

# **OLT Offshore LNG Livorno, Italia**

---




**FSRU Livorno Project**

Analisi dei Dati Correntometrici  
Misurati nell'Area di  
Installazione del Terminale,  
Terzo Anno di Esercizio

# OLT Offshore LNG Livorno, Italia

**FSRU Livorno Project**

**Analisi dei Dati Correntometrici  
Misurati nell'Area di  
Installazione del Terminale,  
Terzo Anno di Esercizio**

Preparato da	Firma	Data
Emanuele Terrile		3 Febbraio 2017
Controllato da	Firma	Data
Brunella Guida		3 Febbraio 2017
Approvato da	Firma	Data
Angelo Lo Nigro		3 Febbraio 2017

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	ETE	BRG	ALN	Febbraio 2017

## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>II</b>
<b>1 SCOPO</b>	<b>1</b>
<b>2 VALIDAZIONE E PRESENTAZIONE DEI DATI</b>	<b>2</b>
2.1 INTRODUZIONE	2
2.2 VALIDAZIONE	2
2.3 PRESENTAZIONE DEI DATI	5
<b>3 INTERPRETAZIONE DEI DATI</b>	<b>19</b>
3.1 PUNTO OLT	19
3.2 TRANSETTO T2	20
<b>4 MODELLO DI DISPERSIONE</b>	<b>21</b>
<b>5 CONCLUSIONI</b>	<b>24</b>

## RIFERIMENTI

## LISTA DELLE TABELLE

<b><u>Tabella No.</u></b>		<b><u>Pagina</u></b>
Tabella 2.1:	Sintesi dei Campionamenti effettuati nel 2016	5

## LISTA DELLE FIGURE

<b><u>Figura No.</u></b>		<b><u>Pagina</u></b>
Figura 2.1:	Posizione dei Punti di Campionamento	4
Figura 2.2:	Posizione dei Transetti L1, L2, L3, T1, T2 e T3	4
Figura 2.3:	Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Maggio 2016	7
Figura 2.4:	Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Agosto 2016	8
Figura 2.5:	Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Settembre 2016	9
Figura 2.6:	Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Novembre 2016	10
Figura 2.7:	Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Maggio 2016	11
Figura 2.8:	Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Agosto 2016	12
Figura 2.9:	Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Settembre 2016	13
Figura 2.10:	Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Novembre 2016	14
Figura 2.11:	Transetto T2 – Maggio 2016 – Valori Caratteristici delle Componenti Est (Sopra) e Nord (Sotto) della Velocità di Corrente	15
Figura 2.12:	Transetto T2 – Maggio 2016 – Valori Caratteristici della Temperatura (Sopra) Salinità (Centro) e Densità (Sotto)	16
Figura 2.13:	Transetto T2 – Agosto 2016 – Valori Caratteristici delle Componenti Est (Sopra) e Nord (Sotto) della Velocità di Corrente	17
Figura 2.14:	Transetto T2 – Agosto 2016 – Valori Caratteristici della Temperatura (Sopra) Salinità (Centro) e Densità (Sotto)	18
Figura 3.1:	Confronto tra Campionamenti effettuati nel mese di Ottobre 2012, 2014, 2015 e 2016 al punto D	20
Figura 4.1:	Profilo di Temperatura Misurato in Agosto 2016 nelle Immediate Vicinanze dello Scarico Termico SPF15 (rosso) a Confronto con il Profilo di Temperatura non Affetto dallo Scarico nella stessa Stagione (blu)	22
Figura 4.2:	Andamento del $\Delta T$ in Funzione della Profondità in fase di Esercizio del Terminale – Misura Puntuale effettuata da CIBM il 4 settembre 2016	23

## ANALISI DEI DATI CORRENTOMETRICI MISURATI NELL'AREA DI INSTALLAZIONE DEL TERMINALE, TERZO ANNO DI ESERCIZIO

### 1 SCOPO

Scopo del presente documento è di fornire, attraverso l'analisi di misure appositamente effettuate, le caratteristiche tipiche del campo di corrente e delle masse d'acqua e le loro variazioni spaziali e temporali nell'area di ubicazione del terminale galleggiante OLT per la rigassificazione di GNL denominato "FSRU Toscana" (nel seguito definito **FSRU**).

Il rapporto è basato sulle misure rilevate nel terzo anno di esercizio del Terminale (Maggio 2016-Novembre 2016), e fa riferimento ai precedenti rapporti:

- "Analisi dei Dati Correntometrici Misurati nell'Area di Installazione del Terminale. Secondo anno di esercizio", Doc. No. 12-982-H4 Rev.1 (nel seguito, definito **R2015**), relativo alle misure effettuate nel 2015 durante il secondo anno di esercizio del terminale;
- "Analisi dei Dati Correntometrici Misurati nell'Area di Installazione del Terminale. Primo anno di esercizio (Dicembre 2013-Ottobre 2014) e Modello di Dispersione", Doc. No. 12-982-H3 Rev.0 (nel seguito, definito **R2014**), relativo alle misure effettuate nel 2014 durante il primo anno di esercizio del terminale;
- "Analisi dei Dati Correntometrici Misurati nell'Area di Installazione del Terminale (Misure Maggio-Ottobre 2012)", Doc. No. 12-982-H2 Rev.1 (riportato in Appendice A per semplicità di consultazione, e nel seguito, definito **R2012**), relativo alle misure effettuate nel 2012 considerate rappresentative della situazione esistente prima dell'installazione del terminale (cosiddetto "bianco")

In R2012 è riportata una esauriente descrizione delle caratteristiche essenziali relative alla circolazione delle masse d'acqua e al campo di corrente nell'Arcipelago Toscano, a cui si rimanda al fine di inquadrare le misure effettuate nello scenario oceanografico tipico dell'area in esame.

Le misure, estese a tutta la colonna d'acqua ed effettuate sia in punti adiacenti al punto di ubicazione del terminale (nel seguito definito **Punto OLT**), sia nell'area circostante a differenti profondità, sono state validate, analizzate ed interpretate al fine di documentare in modo completo ed esaustivo il campo di corrente e il campo di massa alle varie quote lungo la colonna d'acqua (in conformità a quanto richiesto dal piano di monitoraggio).

Nell'Appendice A di R2012 si descrivono sinteticamente sia gli strumenti utilizzati per l'esecuzione delle misure che la metodologia di acquisizione seguita. Nell'Appendice B di R2012 si descrive il modello idrodinamico utilizzato per descrivere le caratteristiche del campo di corrente nell'Arcipelago.

Si sottolinea che tutto quanto effettuato e qui riportato è in totale accordo con quanto contenuto nel Piano di Monitoraggio.

## 2 VALIDAZIONE E PRESENTAZIONE DEI DATI

### 2.1 INTRODUZIONE

Le misure di corrente sono state eseguite con il profilatore di corrente Sontek ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) a 250 kHz (per profondità d'acqua fino a 180 m) dotato di 3 trasduttori acustici. Lo strumento è dotato anche di sensore per la temperatura (i cui dati servono per compensare automaticamente le variazioni di velocità del suono) e di "Bottom tracking" per l'utilizzo da natante in moto.

Le misure di salinità, temperatura e densità sono state effettuate mediante la sonda (CTD) Sontek CastAway.

Strumenti utilizzati, metodologia di acquisizione e restituzione dei dati seguono quanto richiesto nel Piano di Monitoraggio.

I dettagli della strumentazione, la fase di collaudo, la metodologia di acquisizione sono descritte in **R2012**, Appendice A, alla quale si rimanda.

Le date di indagine sono:

- 6 MAGGIO 2016;
- 16 AGOSTO 2016;
- 29 SETTEMBRE 2016;
- 18 NOVEMBRE 2016.

Le date sono state scelte sulla base delle previsioni dello stato del mare, individuando i giorni in cui era previsto mare piatto oppure, ove non esistesse tale situazione, mare caratterizzato da onde significative inferiori a 0.5 m. Tale scelta è dovuta al fatto che, in caso di onde che inducano un eccessivo rollio dell'imbarcazione, il rapporto segnale/rumore sarebbe tale da inficiare la qualità dei dati rilevati.

### 2.2 VALIDAZIONE

Come descritto in Appendice A di R2012, la qualità del dato rilevato da natante in moto è stata decisamente scarsa e il rapporto segnale/rumore R, che definisce la validità o meno del dato, assumeva spesso valori inferiori a 3, del tutto inaccettabili secondo il manuale dello strumento.

Va infatti sottolineato che la qualità di un profilo eseguito da un'imbarcazione in moto è di gran lunga inferiore rispetto ad un profilo eseguito da un natante fermo o alla deriva perché, pur procedendo a bassa velocità e pur campionando ad alta frequenza, per ogni cella il segnale riflesso dal particolato trasportato dalla corrente marina è di gran lunga inferiore a quella ottenibile da un ADCP immobile o quasi immobile, nonostante l'adozione dell'opzione "bottom tracking".

Per i suddetti motivi e in coerenza con le precedenti indagini (R2012), si è preferito effettuare misure puntuali in posizioni selezionate, in modo da ottenere un “grigliato” intorno al sito di installazione del terminale OLT. I punti sono mostrati in Figura 2.1 e elencati in Tabella 2.1. Si evidenzia che tra tutti i punti sono stati selezionati quelli di maggior interesse. In particolare, è stata data priorità alla caratterizzazione stagionale dei punti situati nelle immediate vicinanze del terminale (punti O e Q) rispetto al transetto T2 (punti D, E, F e G), in quanto uno degli scopi principali è quello di caratterizzare con maggiore dettaglio il campo di correnti nelle vicinanze del terminale.

Successivamente, in fase di analisi e post-processing dei dati, si procede con la ricostruzione dell'andamento dei singoli parametri lungo il transetto T2 (Figura 2.2), trasversale alla costa, ed utilizzando i punti O, Q e P come misure sul punto di ancoraggio (OLT) secondo quanto previsto dal piano di monitoraggio ( pag 25 del Piano).

Per ciascun punto sono quindi disponibili profili di temperatura, salinità, densità rilevati dal CTD, e velocità e direzione della corrente rilevate dal profilatore ADCP. Ciascuno di questi profili è stato analizzato, graficato e opportunamente validato allo scopo di correggere i dati (ove possibile) e di epurare il database dai dati oggettivamente errati.

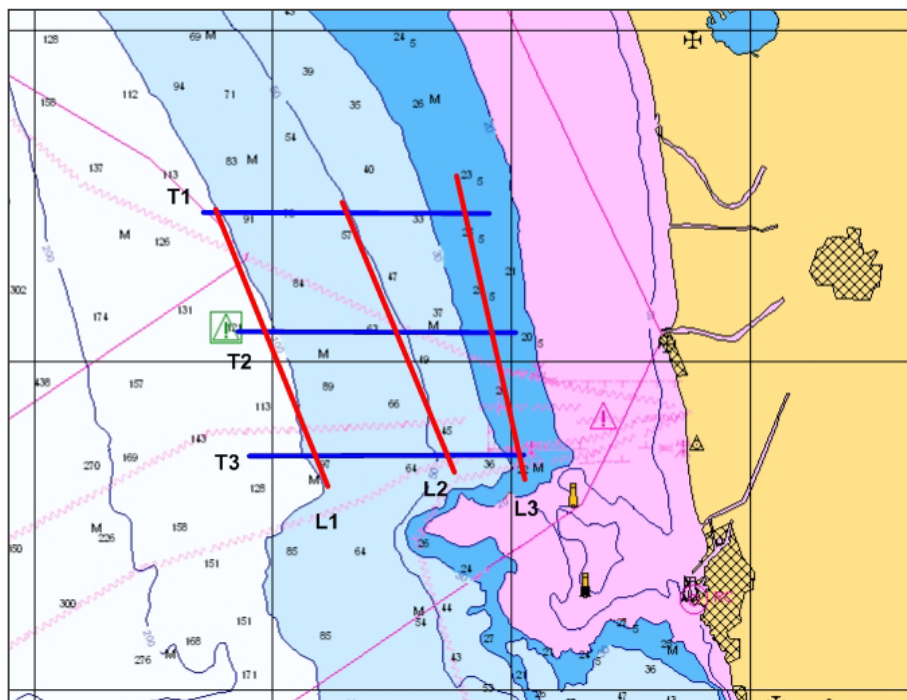
Per questo è stata necessaria una ordinata catalogazione dei singoli profili, una visualizzazione preliminare finalizzata ad interpretare eventuali incongruenze, e infine le operazioni di recupero e/o scarto dei dati dubbi di ogni singolo profilo.

**Tabella 2.1: Punti di Campionamento**

ID	Latitudine [°N]	Longitudine [°E]	Profondità media [m]	ID	Latitudine [°N]	Longitudine [°E]	Profondità media [m]
A	43.73	9.96	100	I	43.61	10.02	100
B	43.73	10.05	50	L	43.61	10.11	53
C	43.73	10.14	24	M	43.61	10.17	28
D	43.68	9.92	130	N	43.64	9.91	145
E	43.68	9.99	100	O	43.64	9.98	112
F	43.68	10.08	50	P	43.64	9.94	140
G	43.68	10.16	20	Q	43.64	10.00	104
H	43.61	9.95	140	S	43.62	9.92	147



**Figura 2.1: Posizione dei Punti di Campionamento**



**Figura 2.2: Posizione dei Transetti L1, L2, L3, T1, T2 e T3**




## 2.3 PRESENTAZIONE DEI DATI

I dati validati sono presentati in una serie di figure contenenti il singolo profilo rilevato nei vari punti citati e in altre contenenti l'andamento spaziale della corrente, componenti  $V_x$  (verso Est) e  $V_y$  (verso Nord). In Tabella 2.1 è riportata una sintesi dei campionamenti effettuati nel terzo anno di esercizio del Terminale ( Maggio 2016 – Novembre 2016), e dei relativi risultati della validazione effettuata sui dati rilevati.

**Tabella 2.1: Sintesi dei Campionamenti effettuati nel 2016**

DATA			PUNTO															
Anno	Mese	Giorno	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	S
2016	Maggio	6	/	/	/	■	■	■	■	/	/	/	/	/	■	/	■	/
2016	Agosto	16	/	/	/	■	■	■	■	/	/	/	/	/	■	/	■	/
2016	Settembre	29	/	/	/	■	■	■	■	/	/	/	/	/	■	/	■	/
2016	Novembre	18	/	/	/	■	/	/	/	/	/	/	/	/	■	/	■	/

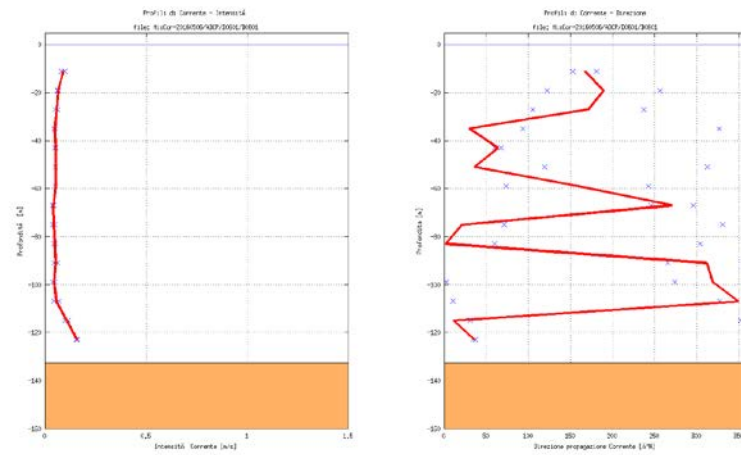
	Dato Validato
	Dato non Valido
	Dato non Rilevato

In Figura 2.3 - Figura 2.6 sono riportati graficamente i singoli profili di corrente (velocità e direzione di propagazione) misurati nei punti D, E, F, G, O e Q: i valori si riferiscono alla media su 10 minuti, come richiesto nel Piano di Monitoraggio e come tradizionalmente richiesto nelle normative relative all'ingegneria offshore. Essendo valori medi sui 10', la variabilità temporale della corrente può essere in alcuni casi notevole: si è quindi ritenuto opportuno considerare non validi i dati caratterizzati da deviazione standard maggiore di 0.2 m/s in un periodo di circa 20 minuti.

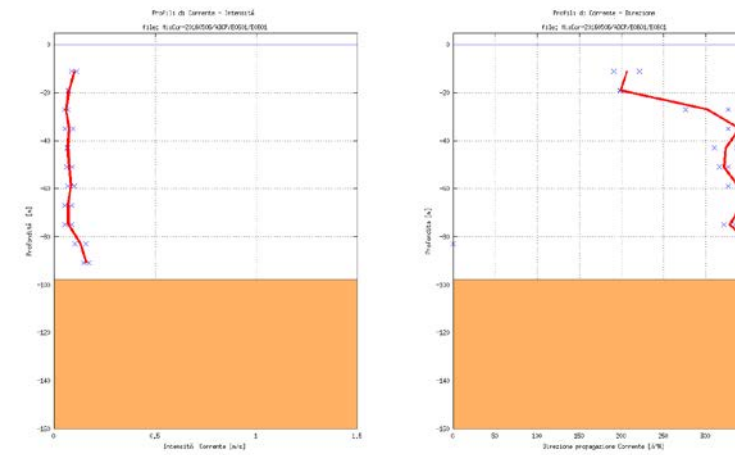
Analogamente, in Figura 2.7 -Figura 2.10 si riportano i profili di temperatura, salinità e densità (quest'ultima calcolata dai valori di temperatura e salinità) misurati.

Infine, attraverso l'interpolazione 3D delle misure effettuate nei punti fissi (punti D, E, F, e G), è stato definito l'andamento dei parametri lungo il transetto trasversale T2. Come già sottolineato in precedenza la qualità del dato misurato lungo i transetti con natante in moto non era infatti accettabile, come evidenziava il rapporto segnale/rumore. Si ritiene che le misure del transetto T2 ottenute tramite l'interpolazione 3D rispettino a pieno quanto richiesto nel piano di monitoraggio. In Figura 2.11 - Figura 2.14 sono riportati graficamente: componenti  $V_x$  (Est) e  $V_y$  (Nord) della corrente, temperatura, salinità e densità al variare della profondità lungo il transetto T2, risultanti dai rilievi di Giugno e Agosto rispettivamente. Le scale cromatiche sono state propriamente definite per evidenziare la variabilità spaziale di ciascun parametro.

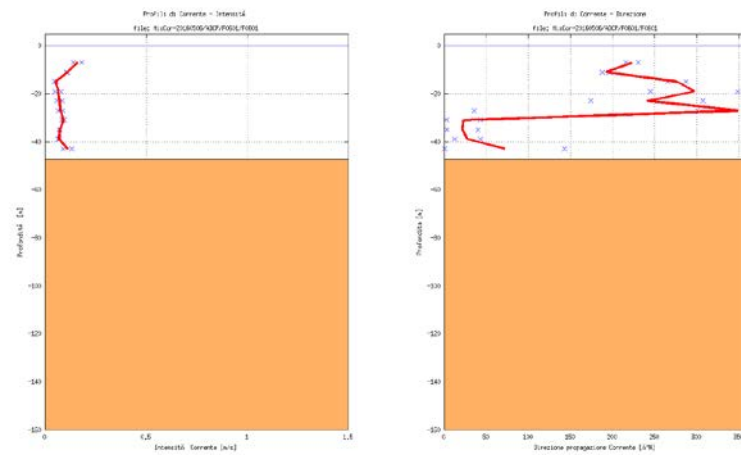
### PUNTO D



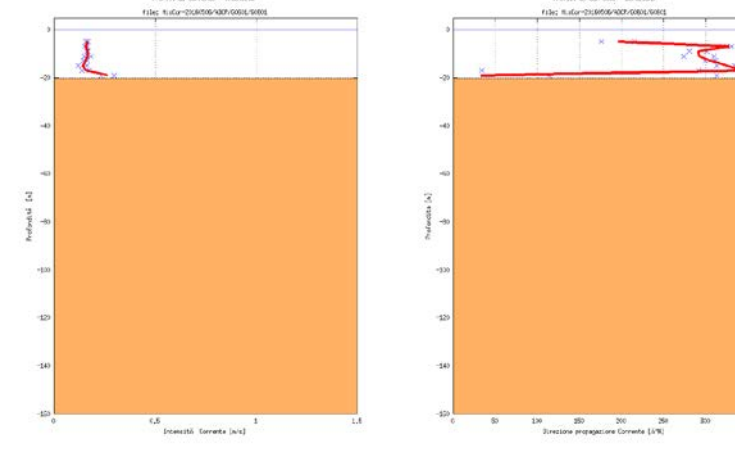
### PUNTO E



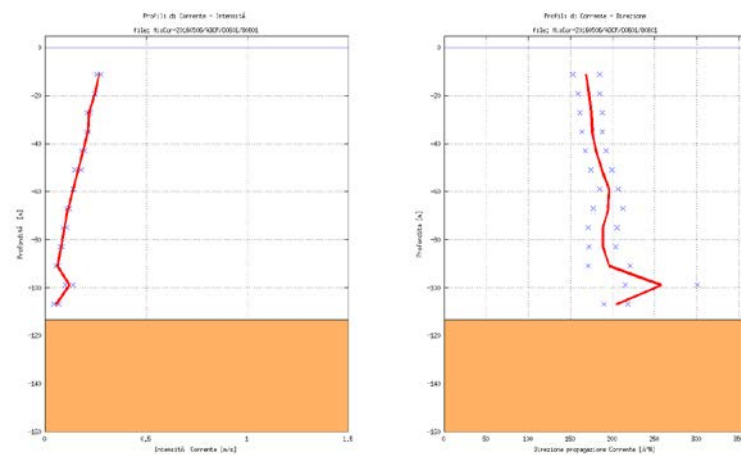
### PUNTO F



### PUNTO G



### PUNTO O



### PUNTO Q

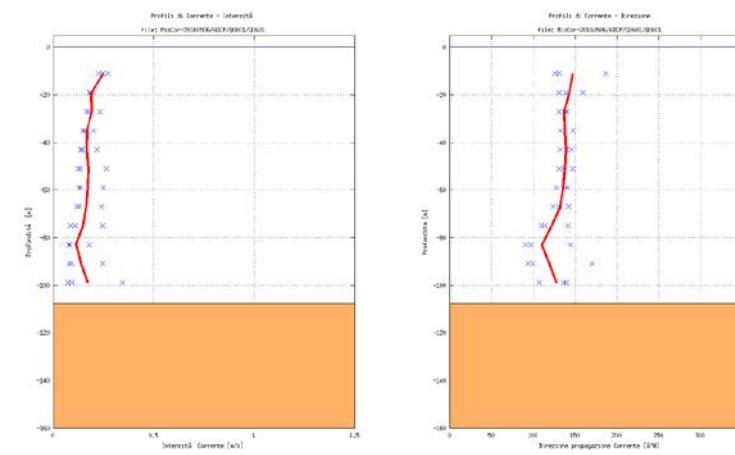
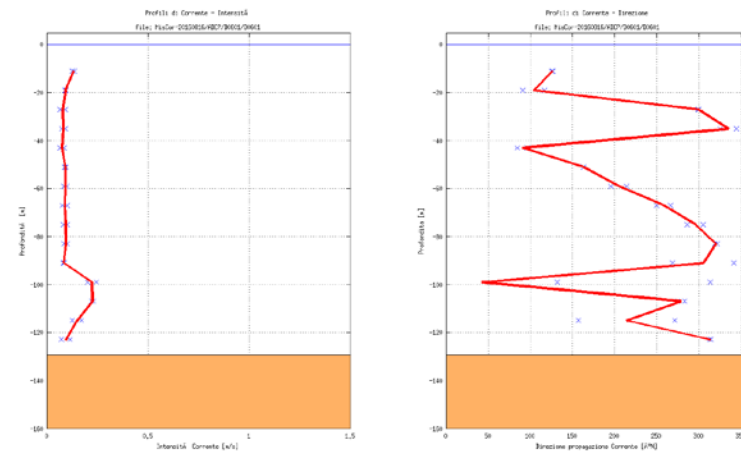
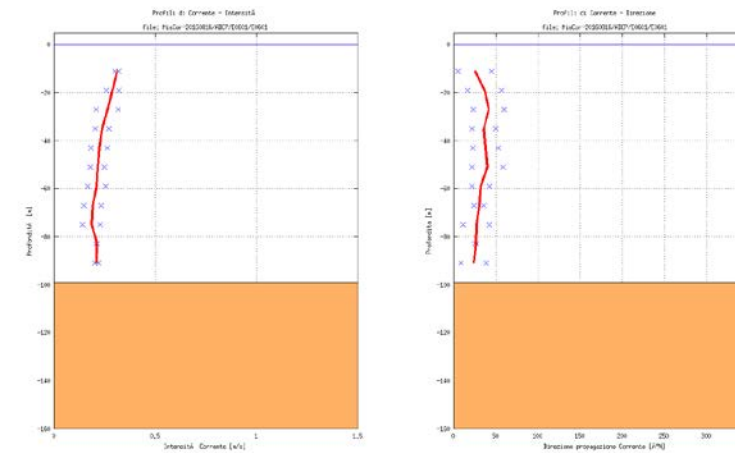


Figura 2.3: Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Maggio 2016

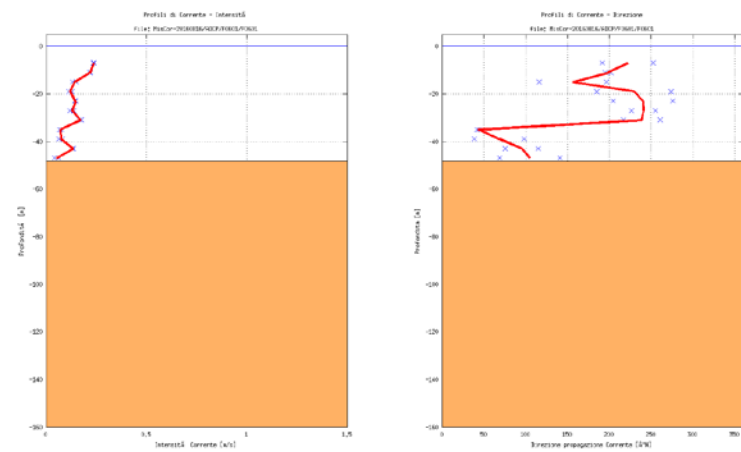
### PUNTO D



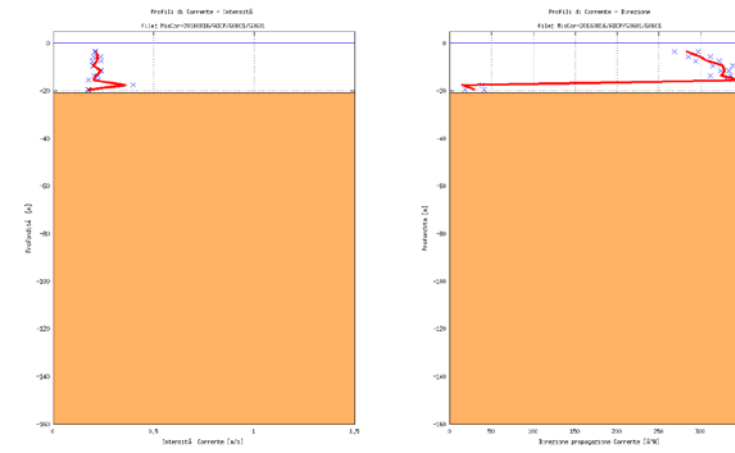
### PUNTO E



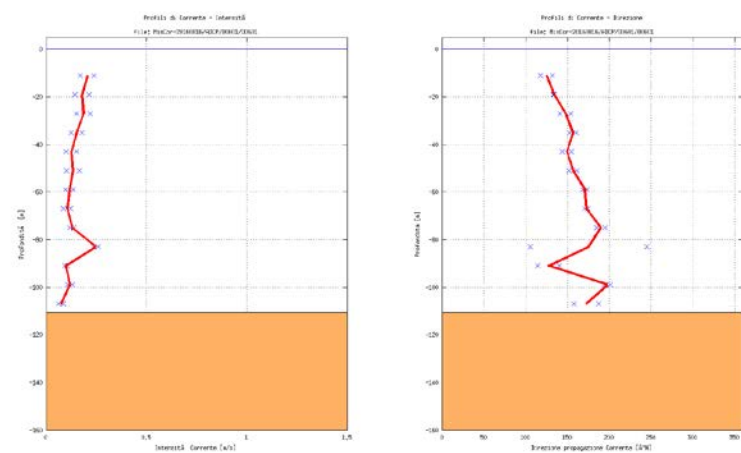
### PUNTO F



### PUNTO G



### PUNTO O



### PUNTO Q

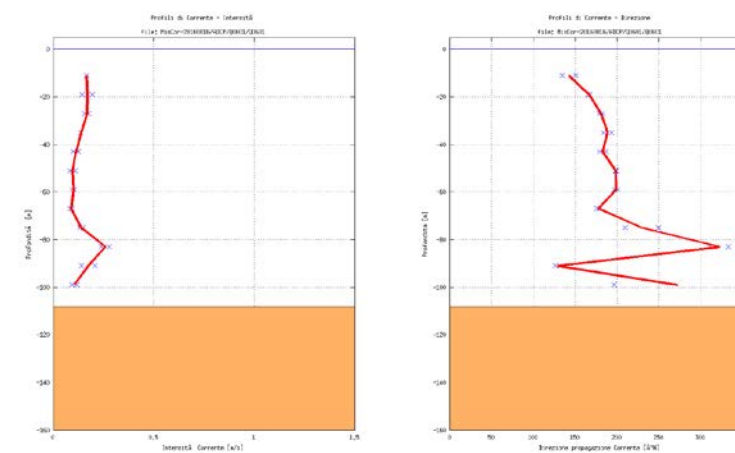
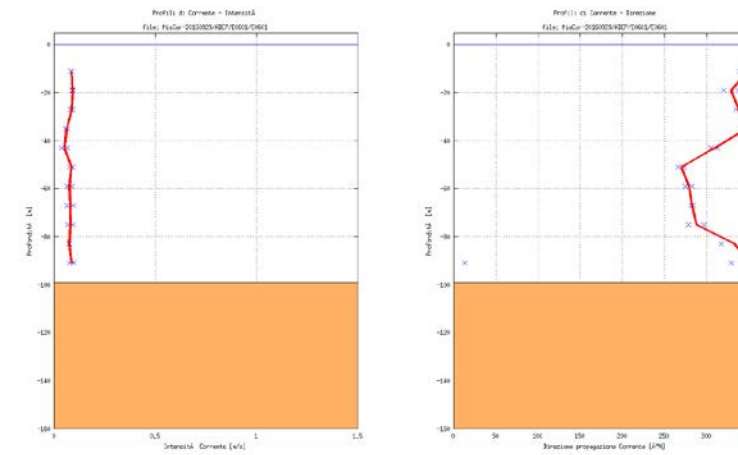


Figura 2.4: Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Agosto 2016

### PUNTO D

No Dati Validi/Disponibili

### PUNTO E



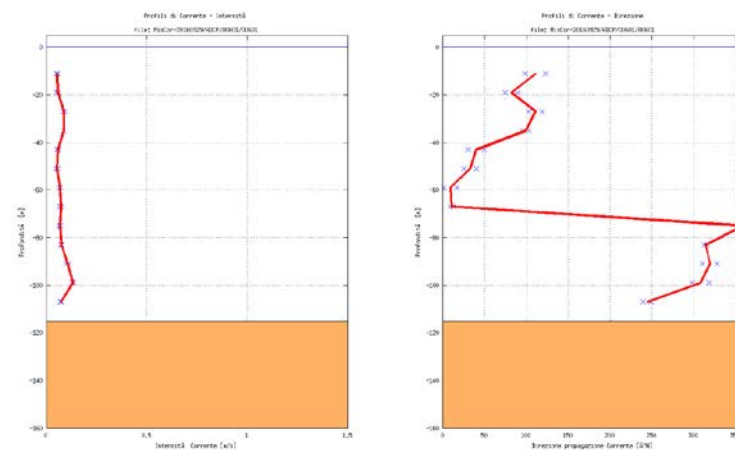
### PUNTO F

No Dati Validi/Disponibili

### PUNTO G

No Dati Validi/Disponibili

### PUNTO O



### PUNTO Q

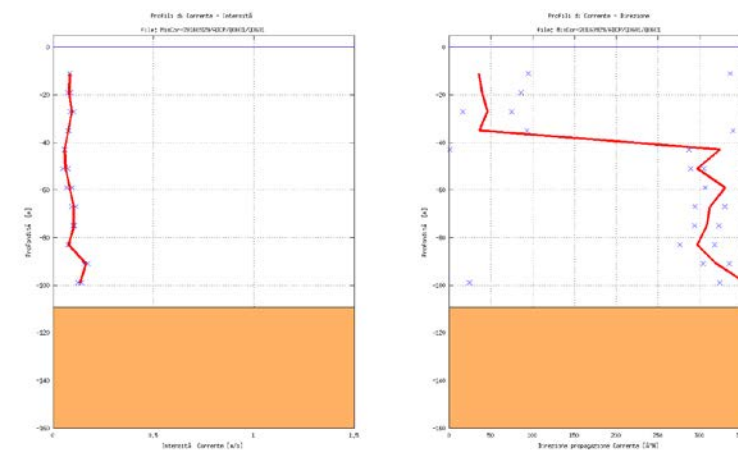
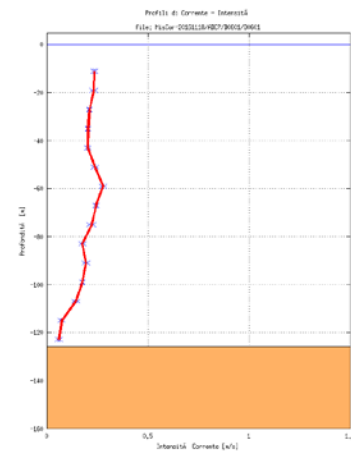


Figura 2.5: Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Settembre 2016

### PUNTO D



### PUNTO E

No Dati Validi/Disponibili

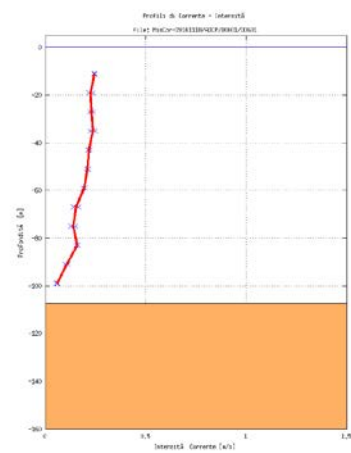
### PUNTO F

No Dati Validi/Disponibili

### PUNTO G

No Dati Validi/Disponibili

### PUNTO O



### PUNTO Q

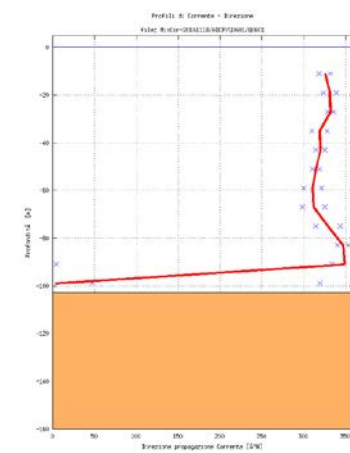
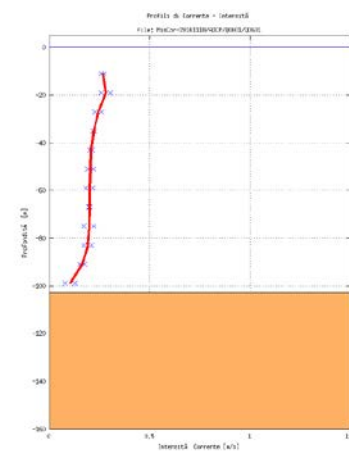
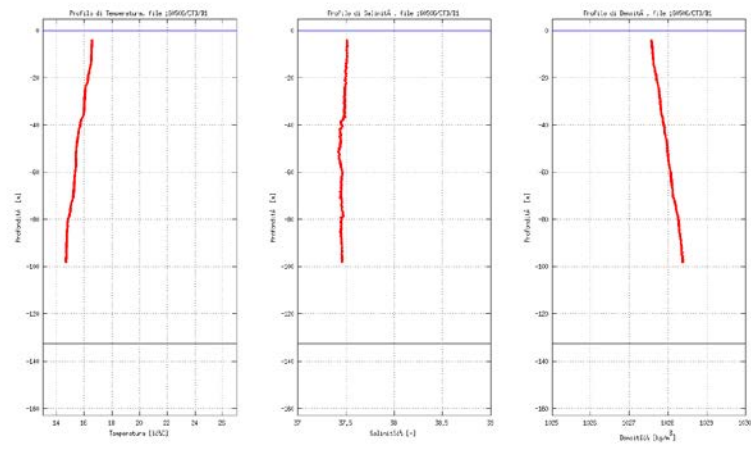
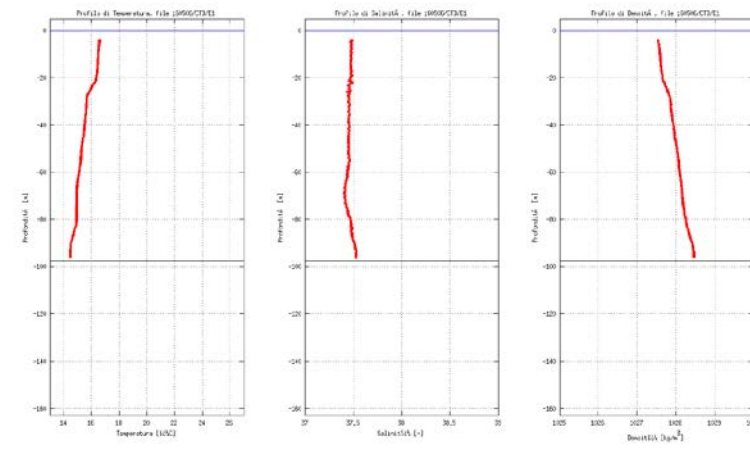


Figura 2.6: Profili di Corrente misurati in D, E, F, G, O, Q in Novembre 2016

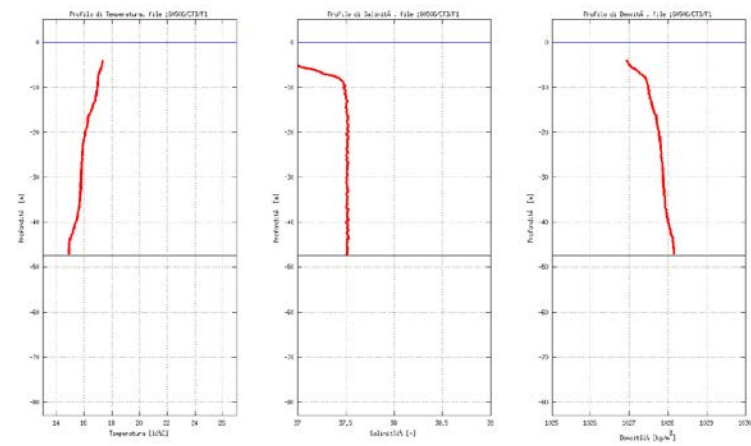
### PUNTO D



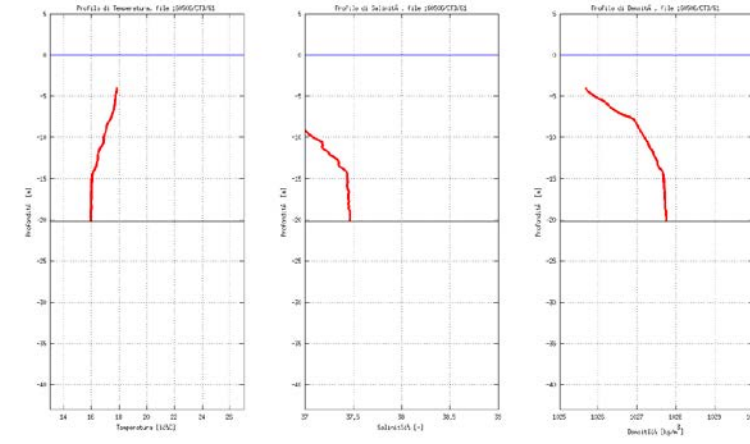
### PUNTO E



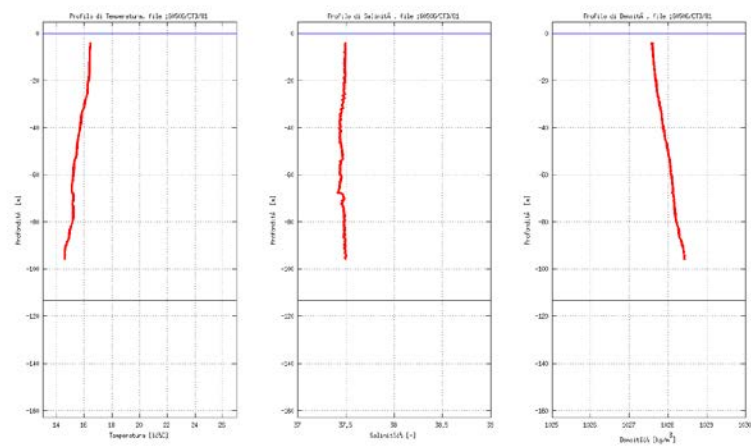
### PUNTO F



### PUNTO G



### PUNTO O



### PUNTO Q

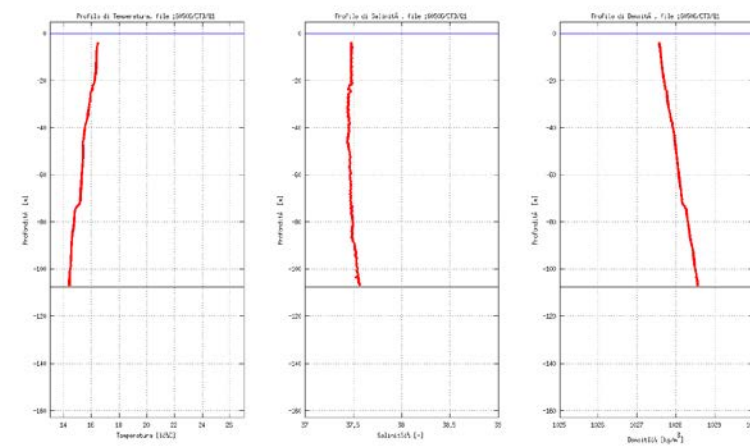
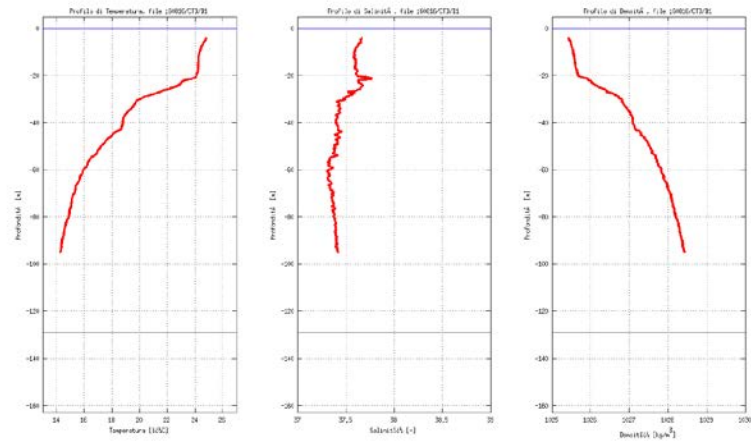
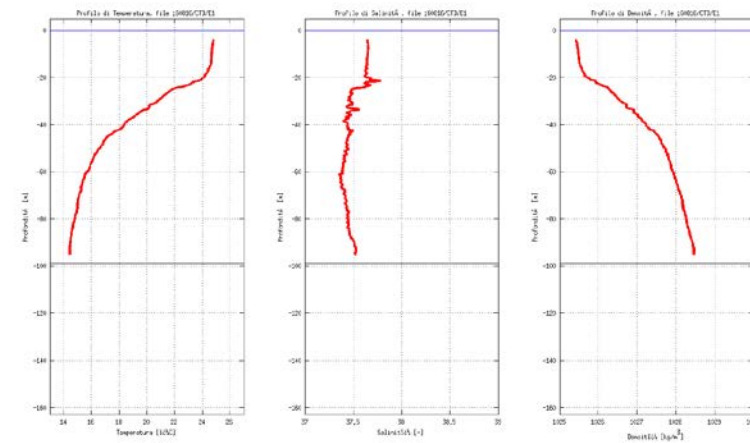


Figura 2.7: Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Maggio 2016

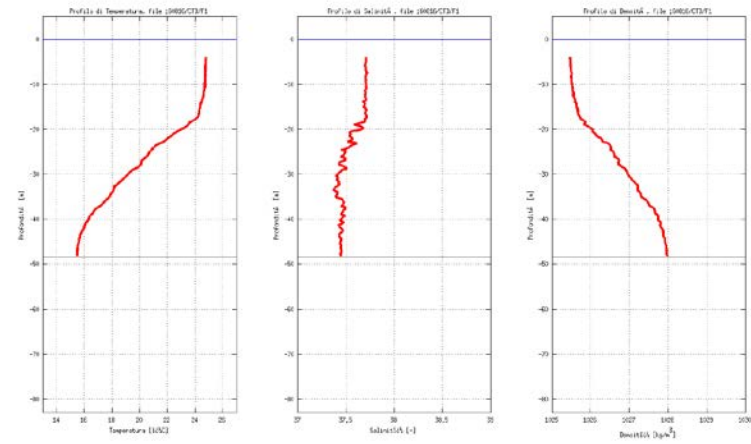
### PUNTO D



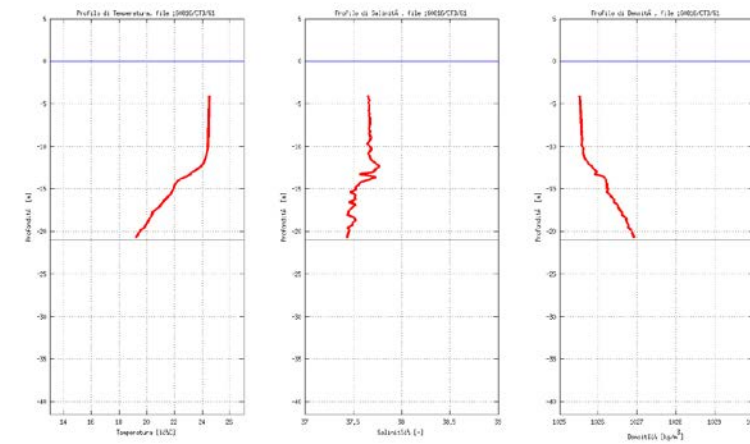
### PUNTO E



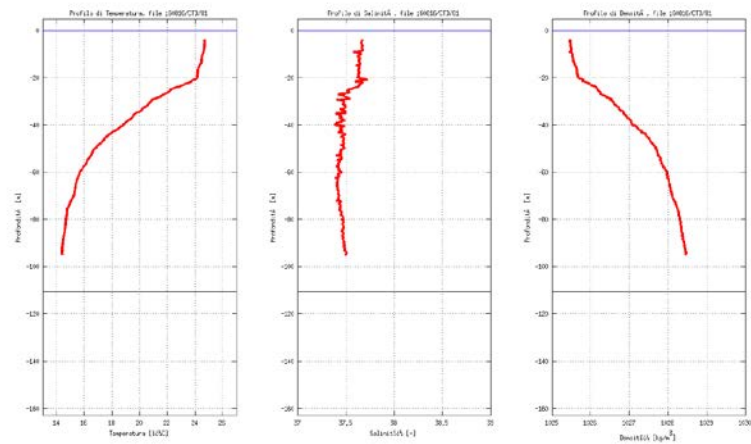
### PUNTO F



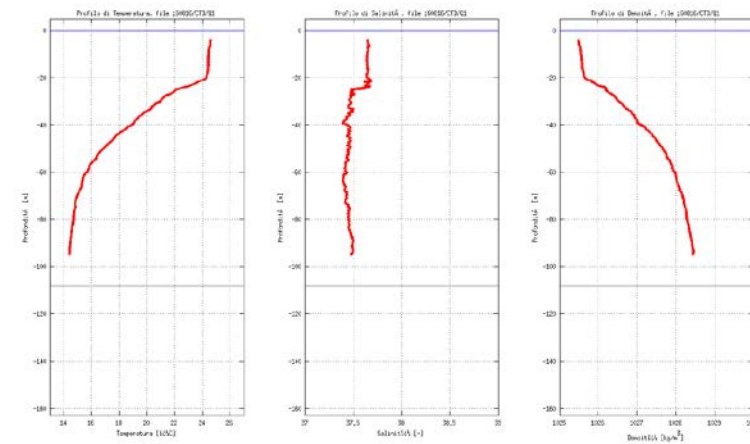
### PUNTO G



### PUNTO O

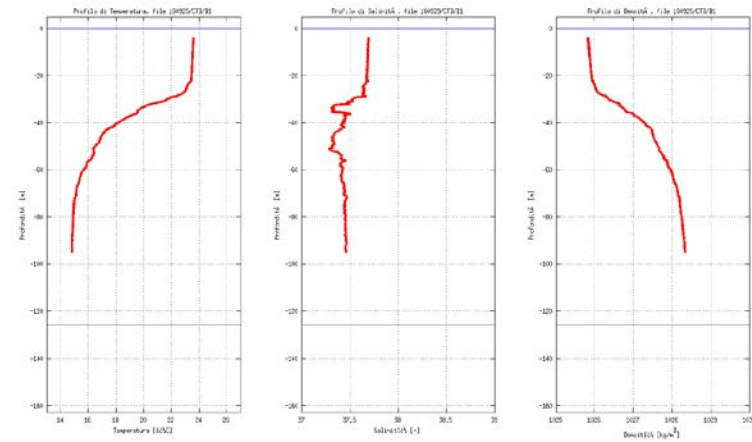


### PUNTO Q

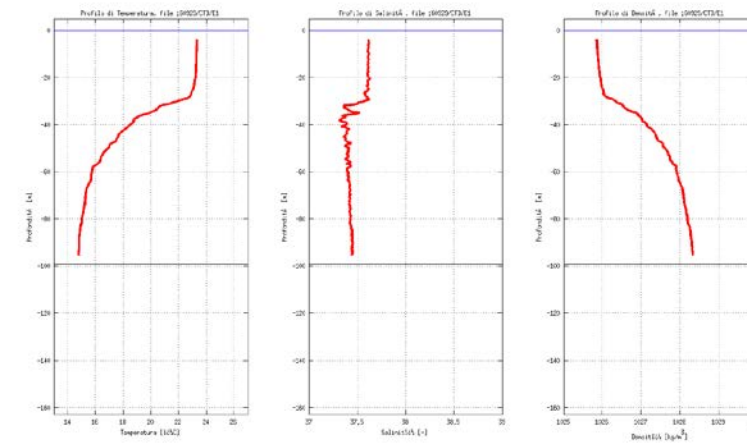


**Figura 2.8: Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Agosto 2016**

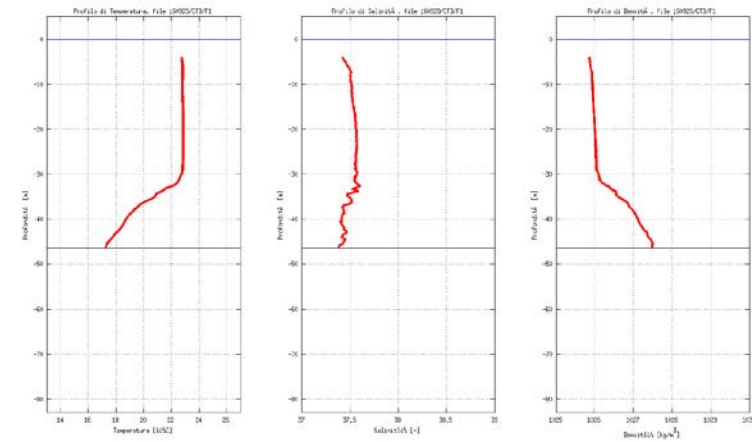
**PUNTO D**



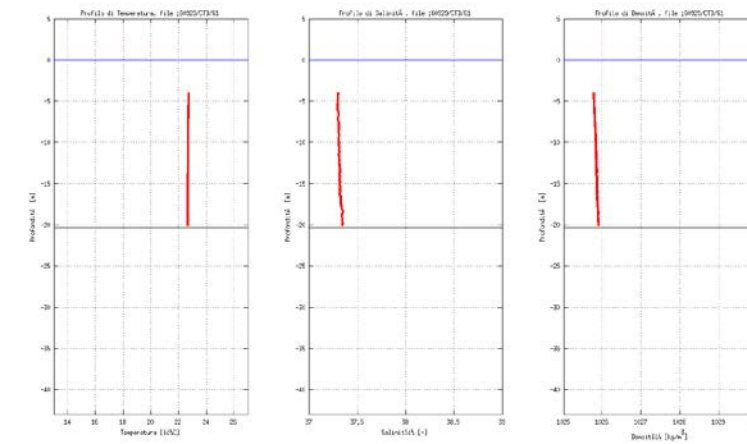
**PUNTO E**



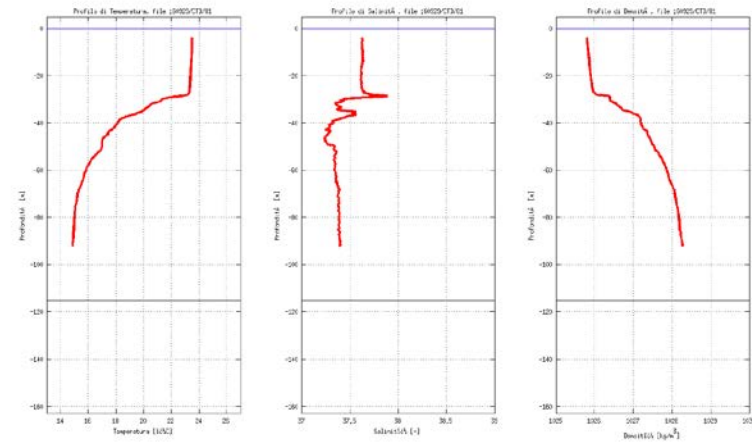
**PUNTO F**



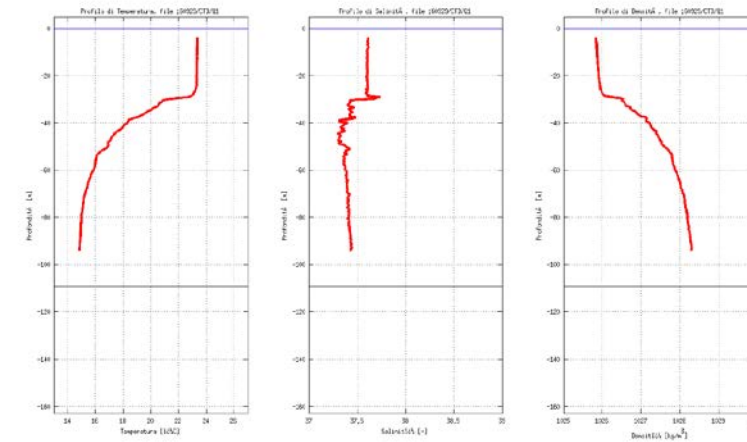
**PUNTO G**



**PUNTO O**



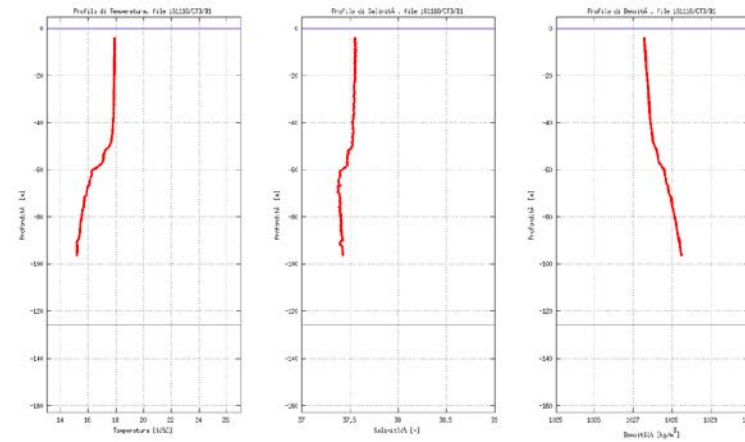
**PUNTO Q**



**Figura 2.9: Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Settembre 2016**



**PUNTO D**



**PUNTO E**

No Dati Validi

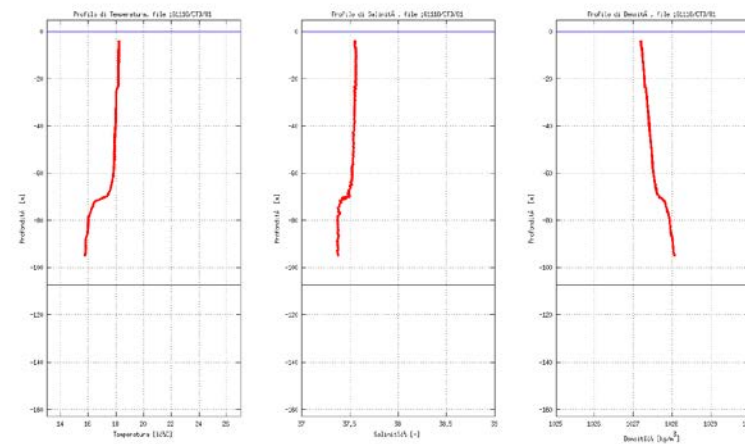
**PUNTO F**

No Dati Validi

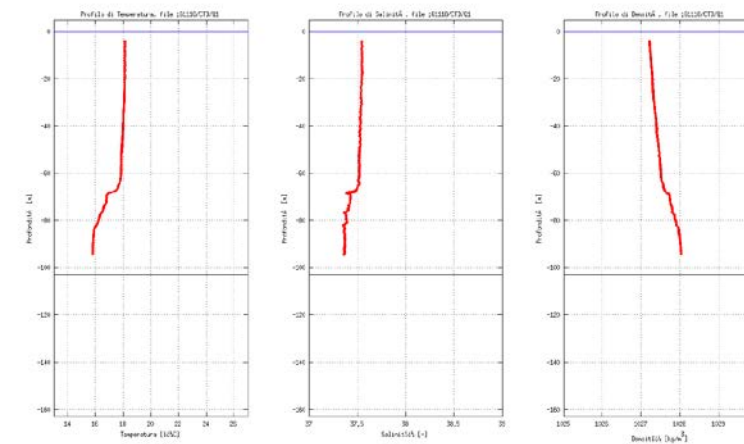
**PUNTO G**

No Dati Validi

**PUNTO O**

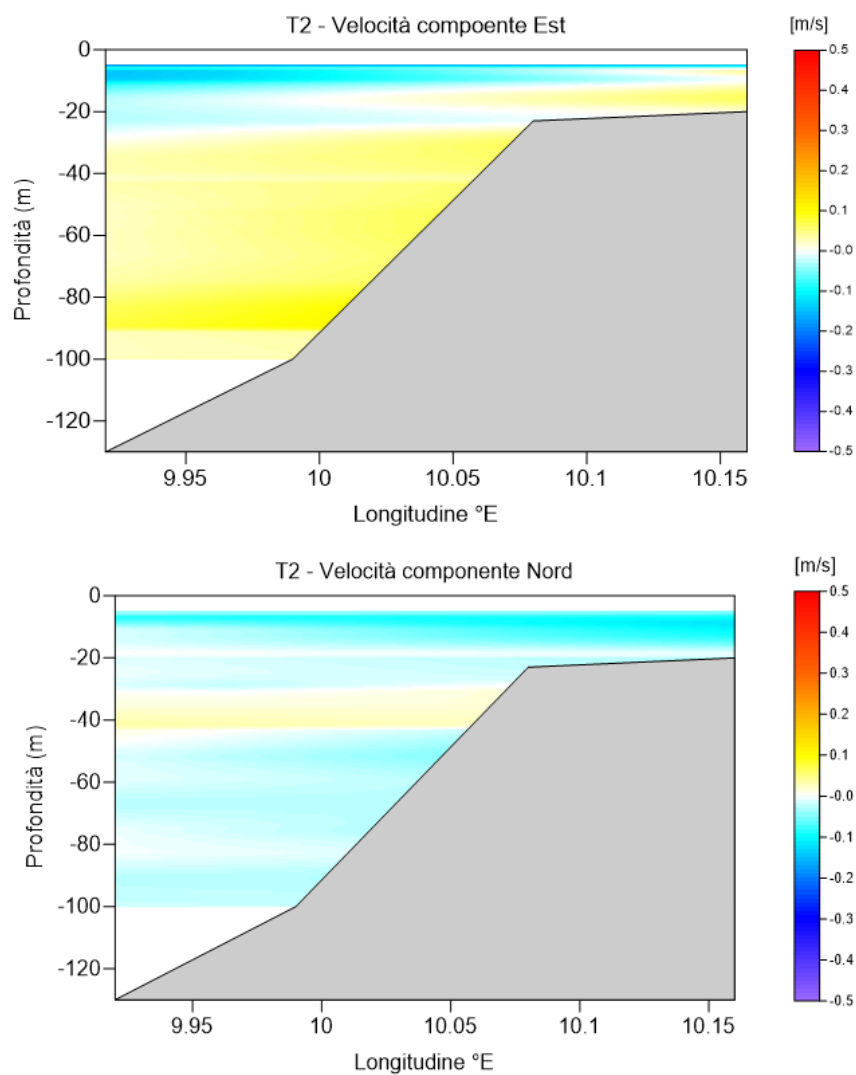


**PUNTO Q**



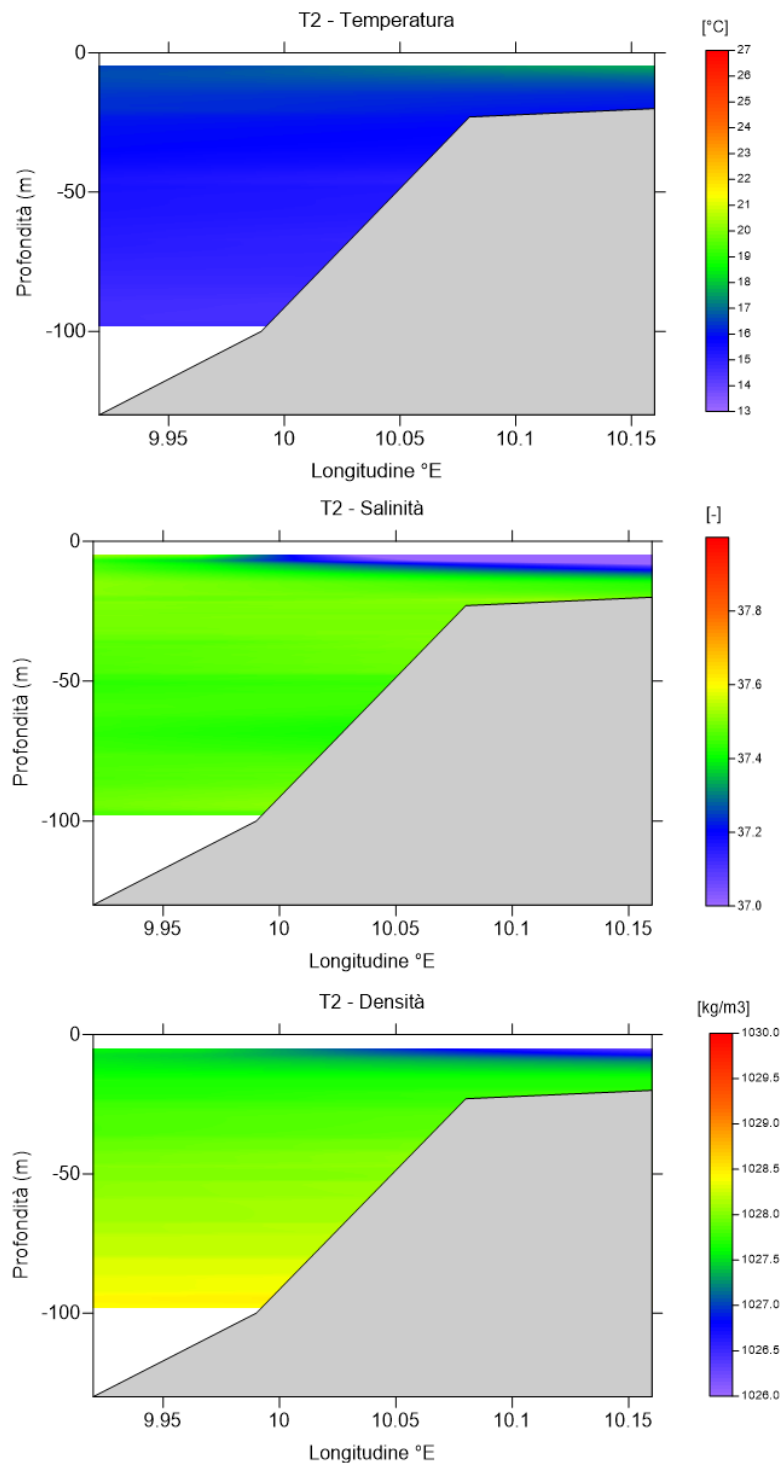
**Figura 2.10: Profili di Temperatura (sinistra), Salinità (centro) e Densità (destra) misurati in D, E, F, G, O, Q in Novembre 2016**

TRANSETTO: T2 - MESE: 05 - ANNO: 2016



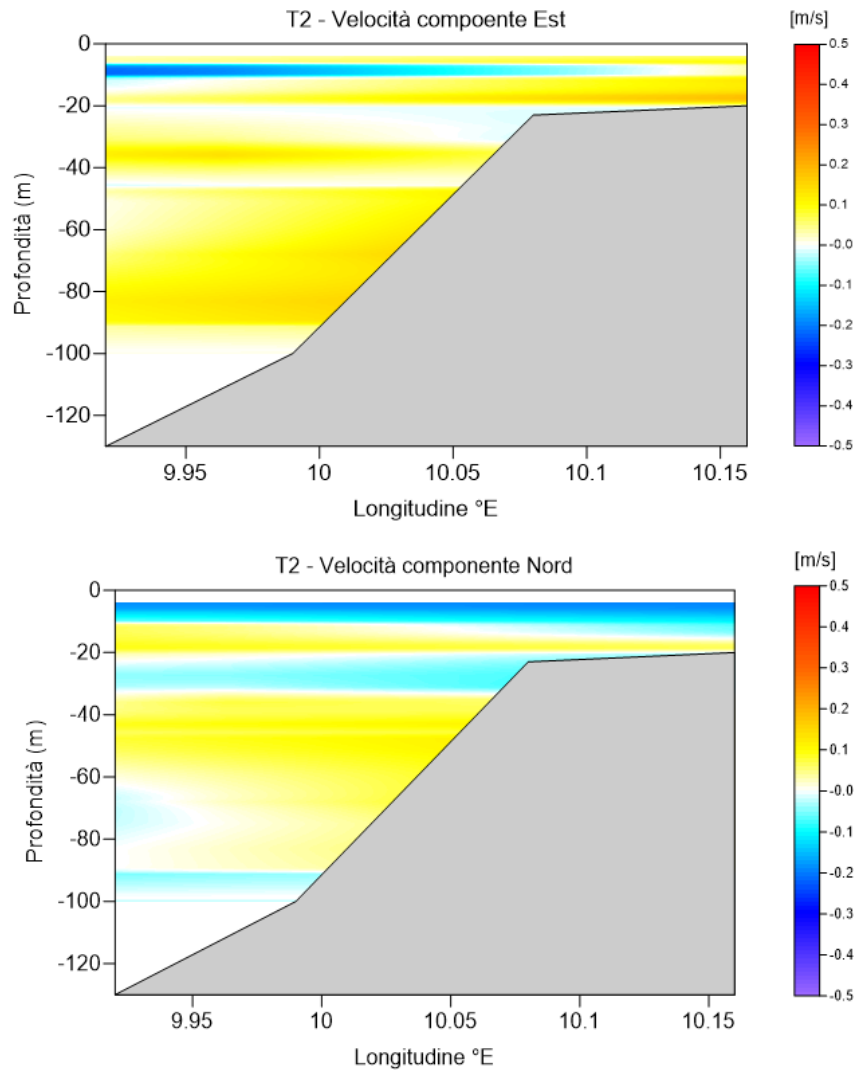
**Figura 2.11: Transetto T2 – Maggio 2016 – Valori Caratteristici delle Componenti Est (Sopra) e Nord (Sotto) della Velocità di Corrente**

TRANSETTO: T2 - MESE: 05 - ANNO: 2016

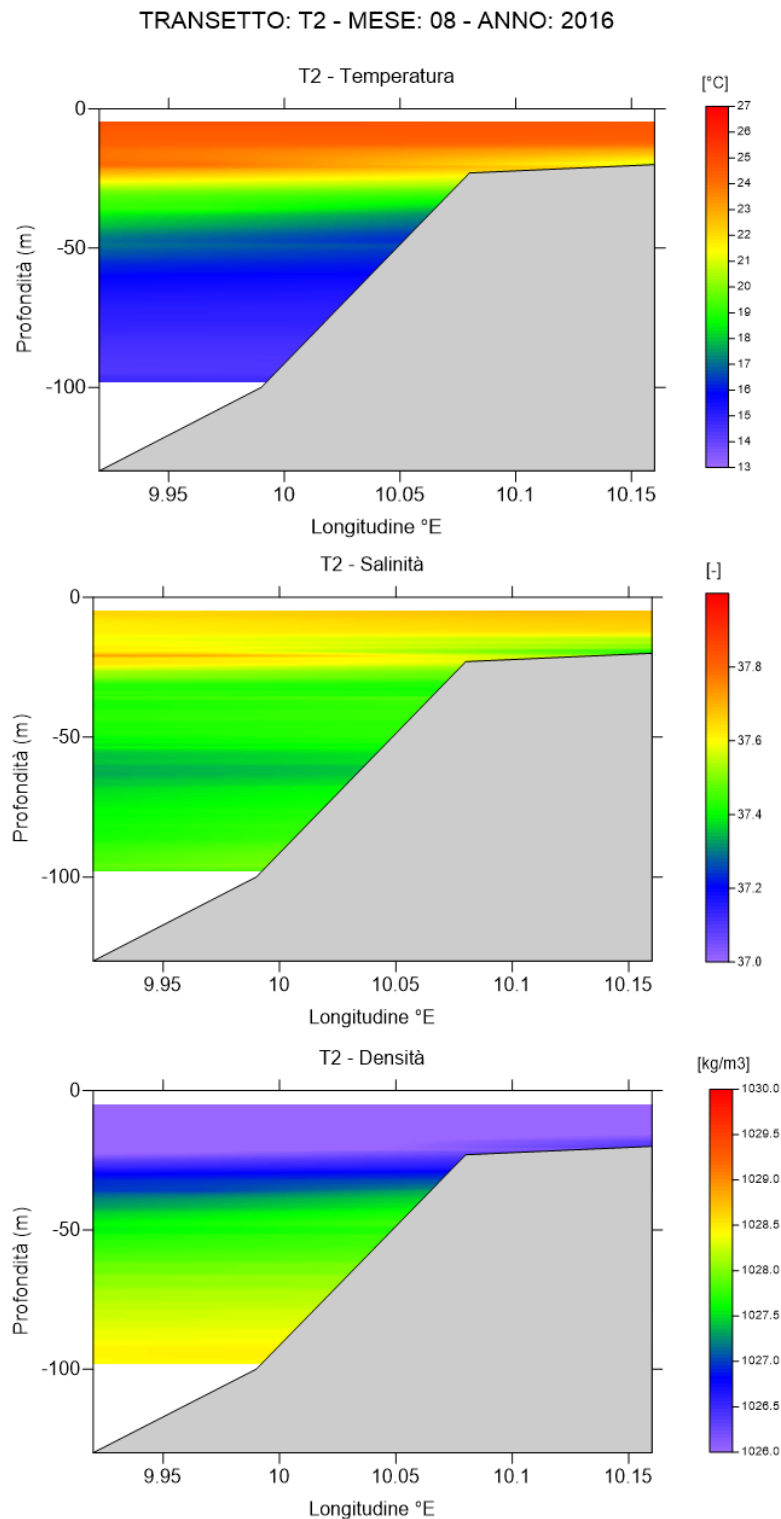


**Figura 2.12: Transetto T2 – Maggio 2016 – Valori Caratteristici della Temperatura (Sopra) Salinità (Centro) e Densità (Sotto)**

TRANSETTO: T2 - MESE: 08 - ANNO: 2016



**Figura 2.13: Transetto T2 – Agosto 2016 – Valori Caratteristici delle Componenti Est (Sopra) e Nord (Sotto) della Velocità di Corrente**



**Figura 2.14: Transetto T2 – Agosto 2016 – Valori Caratteristici della Temperatura (Sopra) Salinità (Centro) e Densità (Sotto)**

### 3 INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati descritti nel presente rapporto si riferiscono alla campagna di misure correntometriche rilevate nei pressi del punto di installazione del terminale FSRU e nella aree adiacenti effettuate nel corso del terzo anno di esercizio del terminale (Maggio 2016 – Novembre 2016). E' quindi stato possibile disporre di preziose informazioni relative alla variabilità spaziale del campo di corrente, all'andamento di velocità e direzione lungo la colonna d'acqua e verificare la congruenza dei valori misurati con la fenomenologia tipica dell'area.

#### 3.1 PUNTO OLT

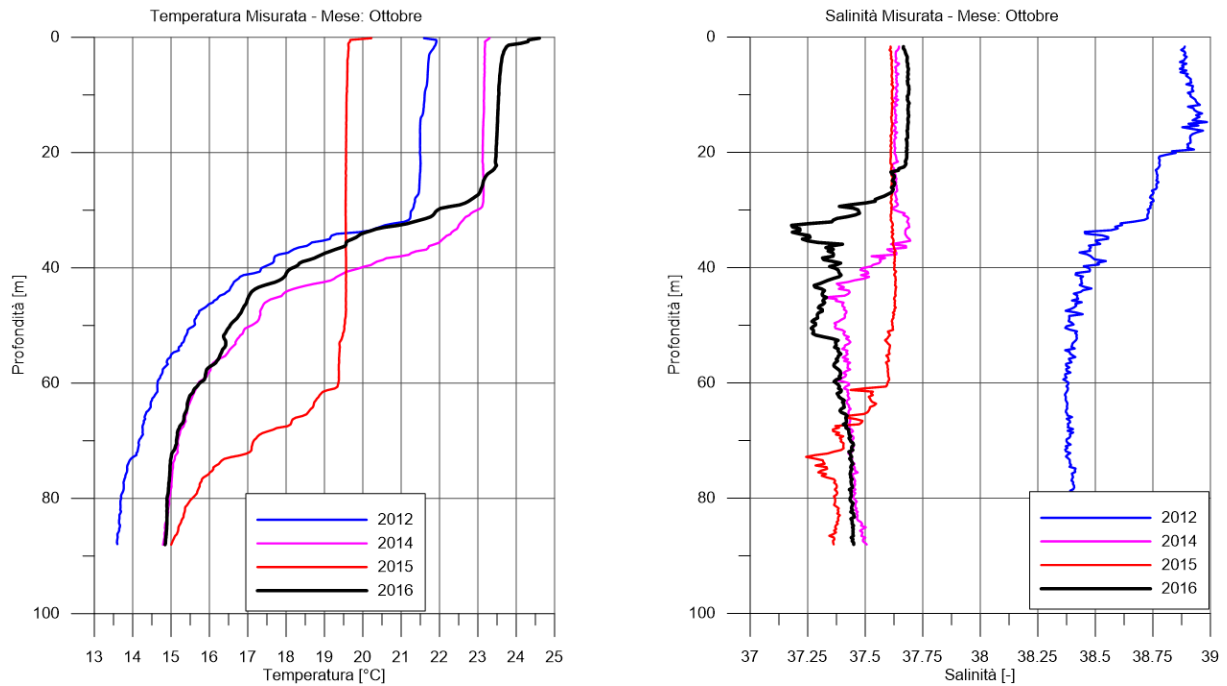
Nei profili caratteristici di temperatura e salinità (Figura 2.7 - Figura 2.10), calcolati a partire dai dati rilevati con la sonda CTD, è possibile individuare la presenza, come atteso, di una stratificazione delle acque, ben visibile da Maggio a Settembre 2016, con picnoclino particolarmente evidente in Agosto e Settembre tra i 20-40 m di profondità. Nel mese di Novembre il picnoclino è più profondo ma decisamente meno definito, ad indicare una maggiore omogeneità delle masse d'acqua dalla superficie verso il fondo.

Le misure effettuate con il profilatore ADCP mostrano in generale velocità della corrente apparentemente modeste, e questo è dovuto alla necessità di effettuare le misure in condizioni di mare calmo: manca quindi il contributo del vento che, per l'area OLT e per tutto l'Arcipelago Toscano, rappresenta il termine forzante principale, come descritto in R2012. Non è stato pertanto possibile correlare direttamente il vento locale con la corrente, ma i valori misurati, che si riferiscono quindi essenzialmente al contributo della marea, agli effetti perturbativi nel "far field" (si veda cap. 3.3 del R2012) e alla circolazione stazionaria, sono comunque tali da garantire una buona dinamica generale su tutta la colonna d'acqua anche nel periodo estivo.

Si osserva inoltre che generalmente le correnti misurate sono dirette verso Sud-Sud Ovest negli strati superficiale e intermedio, con una graduale rotazione verso Ovest-Nord Ovest a mano a mano che si procede verso il fondo. Ciò è ovviamente dovuto alle caratteristiche del campo di densità e alla presenza della stratificazione della colonna d'acqua, che ha caratterizzato praticamente tutti i mesi di misura, e che giustifica appieno l'utilizzo di un modello idrodinamico baroclinico per la simulazione del campo di corrente dell'Arcipelago.

I dati rilevati non presentano differenze significative rispetto ai valori medi attesi. Inoltre, debitamente confrontati con agli anni di esercizio precedenti (R2015 e R2014) e con le condizioni di "bianco" iniziale (R2012), i dati del 2016 evidenziano caratteristiche delle masse d'acqua molto simili a quelle osservate nel 2014 e 2012. A titolo di esempio, in Figura 3.1 sono riportati sovrapposti i profili rilevati al punto D rispettivamente il 12/10/2012 (blu), 29/09/2014 (magenta), 26/10/2015 (rosso) e il 29/09/2016 (nero).

I dati 2016 dimostrano quindi che il notevole abbassamento del picnoclino evidenziato nella misura effettuata in Ottobre 2015, a quota 40-60 m rispetto ai 30-35 m attesi, non era connesso al funzionamento del Terminale. L'impatto del terminale è infatti limitato ad una distanza massima compresa tra 500 e 1000 m dal terminale stesso, come confermato dalle ulteriori misure effettuate da CIBM nel corso del 2016 nell'ambito del Report relativo al Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino - Fase di Esercizio (primo, secondo e terzo report annuale).



**Figura 3.1: Confronto tra Campionamenti effettuati nel mese di Ottobre 2012, 2014, 2015 e 2016 al punto D**

### 3.2 TRANSETTO T2

Gli andamenti dei valori del transetto trasversale T2 (Figura 2.11 -Figura 2.14), sono stati ricostruiti per i giorni di misura di Maggio e Agosto. I dati non evidenziano discostamenti significativi rispetto ai valori medi attesi.

## 4 MODELLO DI DISPERSIONE

Il modello di dispersione messo a punto per l'area in cui è installato il Terminale è descritto nel rapporto R2014, a cui si rimanda per dettagli. .

Nel tentativo di monitorare più da vicino gli effetti dello scarico termico durante l'esecuzione di operazioni di allibo, nel corso di questo terzo anno di esercizio OLT ha effettuato misure puntuali in tempo reale durante la rigassificazione. Sono misure difficili da eseguire considerando le piccole dimensioni dello strumento / gabbia di protezione e le correnti in gioco ivi compresa la turbolenza delle acque immediatamente circostanti lo scarico: per questo motivo di tutte le misure effettuate soltanto una si è rivelata valida.

Si tratta di una misura estiva effettuata il 23 agosto 2016, in presenza di un  $\Delta T$  iniziale ( $\Delta T_{in}$ ) di circa  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Il profilo misurato è riportato graficamente in Figura 4.1 (rosso), a confronto con un profilo "bianco" (vale a dire rappresentativo della temperatura dell'acqua nelle aree circostanti lo scarico, sufficientemente lontani da non risentirne gli effetti) misurato il 4 settembre 2016. Dato che le condizioni meteo-marine tra il 23 agosto ed il 4 settembre sono risultate pressoché omogenee, si ritiene corretto e rappresentativo il confronto.

Nello specifico:

- MG7 (blu) è il profilo misurato nel corso della campagna di monitoraggio eseguita da CIBM il 4 settembre 2016 ( " bianco");
- Terminale ( rossa) è il profilo misurato dal Terminale durante la rigassificazione ( $\Delta T_{in}$  uguale a circa  $-3^{\circ}\text{C}$ ) misurato il 23 agosto 2016. .

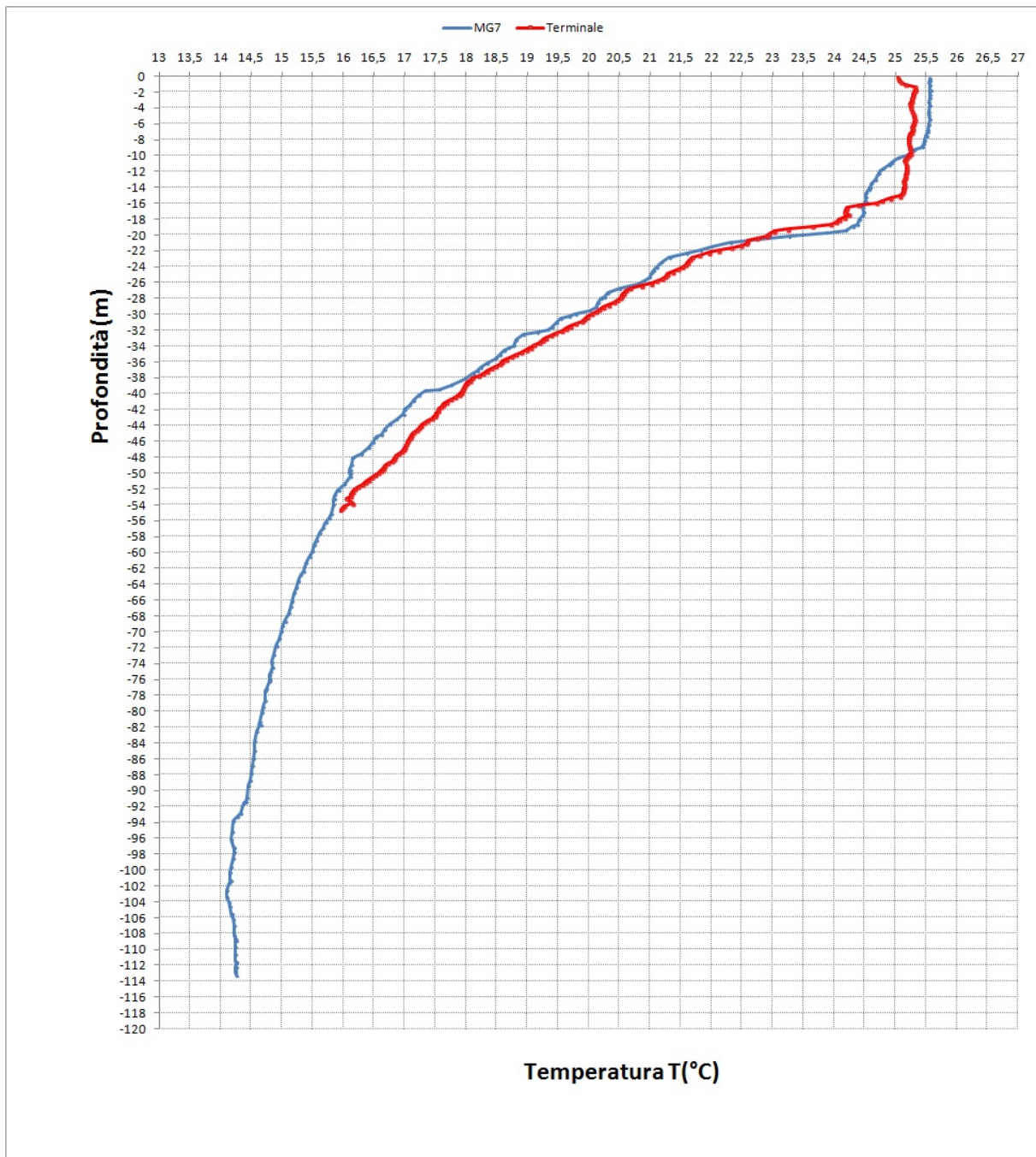
Il confronto diretto tra il profilo al terminale (rosso) ed il "bianco" permette di mappare il  $\Delta T$  in funzione della profondità, come mostrato in Figura 4.2.

Dal confronto si vince che il modello riproduce bene gli scenari attesi nelle diverse stagioni dell'anno, che possono essere quindi utilizzati come "benchmark" di riferimento per l'interpretazione di questa particolare misura. In particolare, facendo riferimento ai risultati della simulazione scenario estivo (Figura 4.4 del R2014, e figura 4.3 del presente documento), si osserva che il  $\Delta T$  parte da valori negativi nelle immediate vicinanze dello scarico per poi annullarsi ad una profondità pari a circa  $-20$  m e dunque passare a valori positivi muovendosi verso profondità maggiori.

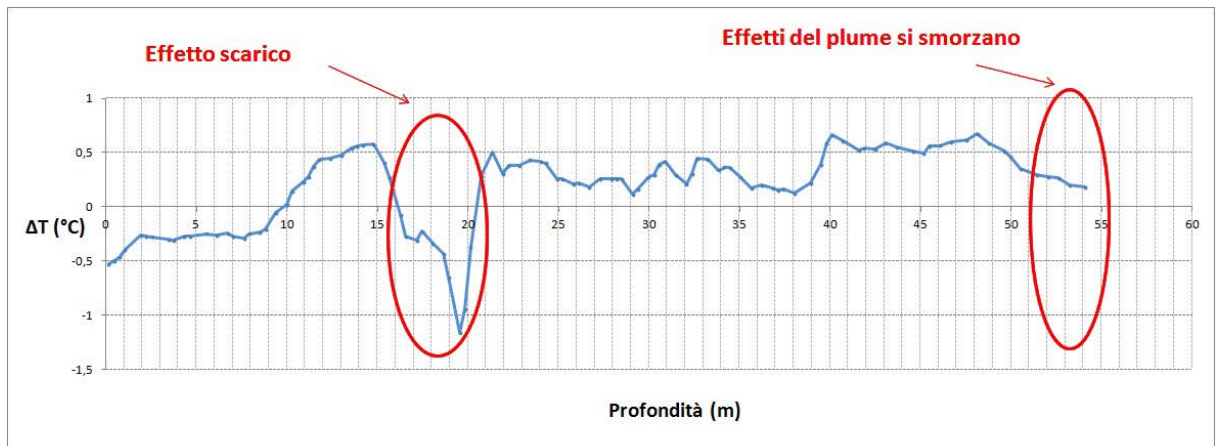
L'andamento del  $\Delta T$  reale misurato in Agosto 2016 riportato in Figura 4.2 corrisponde in maniera soddisfacente a quanto evidenziato dai risultati del modello dispersivo nello scenario estivo: il  $\Delta T_{in}$  va rapidamente annullandosi per effetto della termalizzazione dell'acqua scaricata con il fluido ambiente e per la contestuale diminuzione della temperatura esterna. A poco più di  $-20$  m il  $\Delta T$  diventa positivo, con un valore medio positivo pari a circa  $0.5^{\circ}\text{C}$  ( leggermente inferiore al valore del modello), fino ad annullarsi, come correttamente riproduce il modello, a circa  $55$  m di profondità (punto in cui gli effetti dello scarico sono ormai nulli).

Concludendo, si ritiene che il modello dispersivo riproduca cautelativamente e in maniera affidabile la fisica dello scarico nell'intorno del Terminale.

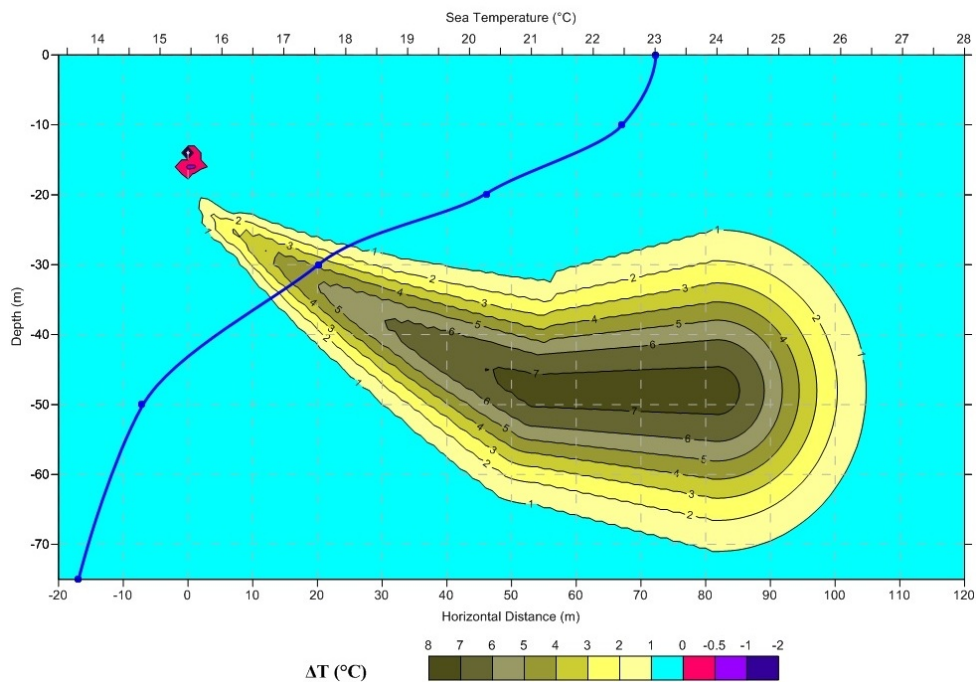




**Figura 4.1: Profilo di Temperatura Misurato in Agosto 2016 nelle Immediate Vicinanze dello Scarico Termico SPF15 (rosso) a Confronto con il Profilo di Temperatura non Affetto dallo Scarico nella stessa Stagione (blu)**



**Figura 4.2: Andamento del  $\Delta T$  in Funzione della Profondità in fase di Esercizio del Terminale – Misura Puntuale effettuata da CIBM il 4 settembre 2016**



**Figura 4.3: Condizioni Estive - Near Field,  $\Delta T_{IN} = -4.6$  °C – Campo di Dispersione del  $\Delta T$ (°C) e Profilo di Temperatura Usato per la Simulazione (in blu)**

## 5 CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica riporta i risultati della validazione e analisi delle misure appositamente effettuate nell'area di ubicazione del terminale FSRU nel suo secondo anno di esercizio. Tali risultati dimostrano che i dati sono sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche tipiche del campo di corrente e delle masse d'acqua e le loro variazioni spaziali e temporali nell'area di riferimento, alle varie quote lungo la colonna d'acqua.

Il rapporto è basato, quindi, sulle misure rilevate nel periodo Maggio 2016 – Novembre 2016, e fa inoltre riferimento ai rapporti R2012, R2014 e R2015 precedentemente emessi.

I dati 2016 sono stati opportunamente validati e analizzati, e mostrano in generale un buon accordo con la fenomenologia attesa, e con quanto riprodotto dal modello idrodinamico messo a punto per OLT. Non si rilevano differenze significative rispetto ai valori medi attesi, e il confronto con gli anni di esercizio precedenti (R2015 e R2014) e con le condizioni di "bianco" iniziale (R2012) evidenzia che le caratteristiche delle masse d'acqua rilevate in questo terzo anno di esercizio sono molto simili a quelle osservate nel 2014 e 2012. I dati 2016 dimostrano, quindi, che il notevole abbassamento del picnoclino evidenziato nella misura effettuata in Ottobre 2015 (si veda R2015), a quota 40-60 m rispetto ai 30-35 m attesi, non era connesso al funzionamento del Terminale. L'impatto del terminale è infatti limitato ad una distanza massima compresa tra 500 e 1000 m dal terminale stesso, come confermato anche dalle ulteriori misure effettuate da CIBM negli stessi anni.

Infine, si sottolinea che tutto quanto effettuato e qui riportato, compresa la verifica del modello dispersivo, è in totale accordo con quanto contenuto nel Piano di Monitoraggio.

ETE/BRG/ALN:tds

## RIFERIMENTI

- CIBM, 2017, Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino - Fase di Esercizio (terzo report).
- CIBM, 2016, Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino - Fase di Esercizio (secondo report).
- CIBM, 2015, Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino - Fase di Esercizio (primo report).
- CIBM, 2011, Terminale Galleggiante di Rigassificazione FSRU Toscana - "Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino", Rev. 2.
- D'Appolonia, 2016, "Analisi Dei Dati Correntometrici Misurati nell'area di Installazione del Terminale, Secondo Anno Di Esercizio", Doc. No. 12-982-H4 Rev.1, Febbraio 2016\_ **R2015**.
- D'Appolonia, 2015, "Analisi Dei Dati Correntometrici Misurati nell'Area di Installazione del Terminale, Primo Anno Di Esercizio (Dicembre 2013 - Ottobre 2014)", Doc. No. 12-982-H3 Rev.0, Febbraio 2015 \_ **R2014**.
- D'Appolonia, 2013, "Analisi dei Dati Correntometrici Misurati nell'Area di Installazione del Terminale (Misure Maggio-Ottobre 2012)", Doc. No. 12-982-H2 Rev.1, Febbraio 2013 **R2012**.
- D'Appolonia, 2012, "Validazione della Metodologia di Acquisizione delle Misure Correntometriche", Doc. No. 12-982-H1 Rev.0, Novembre 2012.
- DEAM, 2012, Specifica Tecnica per l'Esecuzione di Misure CTD e ADCP – Fase di Collaudo, Rev. 0.