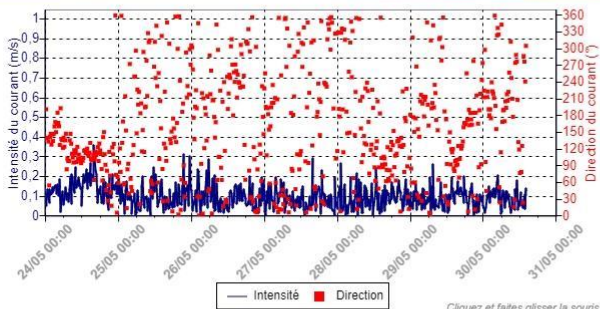
Période: 6,90 s

Température: 20,36 °C

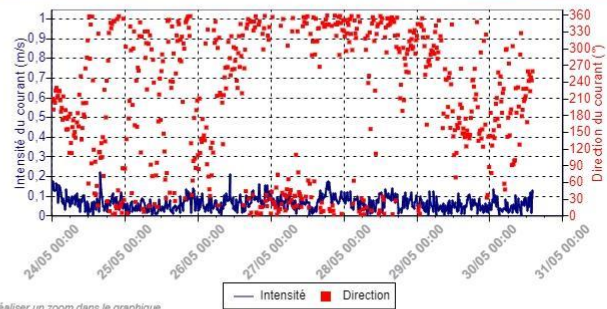
Courant (prof. 2m): 0,093 m/s

Courant (prof. 10m): 0,053 m/s

### Evolution du courant - Cellule 1 (prof. 2m)



### Evolution du courant - Cellule 8 (prof. 10m)



Cliquez et faites glisser la souris pour réaliser un zoom dans le graphique  
Pointez et Cliquez sur la courbe pour afficher la donnée du pointeur

### Cellule 1 (prof.2m)

Direction de portance:  305,3 °

Vitesse: 0,142 m/s

Recherche temporelle

Sélection 

### Cellule 8 (prof.10m)

Direction de portance:  259,6 °

Vitesse: 0,127 m/s

## **5. SISTEMA CORRENTOMETRICO E ONDAMETRICO NEL PORTO DI LIVORNO**

Il Porto di Livorno ha visto l'installazione di due sistemi diversi di misura: il primo è un sistema fisso, posizionato dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale; il secondo è un sistema di misura temporaneo, installato dal Consorzio LaMMA.

### **5.1. SISTEMA DI MONITORAGGIO FISSO**

Ricevuta l'autorizzazione a procedere all'installazione della componente aerea da parte dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale in data 21 giugno 2022, e concordata la posizione e la modalità di installazione, si è proceduto all'installazione della componente aerea relativa al sistema di misura delle correnti e delle onde nel porto di Livorno. Successivamente, ricevuta l'autorizzazione da parte della competente Capitaneria di Porto, si è proceduto all'installazione della componente subacquea. L'installazione è stata realizzata dal personale della Codevintec Italiana.

#### **5.1.1 COMPONENTE AEREA**

La componente aerea è composta da:

- una struttura di sostegno realizzata in acciaio INOX;
- un alloggiamento per batterie;
- un quadro stagno contenente componenti elettroniche;
- i pannelli solari.

La componente aerea è stata posizionata sul terrazzamento del fanale posto sul lato sud della diga curvilinea, nella posizione indicata in mappa, ancorata alla pavimentazione tramite barre filettate di adeguate dimensioni preventivamente installate.

Coordinate del punto d'installazione: 43°32,575'N - 10°17,365'E





**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2



Posizione della componente aerea della stazione di misura.

Di seguito sono riportate alcune immagini di dettaglio dell'installazione della componente aerea nel Porto di Livorno.



Struttura di sostegno.



Cavidotto.





**Interreg**



UNION EUROPEENNE  
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

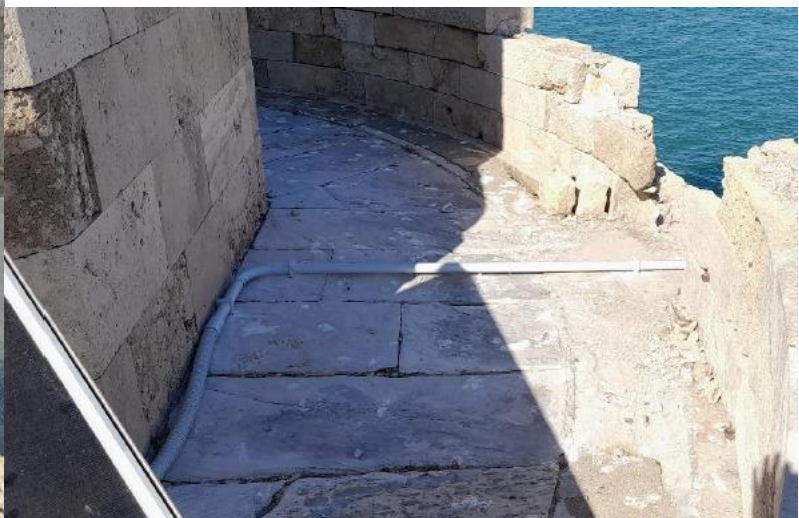
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO T1.1.2



Cavidotto.



Cavidotto.



### 5.1.2 COMPONENTE SUBACQUEA

La componente subacquea è composta da:

- sensore correntometrico/ondametrico;
- “barnacle” di sostegno

La struttura subacquea è stata posizionata sul fondale antistante la diga curvilinea, ad una distanza di circa 100 m ed ad una profondità di circa 13 m. La struttura è stata zavorrata per garantirne la stabilità.

Coordinate del punto di installazione: 43°32,567”N – 10°17,257”E



Posizione della componente subacquea della stazione di misura.

La componente aerea e quella subacquea sono state collegate tramite cavo dati/alimentazione a doppia armatura ancorato al fondale mediante picchetti, e protetto in corrispondenza della banchina con un tubo in acciaio inox.



Cavo di trasmissione dati/alimentazione.

Di seguito sono riportate alcune immagini di dettaglio dell'installazione della componente subacquea nel Porto di Livorno.



Fasi dell'installazione della componente subacquea.

Il giorno 3 agosto 2022 si è provveduto alla messa in esercizio del sistema fisso di misura di Livorno.

### **5.1.3 TRASMISSIONE DEI DATI**

I dati correntometrici dello strumento di misura della stazione fissa di Livorno sono acquisiti secondo il seguente schema: acquisizione in modalità burst della durata di 20 min, con frequenza di campionamento ogni 60 min. I dati ondometrici sono acquisiti secondo il seguente schema: acquisizione in modalità burst della durata di 20 min, con frequenza di campionamento ogni 60 min.

I dati registrati vengono trasferiti alla piattaforma Monitoring and Control Application (Moni.C.A., <https://www.monicapmslivorno.eu/>) dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale.

### **5.2. SISTEMA DI MONITORAGGIO TEMPORANEO**

Il Consorzio LaMMA ha contribuito e contribuisce al monitoraggio di correnti e del moto ondoso nelle aree portuali toscane, attraverso campagne di misura ripetute della durata di circa 3 mesi ciascuna, eseguite mediante due ADCP acquisiti nell'ambito del progetto SINAPSI. Questi strumenti completano la rete di osservazione per la caratterizzazione delle condizioni idrodinamiche dei porti toscani, a cui contribuisce anche l'AdSP del Mar Tirreno Settentrionale (AdSP MTS) con due correntometri fissi installati in prossimità dei porti di Livorno e Piombino. I due ADCP sono stati acquisiti dal LaMMA con l'intento di raccogliere dati aggiuntivi, per periodi di tempo limitati, necessari per le operazioni di calibrazione e validazione dei modelli idrodinamici e di moto ondoso con cui viene realizzato il sistema di previsione portuale.

Nella fase iniziale questa attività si è focalizzata sul Porto di Livorno, ma è già in programma un utilizzo ripetuto, ben oltre la durata del progetto, per la raccolta di ulteriori dati di caratterizzazione idrodinamica sia per il Porto di Livorno sia per quello di Piombino. Questa attività è infatti necessaria a supportare sia gli studi relativi al prossimo ampliamento del Porto di Livorno, sia le attività programmate sul Porto di Piombino.



### 5.2.1 DESCRIZIONE DEGLI ADCP

I due ADCP sono stati forniti al Consorzio dalla ditta iSat e sono prodotti dalla Norvegese Nortek, specializzata nella produzione di apparecchiature subacquee per la misura di correnti ed onde marine.

Entrambi appartenenti alla serie AWAC operano a due frequenze distinte: il primo, operante ad una frequenza di 600 kHz, in grado di creare un profilo di corrente fino a 50 metri, è idoneo ad essere collocato fino ad un massimo di 60 metri di profondità; il secondo, operante ad una frequenza di 1000 kHz, è idoneo per l'acquisizione di un profilo fino a 30 metri e ad essere collocato su un fondale a non più di 35 metri di profondità.

I modelli scelti utilizzano entrambi tre *beam* inclinati tra di loro di 120° per la misura delle componenti di velocità delle correnti ed un 4° *beam* verticale ottimizzato per la rilevazione dei parametri del moto ondoso mediante algoritmo AST (*Acoustic Surface Tracking*).

In particolare, i due strumenti forniscono misure delle componenti U e V della corrente marina nelle varie celle che compongono il profilo verticale e le condizioni della superficie marina, quali altezza, direzione, periodo d'onda e relativa composizione spettrale.

Per un maggiore dettaglio fare riferimento alle specifiche tecniche degli strumenti riportate nella seguente tabella.

Specifiche tecniche degli ADCP-600/1000Khz.

<p>Caratteristiche dell'ADCP: misure correntometriche</p>	<p>Frequenza di funzionamento: 1000 kHz, 600 kHz</p> <p>Range massimo: 30m (1 MHz), 50m (600 kHz)</p> <p>Numero di fasci acustici: 4 (di cui 3 dedicati alla misura delle correnti, ed uno verticale, dedicato, per un più accurato rilevamento dell'altezza d'onda)</p> <p>Range di misura: +/- 5 m/s</p> <p>Numero massimo di celle (configurabile): &gt; 128</p> <p>Ping rate: 2Hz</p> <p>Depth cell size minimo (configurabile): 0.25 m</p> <p>Distanza di blank: 0.4 m</p> <p>Accuratezza (velocità della corrente): <math>\leq 1\%</math> del valore misurato <math>\pm 0.5</math> cm/s</p>
<p>Caratteristiche dell'ADCP: misure ondametriches</p>	<p>Tracciamento acustico della superficie tramite un <i>beam</i> dedicato alla misura diretta dell'altezza e direzione d'onda (tecnica AST)</p> <p>Range di misura dell'oscillazione: -15 m fino a +15 m</p> <p>Range di misura del periodo: 0.5-50s (1 MHz), 1-50s (600 kHz)</p> <p>Accuratezza (wave height): 1% del valore misurato +/-1 cm</p> <p>Accuratezza (wave direction): <math>2^\circ \pm 0.1^\circ</math></p> <p>Risoluzione spettrale: 0.01 Hz (frequenza), <math>0,5^\circ</math> (direzione)</p> <p>Cut-off period (Hs): <math>\leq 2</math> s</p>

Gli ADCP sono dotati di tutti gli accessori per l'acquisizione locale su memoria interna e di una struttura di supporto treppiede, di altezza pari a circa 60cm da terra, ancorata ad un telaio amagnetico in acciaio.



A sinistra dettaglio della fornitura. A destra telaio in alluminio e supporto degli ADCP.

### 5.2.2 SITO DI INSTALLAZIONE

La prima messa in mare è avvenuta nell'area del Porto di Livorno approssimativamente nei punti indicati nella seguente immagine e riportati nella sottostante tabella. Questa configurazione è stata pensata per acquisire informazioni riguardanti il moto ondoso e il flusso di corrente prevalente (verso Nord), sia nell'area esterna al porto sia all'interno del porto (quindi modificata per effetto delle interazioni con le strutture portuali).





Punti di posa. ADCP-1000Khz in prossimità della diga della Vegliaia. ADCP-600 kHz a circa 0.4 NM più a sud.

Coordinate e relative batimetrie degli ADCP-600/1000Khz.

Identificativo	ADCP (600 kHz) - Lamma1
Posizione GPS	43°31.7490'N 10°17.6480'E
Batimetria misurata	15,2 metri
Identificativo	ADCP (1000 kHz) - Lamma2
Posizione GPS	43°32.2160'N 10°17.6600'E
Batimetria misurata	8 metri

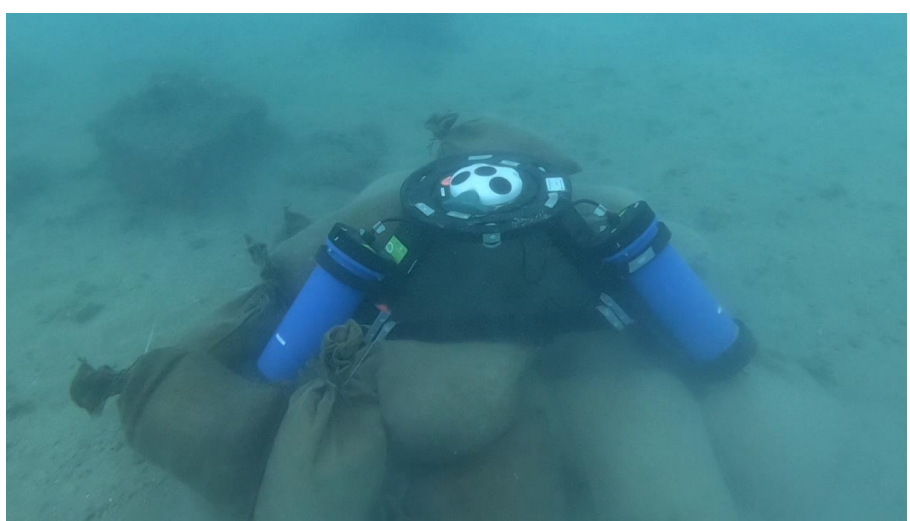
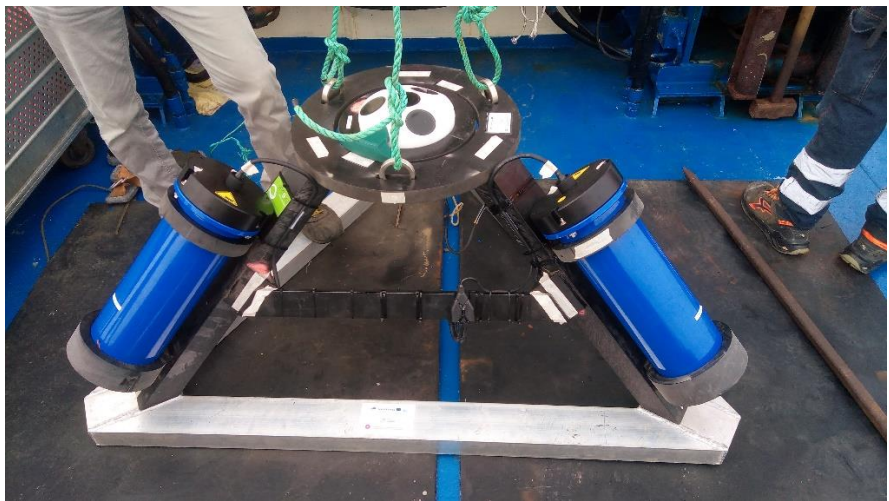
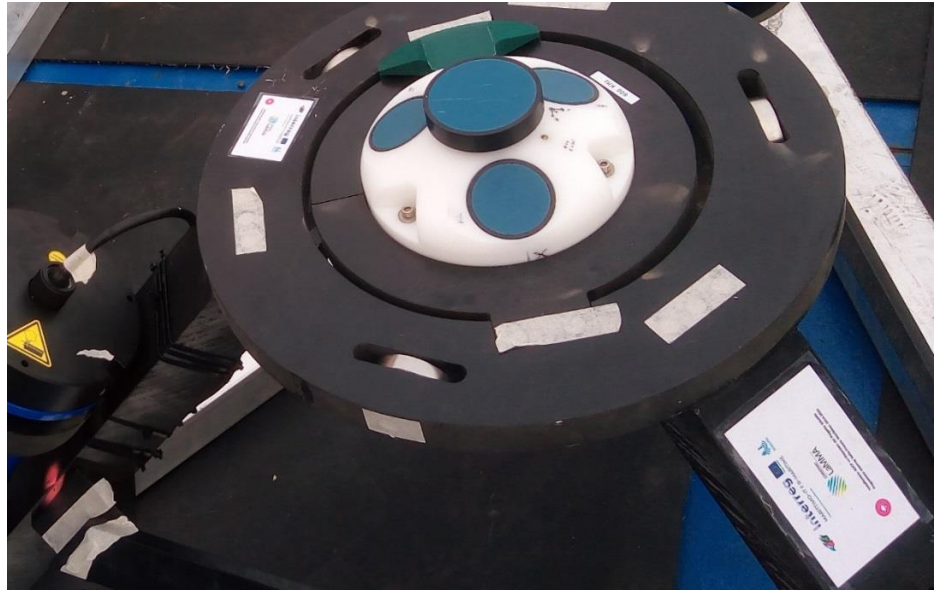
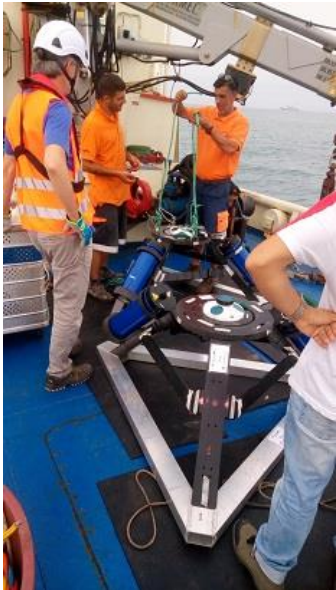
### 5.2.3 FASI DI INSTALLAZIONE

L'installazione si è svolta in più fasi. Un prima fase di posa, in data 23/06/2022, e successivo recupero in data 05/10/2022, al termine del quale sono stati scaricati i dati registrati in memoria e sono state fatte le prime elaborazioni. Una seconda fase, ancora

in corso durante la quale è stato riposizionato l'ADCP sul fondo, in data 03/11/2022. Il recupero di questi strumenti è previsto entro la fine di gennaio 2023.

Di seguito alcune foto relative alle varie operazioni di posizionamento e recupero.

Operazioni di deployment del 23/06/2022.





Primo recupero del 05/10/2022.

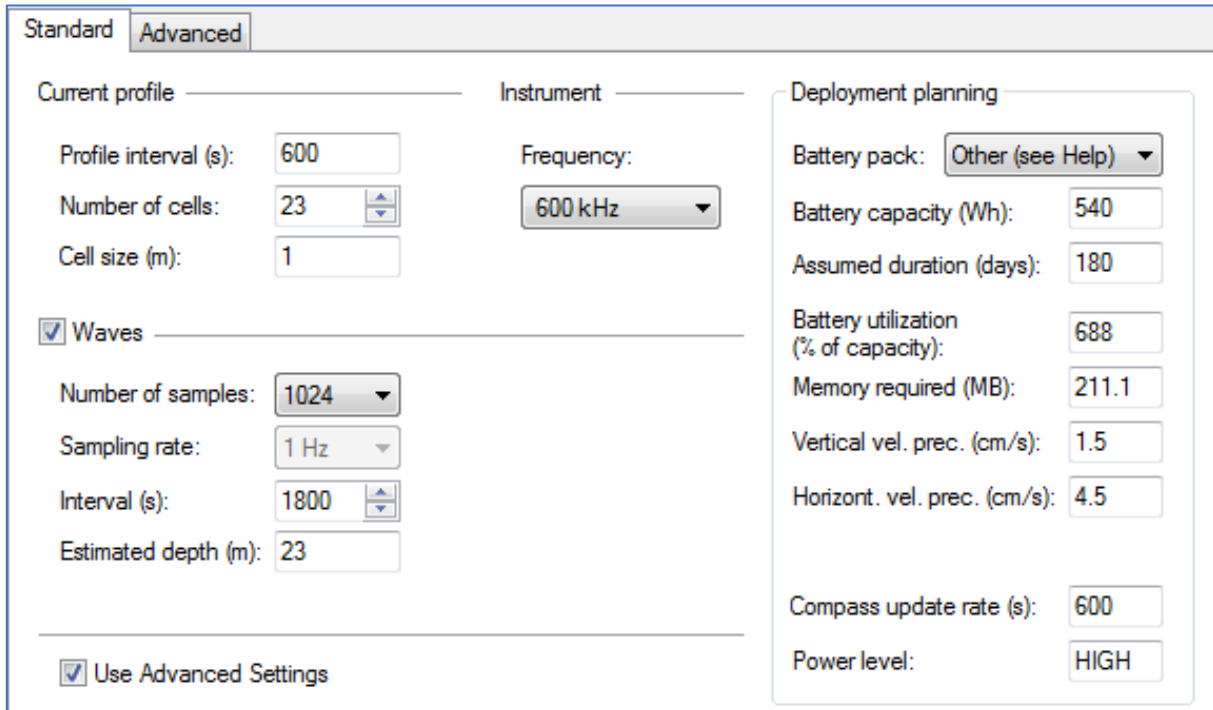


#### 5.2.4 CONFIGURAZIONE ADCP ED ARCHIVIAZIONE DATI

Nella configurazione attuale, gli strumenti producono in output dati a frequenza di 10 minuti per le correnti e di 30 minuti per il moto ondoso; questi vengono memorizzati in

una memoria interna della capacità di 32GB e successivamente esportati in formato testuale ASCII Nmea (.txt).

Di seguito il dettaglio della configurazione attuale degli ADCP.



**Standard** **Advanced**

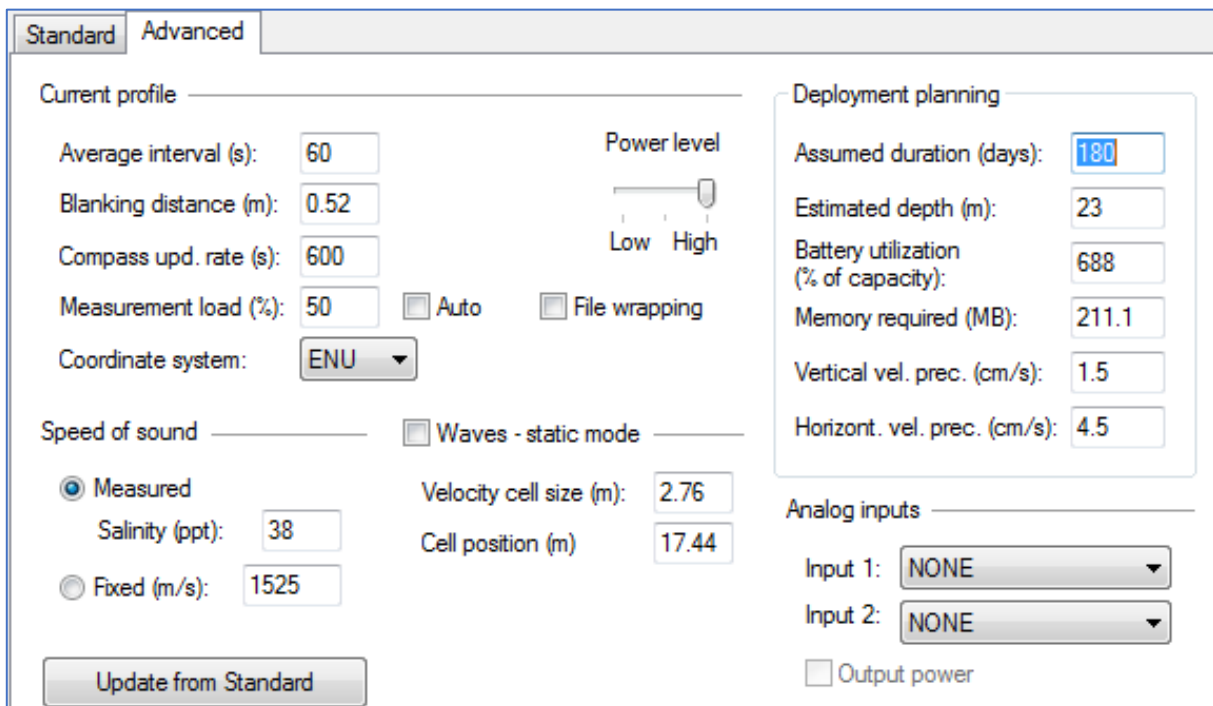
Current profile: Profile interval (s): 600, Number of cells: 23, Cell size (m): 1

Instrument: Frequency: 600 kHz

Waves: Number of samples: 1024, Sampling rate: 1 Hz, Interval (s): 1800, Estimated depth (m): 23

Use Advanced Settings

Deployment planning: Battery pack: Other (see Help), Battery capacity (Wh): 540, Assumed duration (days): 180, Battery utilization (% of capacity): 688, Memory required (MB): 211.1, Vertical vel. prec. (cm/s): 1.5, Horizont. vel. prec. (cm/s): 4.5, Compass update rate (s): 600, Power level: HIGH



**Standard** **Advanced**

Current profile: Average interval (s): 60, Blanking distance (m): 0.52, Compass upd. rate (s): 600, Measurement load (%): 50, Coordinate system: ENU

Power level:  Low  High

Speed of sound:  Measured (Salinity (ppt): 38),  Fixed (m/s): 1525

Waves - static mode: Velocity cell size (m): 2.76, Cell position (m): 17.44

Deployment planning: Assumed duration (days): 180, Estimated depth (m): 23, Battery utilization (% of capacity): 688, Memory required (MB): 211.1, Vertical vel. prec. (cm/s): 1.5, Horizont. vel. prec. (cm/s): 4.5

Analog inputs: Input 1: NONE, Input 2: NONE,  Output power

Dettaglio della configurazione dell'ADCP-600 kHz.



Standard **Advanced**

Current profile Instrument

Profile interval (s):  Frequency:

Number of cells:

Cell size (m):

Waves

Number of samples:

Sampling rate:

Interval (s):

Estimated depth (m):

Use Advanced Settings

Deployment planning

Battery pack:

Battery capacity (Wh):

Assumed duration (days):

Battery utilization (% of capacity):

Memory required (MB):

Vertical vel. prec. (cm/s):

Horizont. vel. prec. (cm/s):

Compass update rate (s):

Power level:

Standard **Advanced**

Current profile Power level

Average interval (s):  Low High

Blanking distance (m):

Compass upd. rate (s):

Measurement load (%):   Auto  File wrapping

Coordinate system:

Speed of sound  Waves - static mode

Measured Velocity cell size (m):

Salinity (ppt):  Cell position (m):

Fixed (m/s):

Deployment planning

Assumed duration (days):

Estimated depth (m):

Battery utilization (% of capacity):

Memory required (MB):

Vertical vel. prec. (cm/s):

Horizont. vel. prec. (cm/s):

Analog inputs

Input 1:

Input 2:

Output power

Dettaglio della configurazione dell'ADCP-1000 kHz.



## **6. SISTEMA CORRENTOMETRICO E ONDAMETRICO NEL PORTO DI PIOMBINO**

Ricevuta l'autorizzazione a procedere all'installazione della componente aerea da parte dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale in data 21 giugno 2022, ricevute le autorizzazioni per l'accesso all'area oggetto dell'intervento e concordata la posizione e la modalità di installazione, si è proceduto all'installazione della componente aerea relativa al sistema di misura delle correnti e delle onde nel porto di Piombino. Successivamente, ricevuta l'autorizzazione da parte della competente Capitaneria di Porto, si è proceduto all'installazione della componente subacquea. L'installazione è stata realizzata dal personale della Codevintec Italiana.

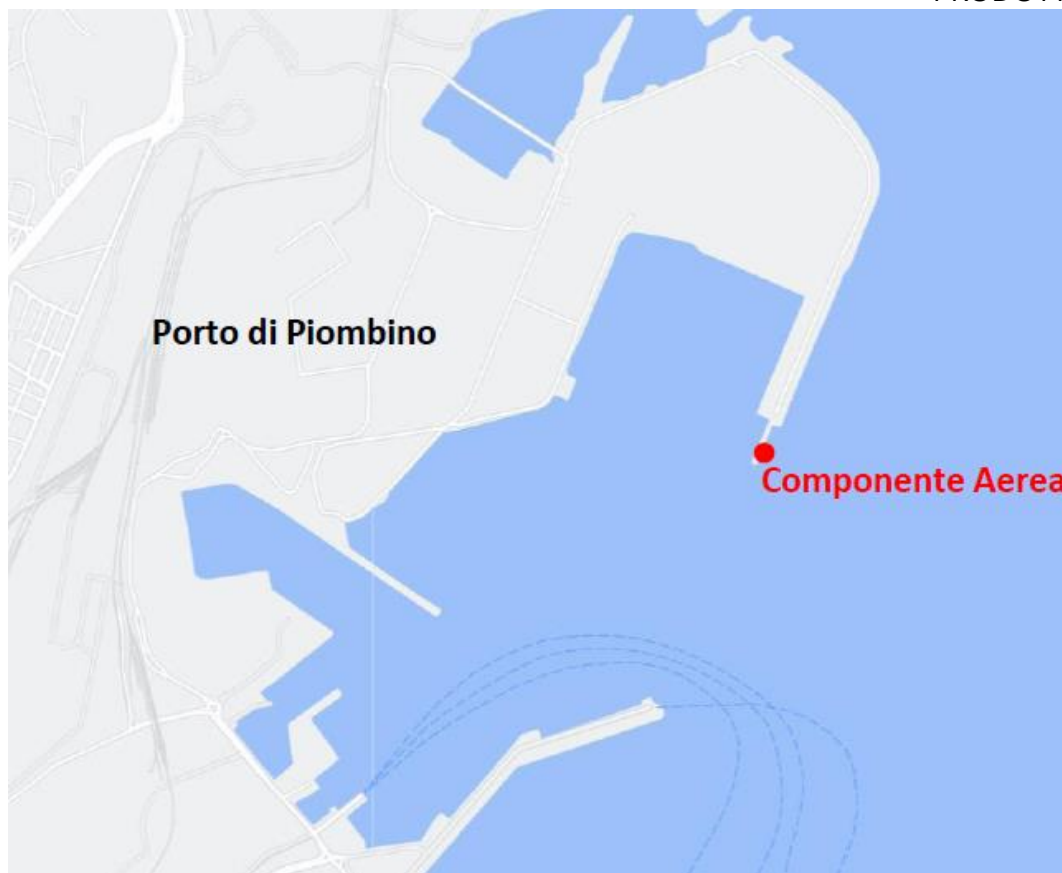
### **6.1 COMPONENTE AEREA**

La componente aerea è così composta:

- una struttura di sostegno realizzata in acciaio INOX;
- un alloggiamento per batterie;
- un quadro stagno contenente componenti elettroniche;
- i pannelli solari.

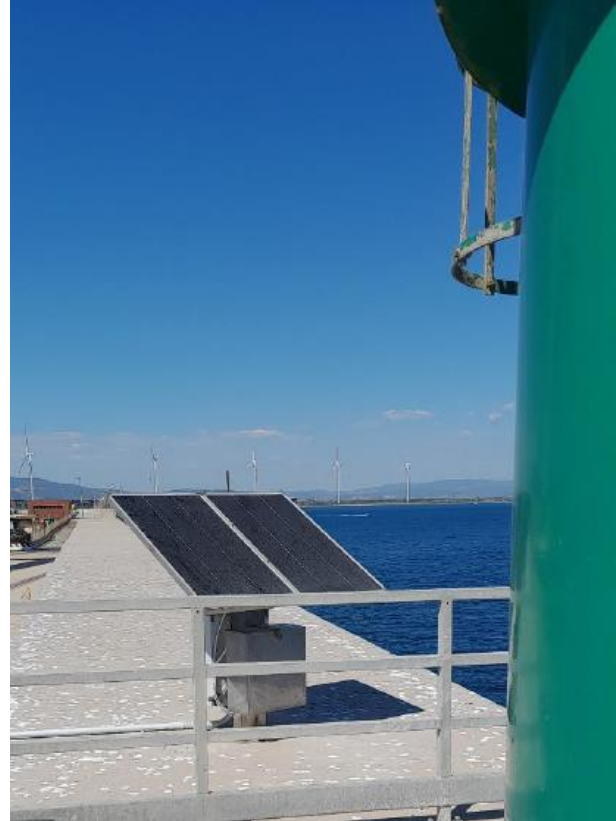
La componente aerea della stazione di misura è stata posizionata sull'estremità sud della Banchina Est del Porto di Piombino, nella posizione indicata in mappa, ancorata alla pavimentazione tramite barre filettate di adeguate dimensioni preventivamente installate.

Coordinate del punto d'installazione: 42°56.237'N - 10°33.536'E



Posizione della componente aerea della stazione di misura.

Di seguito sono riportate alcune immagini di dettaglio dell'installazione della componente aerea nel Porto di Piombino.



Struttura di sostegno.



Cavidotto.



## 6.2 COMPONENTE SUBACQUEA

La componente subacquea è così composta:

- sensore correntometrico/ondametrico;
- “barnacle” di sostegno.

La struttura subacquea è stata posizionata sul fondale antistante il molo, ad una distanza di circa 150 m ed ad una profondità di circa 12.2 m. La struttura è stata zavorrata per garantirne la stabilità.

Coordinate del punto d’installazione: 42°56,252’N – 10°33,650’’E



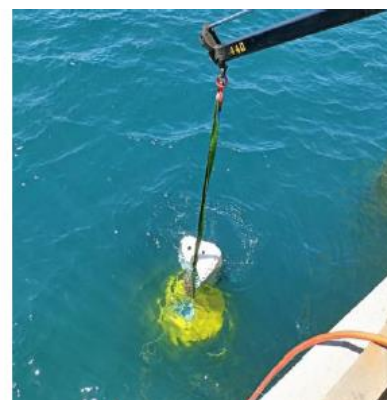
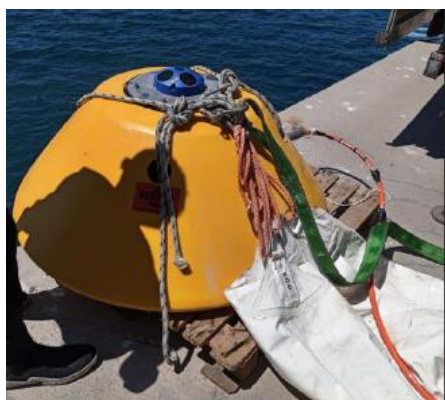
Posizione della componente subacquea della stazione di misura.

La componente aerea e quella subacquea sono state collegate tramite cavo di trasmissione dei dati/alimentazione a doppia armatura ancorato al fondale mediante picchetti, e protetto in corrispondenza della banchina con un tubo in acciaio inox.



Cavo di trasmissione dati e alimentazione.

Di seguito sono riportate alcune immagini di dettaglio dell'installazione della componente subacquea nel Porto di Piombino.



Fasi dell'installazione della componente subacquea.

Il giorno 4 agosto 2022 si è provveduto alla messa in esercizio del sistema fisso di misura di Piombino.

### **6.3 TRASMISSIONE DEI DATI**

I dati correntometrici dello strumento di misura della stazione fissa di Piombino sono acquisiti secondo il seguente schema: acquisizione in modalità burst della durata di 20 min, con frequenza di campionamento ogni 60 min. I dati ondametrici sono acquisiti secondo il seguente schema: acquisizione in modalità burst della durata di 20 min, con frequenza di campionamento ogni 60 min.

I dati registrati vengono trasferiti alla piattaforma Monitoring and Control Application (Moni.C.A., <https://www.monicapmslivorno.eu/>) dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale.