



OLBIA LNG Terminal



OLBIA Green Power

Progetto EnerClima 2050

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Ai sensi dell'art. 22 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

Progetto n. 21520I
Revisione: 00
Data: Dicembre 2021
Nome File: 21520I_Dispo Scarico Termico_rev00.docx

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
2 di 41

INDICE

PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO.....	3
1. INQUADRAMENTO DELL'AREA	4
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	5
3. METODOLOGIA.....	7
4. PERIODI DI RIFERIMENTO SELEZIONATI	9
4.1. Analisi della temperatura marina	10
5. PREDISPOSIZIONE DEL MODELLO DI CIRCOLAZIONE 3D LOCALE AD ALTA RISOLUZIONE	15
5.1. Dominio di calcolo.....	15
5.1.1. Dati Batimetrici	16
5.1.2. Estensione e risoluzione	17
5.2. Input del Modello.....	22
5.2.1. Temperatura, Corrente, Salinità	22
5.2.2. Caratterizzazione Ambientale	23
6. RAPPRESENTAZIONE DELLE SORGENTI	26
7. RISULTATI	29
7.1. Circolazione.....	29
7.2. Temperatura	35
7.3. Delta termico	38

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
3 di 41

PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il Progetto Olbia LNG – EnerClima 2050 prevede la realizzazione nella zona industriale di Cala Saccaia (Consorzio CIPNES) di Olbia, in Sardegna, di un Terminale Costiero di metano liquido (LNG), di una Centrale Elettrica a metano (CCPP) e di un sistema dimostrativo di “Ciclo del Carbonio a Impatto Zero” con una coltivazione di alghe ed un bio-digestore (in grado di riciclare circa il 2% della potenzialità totale richiesta, pari al fabbisogno energetico necessario al funzionamento del Terminale LNG) necessari ad assicurare il fabbisogno di energia per Olbia ed il territorio Nord-Est della Sardegna (Gallura), in equilibrio con il clima e a “emissioni zero” entro il 2050, a bilanciamento delle altre fonti di energia rinnovabile (FER) ed in conformità alle Normative e ai Piani Strategici Italiani ed Europei.

L’obiettivo di “neutralità ambientale” sarà raggiunto sostituendo progressivamente (e totalmente entro il 2050) LNG fossile importato con bio-metano rinnovabile, ricavato localmente dall’assorbimento ed utilizzo della CO₂, convertita e riciclata in biometano, con fotosintesi clorofilliana e metanizzazione batterica. Inoltre, si rigenera e si libera nell’atmosfera la stessa quantità di Ossigeno necessario alla combustione del metano realizzando un effettivo “impatto zero”.

Nell’ambito di tale progetto verrà realizzata una nuova centrale termoelettrica le cui esigenze di raffreddamento verranno soddisfatte anche mediante un nuovo circuito ad acqua mare.

A tal proposito, il Decreto Legislativo 152/06, impone che la temperatura dell’acqua allo scarico non superi il valore di 35°C e che l’incremento di temperatura del corpo idrico ricettore indotto dallo scarico alla distanza di mille metri dal punto di immissione non superi in nessun caso i 3°C (Tabella III, Allegato V, Parte III D.Lgs. 152/06).

Scopo del presente documento è quindi quello di dimostrare l’evoluzione del pennacchio termico e la sua estensione nello spazio, al fine di verificare il rispetto dei limiti normativi in merito al delta di temperatura tra portata scaricata e corpo idrico ricettore, attraverso un modello idrodinamico tridimensionale ad alta risoluzione, che consente di ricavare oltre i campi locali di corrente e di livello, anche quelli di temperatura.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
4 di 41

1. INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il progetto in esame risulta ubicato nel territorio comunale di Olbia (SS).

Più precisamente, esso sarà ubicato all'estremità orientale della zona industriale di Cala Saccaia (Consorzio CIPNES): il Terminale LNG occuperà la parte centrale di circa 30.000 m² accanto alla Centrale Elettrica a destra, che occuperà un'area di circa 25.700 m², ed alla Coltura di Alghe/Bio-digestore a sinistra, che occuperà un'area di circa 22.000 m².

La totalità di questa area di quasi 8 ettari costituirà il "Distretto Energia" di Olbia, essa sarà posizionata nell'entroterra e marginale rispetto agli altri insediamenti commerciali ed industriali, ma non distante dalle banchine merci del Molo Cocciani, dove attraccheranno le navi metaniere, ad una distanza di oltre 1 km dagli attracchi dei traghetti e dai transiti delle navi passeggeri, dalla città e dall'aeroporto.

Nelle figure sottostanti si riporta l'inquadramento dell'area oggetto di studio.



Figura 1: Ubicazione del sito in esame

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
5 di 41

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in esame prevede l'implementazione di una filiera per il trasporto del gas naturale liquefatto (LNG) a mezzo di navi metaniere sino al Terminale, lo stoccaggio all'interno di un serbatoio criogenico, la vaporizzazione di parte dei quantitativi ricevuti e la successiva distribuzione (sia allo stato liquido sia gassoso) come di seguito precisato:

- trasferimento in fase gassosa alla Centrale Elettrica (CCPP);
- trasferimento in fase liquida tramite autocisterne, che andranno ad approvvigionare piccoli impianti di rigassificazione per successiva distribuzione di altri centri abitati nell'area settentrionale regionale;
- trasferimento in fase liquida alle navi bettoline LNG di taglia compresa fra 1.500 e 7.500 m³.

Il Terminale avrà una potenzialità da 300.000 ton/anno di LNG/NG (fino a max. 600.000), con una capacità di stoccaggio da 40.000 m³ di LNG corrispondente ad una rotazione (turnover) dello stoccaggio ogni 2-3 settimane ed una frequenza di approvvigionamento con navi metaniere da 30.000 m³ ogni 14 giorni (7 gg max).

Durante la transizione da LNG fossile a bio-metano rinnovabile (2a fase operativa) la frequenza di arrivo delle metaniere andrà diminuendo ed aumenterà la quota di immissione in rete di biometano da biodigestori del territorio, con conseguente riduzione dei volumi di rigassificazione, aumento dei volumi di liquefazione ed utilizzo dello stoccaggio di LNG per le utenze di LNG e per il servizio di "stoccaggio strategico e pompaggio dell'energia".

Il Terminale sarà concettualmente suddiviso in aree funzionali, di seguito elencate:

- area pontile di attracco e trasferimento di LNG: comprenderà le infrastrutture e i dispositivi per l'ormeggio delle metaniere/bettoline e tutti i dispositivi e le apparecchiature necessari per il corretto trasferimento e la misurazione di LNG e del BOG (boil off gas) durante le operazioni di scarico/carico;
- area di stoccaggio di LNG, comprensiva del serbatoio e di tutti i dispositivi accessori ed ausiliari necessari alla sua corretta gestione. Inoltre, comprenderà la Sala Quadri per la supervisione e la gestione dell'impianto;
- area di carico autocisterne: comprenderà le baie di carico/raffreddamento per le autocisterne, i sistemi di misurazione del carico e tutti i sistemi ausiliari per il corretto funzionamento e gestione;
- area di vaporizzazione e gestione del BOG: comprenderà i vaporizzatori a glicole e i relativi sistemi, nonché la torcia di emergenza;
- area sistemi di gestione emergenza: comprenderà i sistemi antincendio con riserva idrica d'acqua antincendio ed il gruppo elettrogeno;
- area servizi: comprenderà i servizi tecnologici e gli edifici (magazzini, officine e uffici).

L'impianto sarà supervisionato da un'apposita Sala Quadri in prossimità del serbatoio di stoccaggio di LNG, la quale conterrà i principali sistemi di supervisione e controllo.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
6 di 41

La centrale termoelettrica sarà composta da due unità turbogas con potenza nominale ISO di ciascuna unità compresa tra 55 e 65MW, con tutti gli accessori necessari. I gas di combustione delle turbine saranno raffreddati con sistemi di recupero di calore e produzione di vapore (HRSG).

Il vapore surriscaldato prodotto a media pressione sarà laminato in una turbina a condensazione anch'essa con potenza nominale ISO compresa tra 55-65 MW.

Il raffreddamento e condensazione del vapore sarà realizzato con un circuito aperto ad acqua mare.

Tale raffreddamento è ottenuto con un ciclo aperto ad acqua mare ed una portata di circa 16.272 m³/h per limitare la differenza di temperatura dell'acqua mare ad un massimo di 5°C tra ingresso e uscita dal condensatore. I punti di prelievo e di scarico dell'acqua mare sono distanziati di oltre 1 km per evitare ricircoli ed evitare che il riscaldamento del mare ad 1 km di distanza dallo scarico superi i 3°C.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
7 di 41

3. METODOLOGIA

Come illustrato in premessa, per verificare il rispetto dei limiti normativi, imposti dal Decreto Legislativo 152/06 (temperatura dell'acqua allo scarico non superiore al valore di 35°C e un incremento di temperatura del corpo idrico ricettore indotto dallo scarico alla distanza di 1.000 m dal punto di immissione non superiore a 3°C), è stato utilizzato un **approccio modellistico**, tramite il quale è stato possibile simulare la circolazione locale e, conseguentemente, l'evoluzione del pennacchio termico e la sua estensione nello spazio.

Si riporta di seguito un estratto dei criteri per la determinazione dell'incremento termico in acque marine, conseguentemente all'immissione di scarichi ad elevata temperatura provenienti da insediamenti produttivi, nello stesso corpo idrico, definiti dell'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) all'interno de: "Metodi analitici per le acque. Volume 1. Sezione 2100_Temperatura":

"L'incremento termico viene determinato come differenza fra i valori superficiali di temperatura misurati a 1000 metri dallo scarico e quello di un punto o di una porzione di corpo idrico non influenzato dallo scarico stesso.

Ai fini della verifica dell'incremento termico procedere nel modo seguente:

- *definire la circonferenza (nel caso di scarichi attraverso condotte) o l'arco di circonferenza (nel caso di scarichi dalla costa) di raggio 1000 metri e centro nel punto corrispondente alla sezione di scarico (punto di scarico);*
- *effettuare le misure di temperatura nello strato superficiale, alla quota di -0,1 m, ad intervalli regolari lungo la circonferenza o l'arco di circonferenza precedentemente definiti. Quanto minore è l'intervallo fra i punti, tanto più significativa è l'informazione che si ottiene; in generale è stato verificato che determinazioni effettuate ad intervalli angolari di 5° (cui corrisponde un arco di lunghezza pari a circa 90 metri) consentono di evidenziare il valore massimo di temperatura raggiunto dal corpo idrico ricevente a 1000 metri dallo scarico termico.*
- *definire un punto esterno all'arco e rappresentativo delle condizioni medie, non perturbate, del corpo ricettore. La scelta di tale punto va effettuata, caso per caso, sulla base di dati raccolti prima dell'entrata in funzione dello scarico o a scarico non in esercizio. [...]"*

Il valore di incremento termico viene stabilito per differenza tra la temperatura nel punto più caldo e la temperatura di una porzione di corpo idrico non influenzata dallo scarico.

Al fine di quantificare le differenze di temperatura indotte dallo scarico del circuito di raffreddamento della centrale termoelettrica in conformità alle modalità che regolano il monitoraggio e la verifica in campo sopra richiamate, si è pertanto proceduto a simulare due periodi rappresentativi di differente livello di idrodinamismo e di differenti profili di stratificazione della colonna d'acqua (condizione estiva ed invernale), sia in presenza che in assenza dello scarico. La rappresentatività dei due periodi selezionati è stata garantita dall'analisi di diversi anni di dati meteomarini (Capitolo 4).

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica	DATA Dicembre 2021	PROGETTO 21520I	PAGINA 8 di 41
-------------------	-----------------------	--------------------	-------------------

I risultati sono stati quindi analizzati lungo la semi circonferenza avente raggio 1000 m e centro in corrispondenza dello scarico, in un numero di punti posti a distanza di 5° l'uno dall'altro in conformità a quanto evidenziato in precedenza.

Relativamente alle caratteristiche dello scarico, in termini di portata e delta termico in uscita, sono stati utilizzati i dati progettuali forniti dalla committente (come descritto al Capitolo 6).

Per quanto concerne la dispersione in mare delle acque di raffreddamento di impianti produttivi, questa è condizionata sia dalle caratteristiche del rilascio, sia dalle condizioni ambientali del corpo idrico ricettore.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali, si può in generale affermare che i fattori principali che intervengono nella dispersione a mare del pennacchio termico sono la circolazione locale delle correnti e le condizioni di stratificazione della colonna d'acqua dovute alla salinità e soprattutto alla temperatura (stratificazione termoalina). A loro volta, le correnti possono essere indotte dal vento, dalla marea, dal moto ondoso e/o essere associate al movimento di grandi masse d'acque indotte dai gradienti di densità (circolazione "baroclina").

Per simulare al meglio la circolazione locale e l'andamento della circolazione "baroclina", in assenza di dati puntuali sul dominio di interesse per il caso in esame, i dati di input (distribuzione della temperatura e della salinità, correnti e maree), sono stati ricavati dal modello di circolazione del Mare Mediterraneo disponibile nell'ambito del Servizio Europeo CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service). A partire da tali dati e considerando gli effetti della batimetria locale e dello scarico, è stato predisposto un modello 3D locale ad alta risoluzione spaziale.

Per lo sviluppo del presente studio si è pertanto impiegato il **modello idrodinamico tridimensionale ad alta risoluzione MIKE 3 HD** di DHI, che consente di ricavare in particolare:

- campi locali di corrente e di livello,
- campi locali di temperatura.

Il modello 3D locale è stato accoppiato ad un modello atmosferico (WRF) che ha permesso di simulare correttamente anche gli scambi di calore tra l'atmosfera e la superficie marina, importanti per la corretta modellazione del profilo di temperatura della colonna d'acqua ed il vento agente sul dominio spaziale locale.

In definitiva, vista la conformazione del golfo di Olbia, le forzanti considerate significative per la costruzione del modello 3D locale sono state quelle del vento e delle maree (maree meteorologiche + maree astronomiche).

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
9 di 41

4. PERIODI DI RIFERIMENTO SELEZIONATI

Al fine di fornire una rappresentazione della variabilità meteo-marina, del tratto di mare oggetto della presente analisi, più aderente possibile alla realtà sono stati selezionati due periodi di riferimento reali in un arco temporale pari a **10 giorni**, allo scopo di riprodurre l'idrodinamica locale in due distinti periodi dell'anno:



Figura 2: Periodi dell'anno selezionati

Per la scelta dei periodi di riferimento è stata condotta un'analisi pluriennale dei dati riferiti ai profili di temperatura della colonna d'acqua in quanto, nel caso specifico, questa variabile svolge uno dei ruoli più rilevante nei processi di dispersione locale del pennacchio termico.

Pertanto, come si vedrà meglio nel paragrafo successivo, sono stati scelti come mesi rappresentativi del periodo estivo ed invernale rispettivamente Luglio e Gennaio.

In particolare, è condotta un'analisi a scala mensile sui 5 anni più recenti per i quali si hanno a disposizione i dati (dal 2016 al 2020) ricostruendo i profili medi di temperatura in un punto al largo del sito in studio. I profili termici mensili sui 5 anni sono poi stati confrontati con i profili termici ottenuti per i singoli mesi. Questo confronto ha permesso di individuare i **due periodi di simulazione**, uno estivo ed uno invernale, che meglio approssimano le condizioni tipiche medie. Stesso approccio per le tre decadi del mese e dell'anno individuato.

Da tale analisi, sono stati quindi definiti come rappresentativi:

- periodo di 10 giorni per il mese estivo (dal 10 Luglio 2020 al 20 Luglio 2020);
- periodo di 10 giorni per il mese invernale (dal 10 Gennaio 2020 al 20 Gennaio 2020).

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
10 di 41

4.1. Analisi della temperatura marina

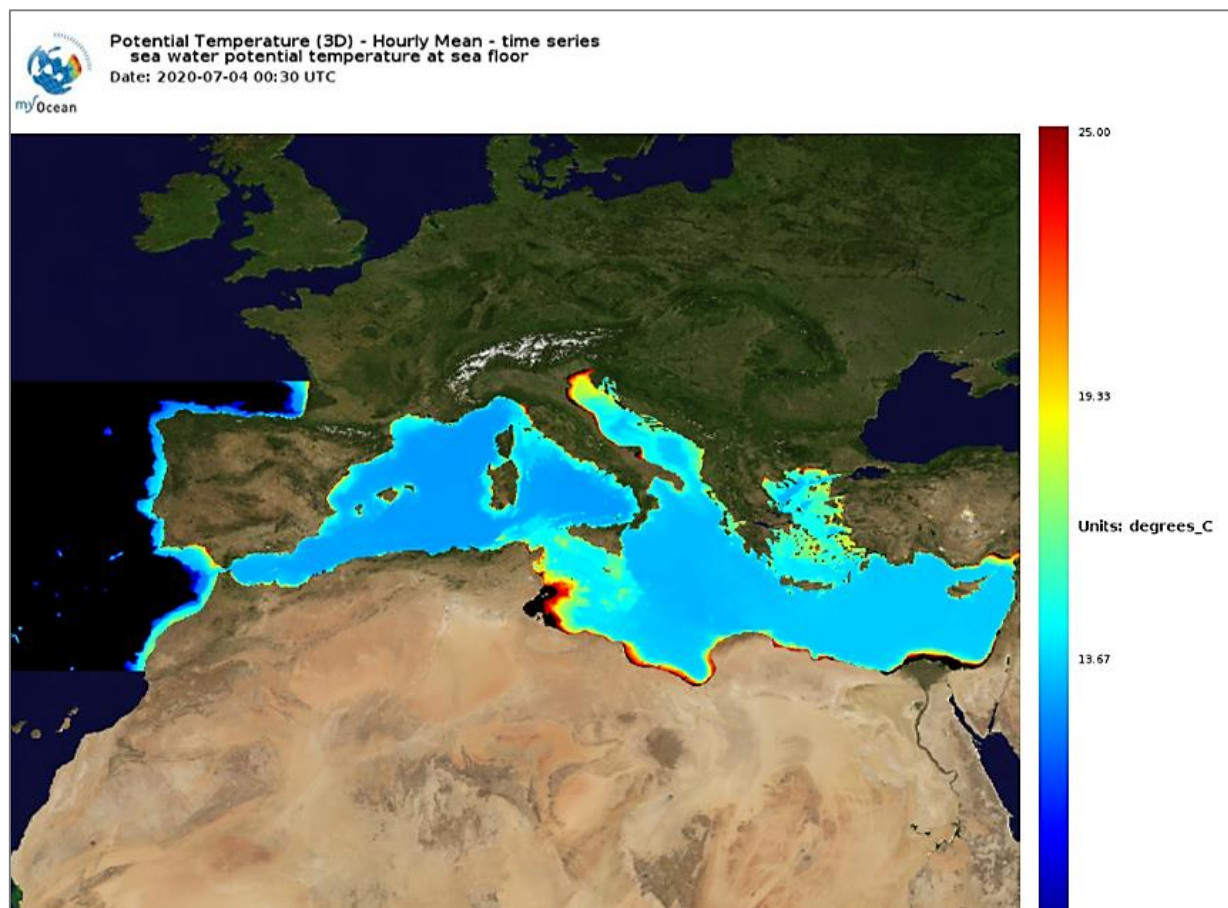
Per l'analisi della temperatura della porzione di Mar Tirreno al largo della centrale termoelettrica in progetto, come evidenziato in precedenza, sono stati utilizzati i dati provenienti dal modello di circolazione del Mar Mediterraneo disponibile nell'ambito del Servizio Europeo CMEMS.

Il modello tridimensionale di circolazione, prodotto da Copernicus per l'intero dominio del bacino del Mar Mediterraneo, fornisce i dati delle principali variabili oceanografiche, quali:

- temperatura,
- salinità,
- elevazione della superficie libera del mare,
- campi di corrente.

Le variabili fornite risultano alla risoluzione orizzontale di $1/16^\circ$ (circa 6-7 km) su 72 livelli verticali "z" posti a distanze variabili lungo la verticale.

Nella figura seguente si riporta, attraverso un esempio della distribuzione della temperatura superficiale sull'intero bacino Mediterraneo, il dominio del modello di circolazione del Mediterraneo MFS.



Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
11 di 41

Figura 3: Esempio di distribuzione della temperatura nel modello Copernicus

Si riportano di seguito i profili medi mensili per il mese invernale di Gennaio e per il mese estivo di Luglio per ciascuno degli ultimi 5 anni disponibili (2016-2020).

Il profilo verticale rappresentato con la linea tratteggiata rappresenta invece la media mensile prendendo a riferimento i 5 anni complessivi.

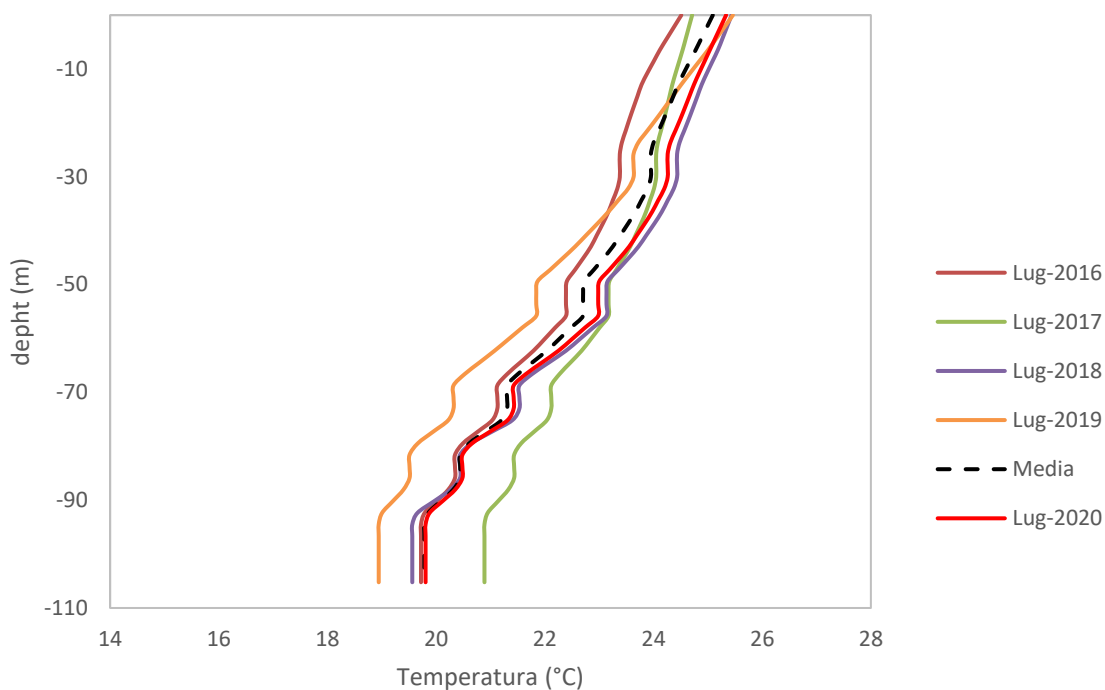


Figura 4: Profili medi mensili per i mesi di Luglio 2016-2020

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
12 di 41

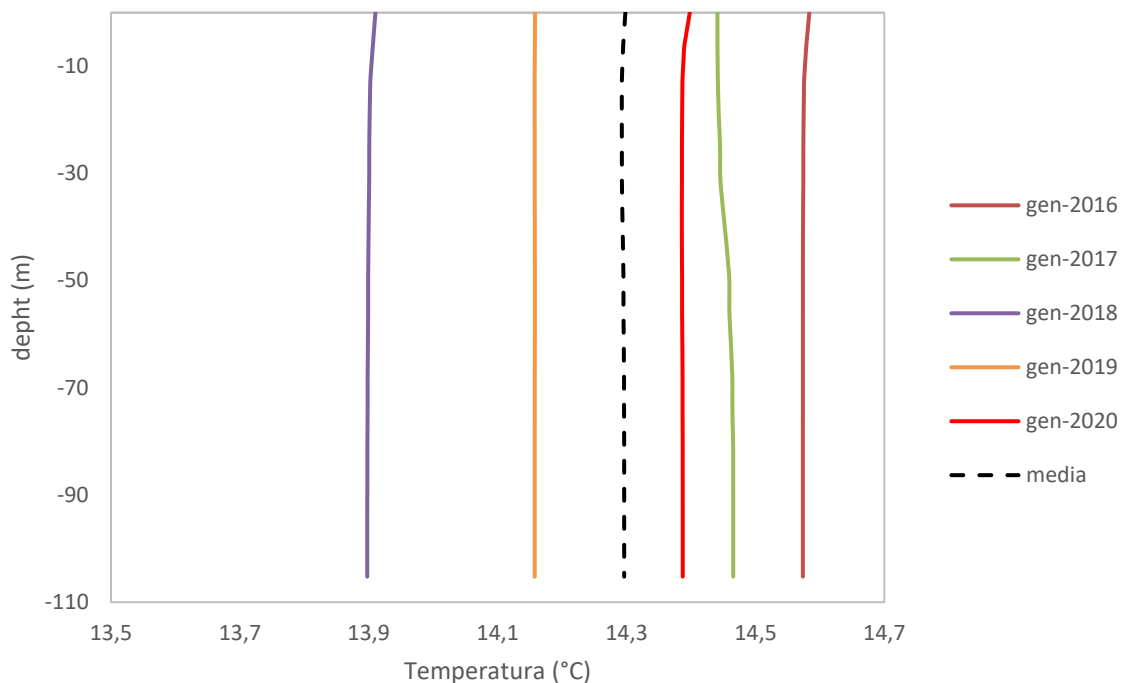


Figura 5: Profili medi mensili per i mesi di Gennaio 2016-2020

Dai grafici sopra riportati si evince quanto segue:

- una modesta stratificazione termica durante il periodo invernale: in generale la temperatura in superficie è variabile, nei diversi mesi, da 13.9°C a 14.6°C con una variazione lungo la colonna d'acqua pressoché nulla per una profondità di circa 100 m.
- significativa stratificazione termica durante il periodo estivo: nei primi 50 m dalla superficie la diminuzione della temperatura è pressoché lineare, mentre è circa nulla a partire dalla profondità di 90 m fino al fondo. In generale, la temperatura in superficie in estate varia tra 24°C e 26°C.

Di seguito si riportano invece i profili medi mensili di dettaglio per i mesi di Gennaio e Luglio 2020.

In riferimento ai due mesi selezionati è stata condotta un'analisi su 10 giorni, in modo da individuare all'interno del mese la decade maggiormente rappresentativa della stagione.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
13 di 41

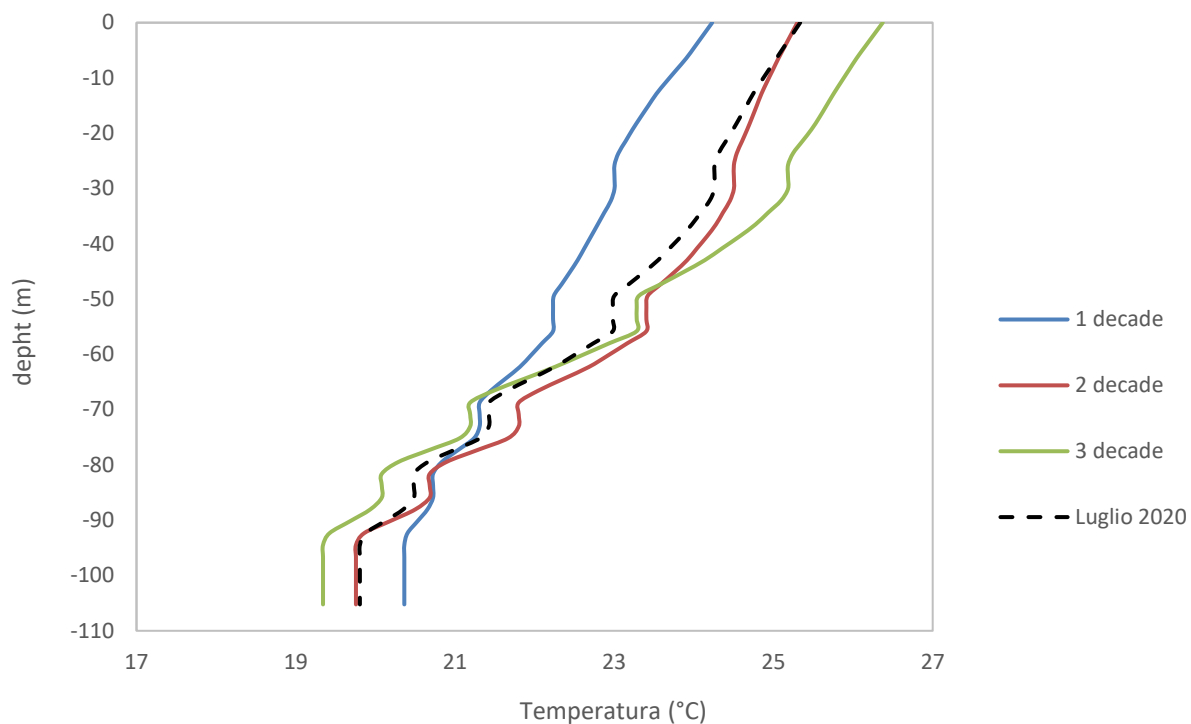


Figura 6: Profili medi mensili perle decadi del mese di Luglio 2020

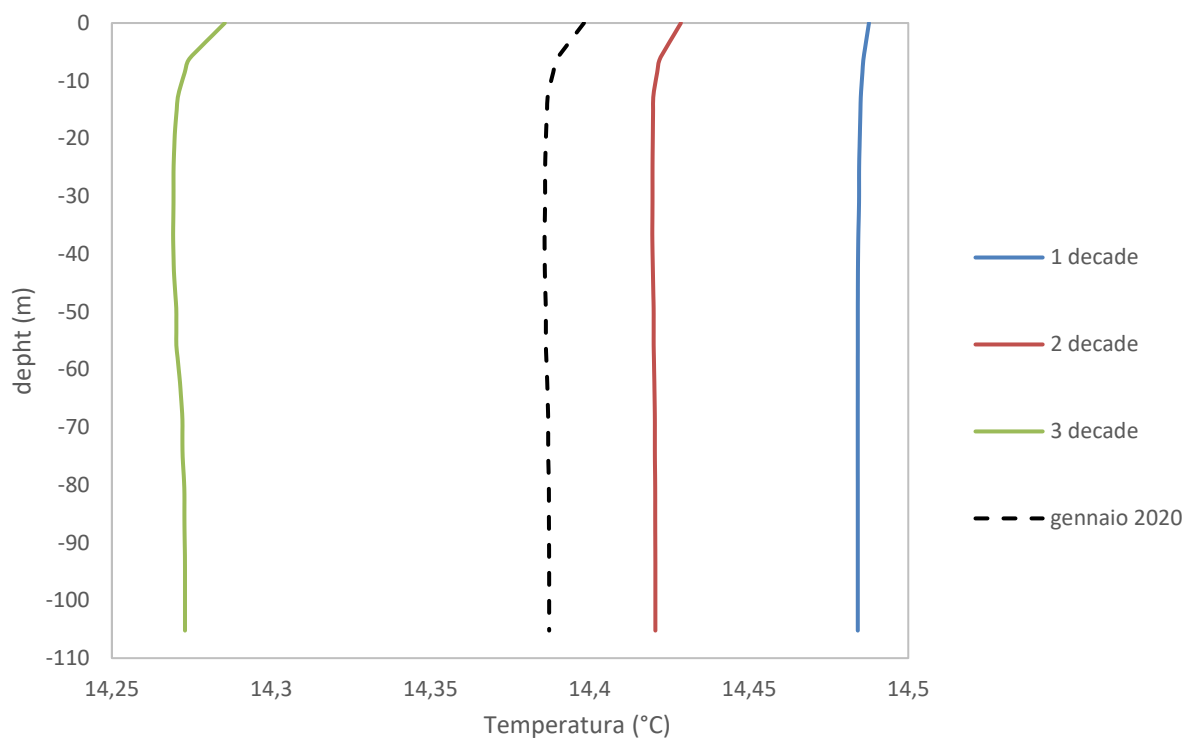


Figura 7: Profili medi mensili perle decadi del mese di Gennaio 2020

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
14 di 41

Dai grafici sopra riportati si evince che, per entrambi i periodi, la decade che può considerarsi più rappresentativa per i mesi invernali e per quelli estivi è quella centrale, quindi rispettivamente dal 10 al 20 Gennaio 2020 e dal 10 al 20 Luglio 2020.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
15 di 41

5. PREDISPOSIZIONE DEL MODELLO DI CIRCOLAZIONE 3D LOCALE AD ALTA RISOLUZIONE

Al fine di rappresentare le dinamiche che caratterizzano il sistema, in termini di velocità di corrente e distribuzione della temperatura, è stato implementato un modello numerico tridimensionale (3D) per la zona oggetto dello studio.

Il codice di calcolo utilizzato per l'implementazione del modello numerico tridimensionale (3D) per la zona oggetto dello studio è il MIKE 3 di DHI.

Il software si basa su un approccio a maglia flessibile, prevedendo possibili applicazioni in mare aperto, sottocosta ed in estuari.

Il modulo idrodinamico HD simula le variazioni di livello e corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate. Il codice consente di tenere in considerazione tutti i fenomeni principali che hanno influenza sull'idrodinamica degli ambienti marini: gradienti di densità (temperatura/salinità), effetto del vento, scambio termico con l'atmosfera effetto delle maree, forza di Coriolis, moto ondoso ed apporti fluviali.

Il codice si basa sulla soluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes con pressione idrostatica. Il modello risolve le equazioni di continuità, quantità di moto, temperatura, salinità e densità, con quest'ultima che non dipende dalla pressione, ma dai gradienti di temperatura e salinità.

Relativamente alle tecniche di risoluzione numerica, MIKE 3 utilizza un metodo ai volumi finiti per la discretizzazione delle equazioni di flusso e trasporto con valori centrati sul singolo elemento. Il dominio spaziale è discretizzato tramite la suddivisione del continuo in elementi non sovrapposti:

- in orizzontale mediante una maglia non strutturata costituita da triangoli (mesh),
- in verticale si può utilizzare sia l'approccio di discretizzazione della colonna d'acqua secondo:
 - solo layers "sigma": layers di spessore variabile in funzione della profondità locale
 - approccio combinato layers "sigma" e layers "zeta": si prevede l'utilizzo di layers orizzontali di spessore non dipendente dalla profondità locale.

5.1. Dominio di calcolo

Nei paragrafi successivi vengono descritte le principali caratteristiche utilizzate per la costruzione del dominio di calcolo, quali:

- dati batimetrici,
- estensione e risoluzione.

Si ricorda che, allo scopo di rappresentare correttamente i flussi legati alla circolazione partendo, come detto in precedenza, delle condizioni al contorno ricavate dal modello Copernicus, è stato scelto di considerare

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
16 di 41

un'estensione del dominio di calcolo maggiore rispetto a quella direttamente interessata dal pennacchio termico generato dallo scarico.

5.1.1. Dati Batimetrici

Al fine di ricostruire in maniera aggiornata la batimetria locale, oltre ai dati ottenuti mediante digitalizzazione della cartografia nautica disponibile, è stata considerata la profondità aggiuntiva ottenuta da interventi di dragaggio recentemente effettuati nel tratto di mare prospiciente la banchina merci del Molo Cocciani (si veda area in bianco di figura seguente).

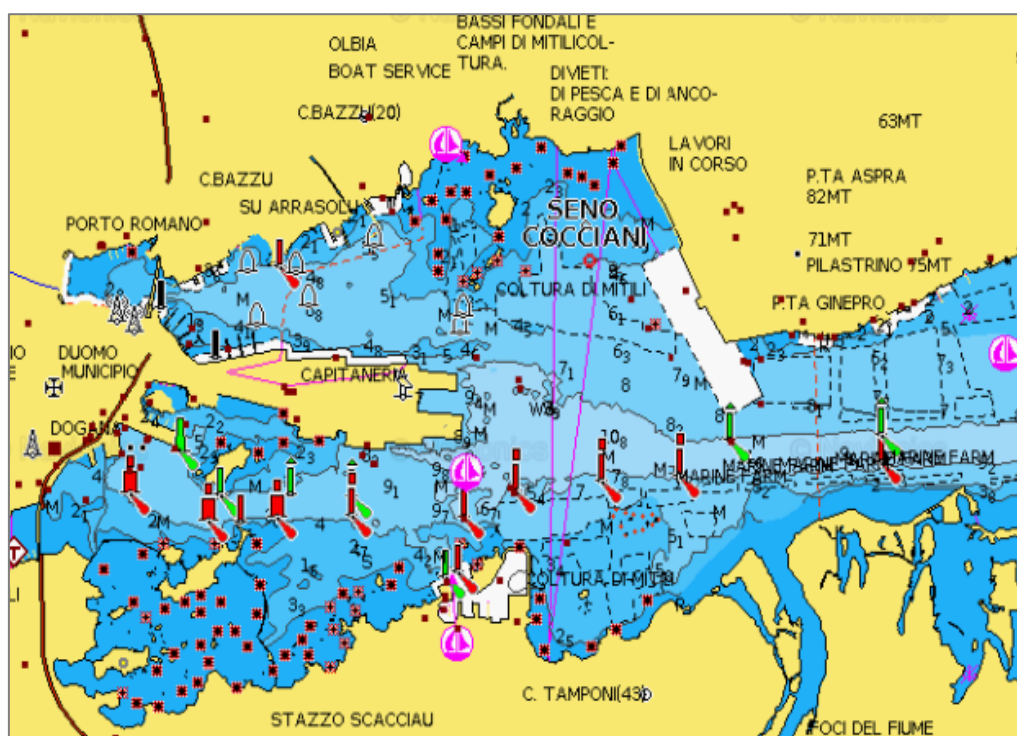


Figura 8: Estratto della cartografia elettronica nautica prodotta da Navionics

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
17 di 41

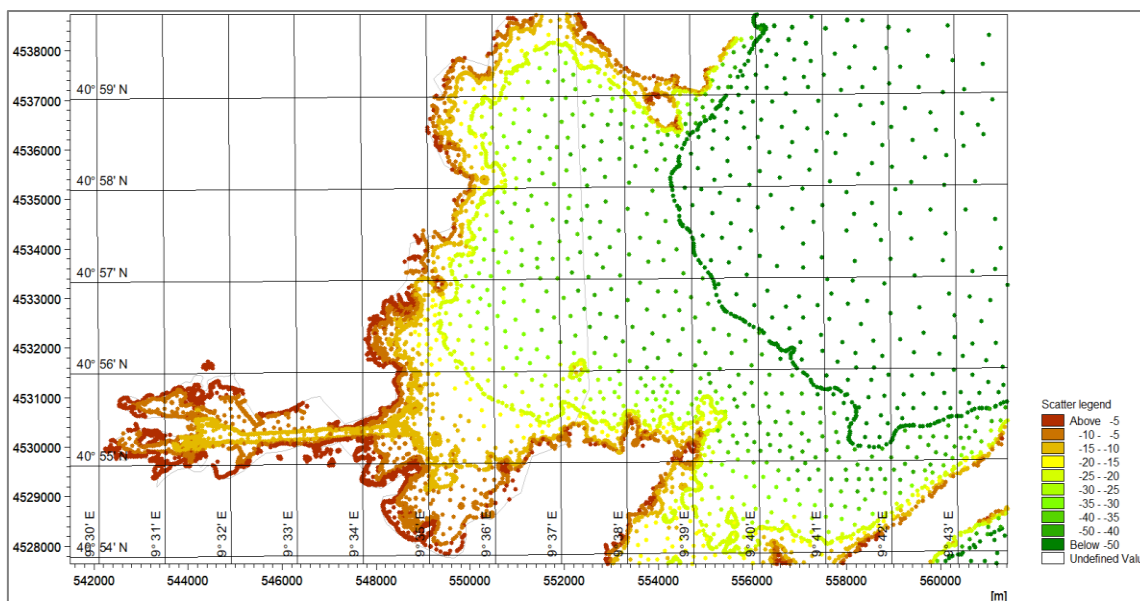


Figura 9: Dati di batimetria inseriti nel modello di calcolo

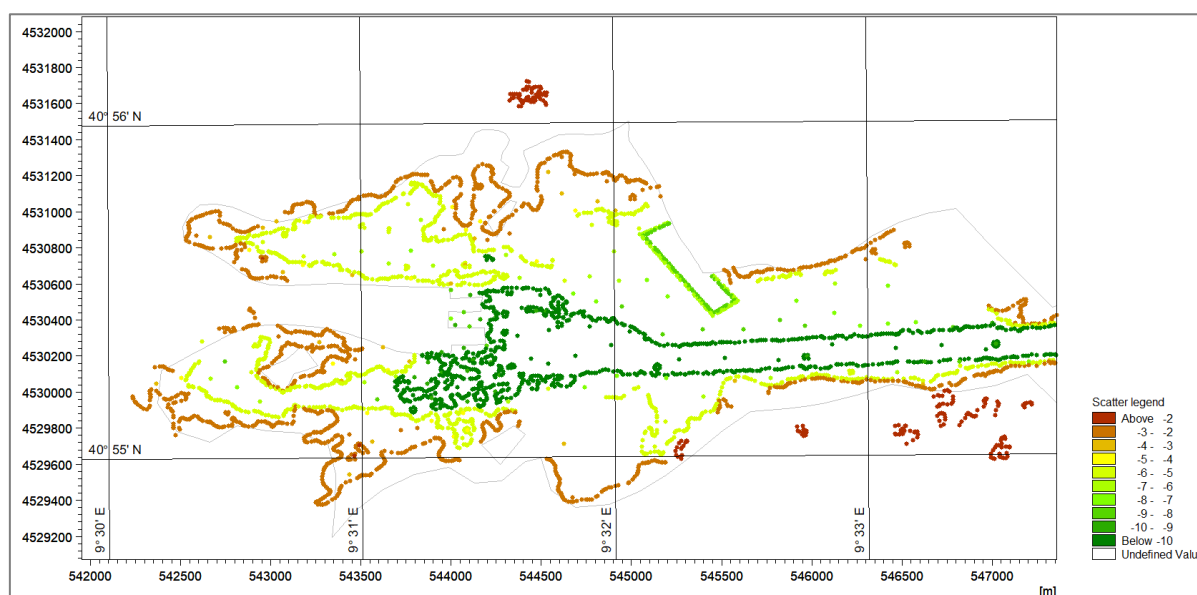


Figura 10: Ingrandimento con riferimento al bacino di Olbia - Dati C di batimetria inseriti nel modello di calcolo

5.1.2. Estensione e risoluzione

Il dominio di calcolo è stato costruito considerando interamente il golfo di Olbia ed anche una porzione di mare aperto, fino approssimativamente all'altezza del golfo degli Aranci, arrivando ad una profondità di circa 50 m.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
18 di 41

Dal punto di vista della risoluzione spaziale, legata alla lunghezza media dei triangoli costituenti la mesh, essa è pari a circa 850 m lungo i contorni offshore del dominio dove sono applicate le condizioni al contorno e quelle idrodinamiche estratte dal modello ad ampia scala disponibile tramite il Servizio CMEMS di Copernicus.

All'interno del dominio di calcolo, la risoluzione della griglia la risoluzione diventa gradualmente più fine passando da mare aperto ai punti di presa/scarico (fino a valori di circa 5 m in corrispondenza della presa e dello scarico). La zona racchiusa dall'arco a 1000 m dallo scarico è compresa in aree avente una risoluzione da circa 15 m a 45 m. La batimetria è stata costruita utilizzando i dati descritti nel paragrafo precedente.

Il risultato finale del processamento di tali dati è mostrato a seguire.

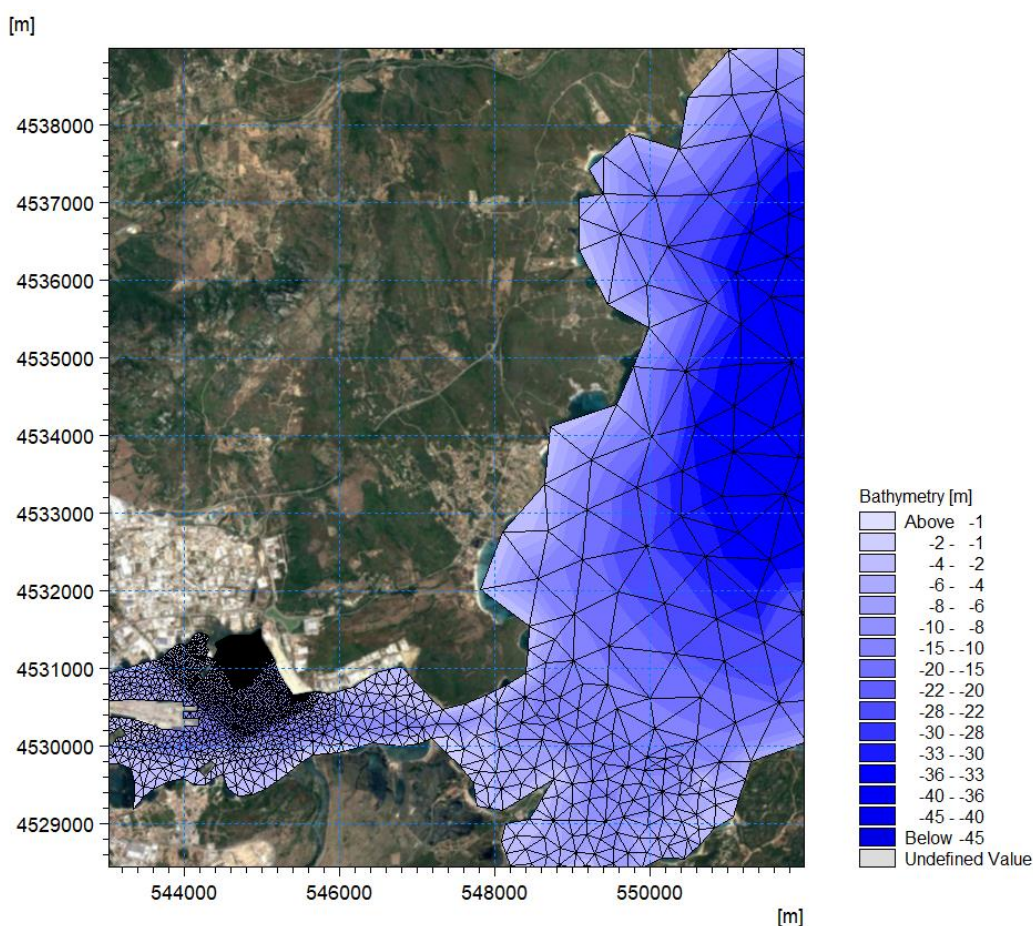


Figura 11: Risoluzione del Dominio di Calcolo

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
19 di 41

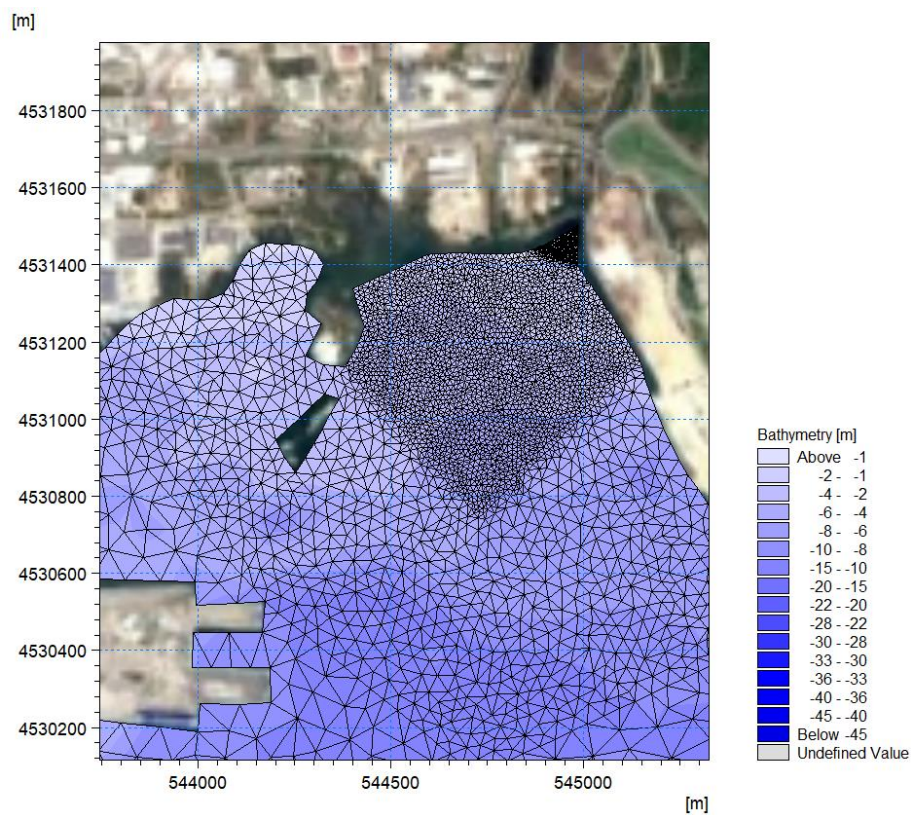
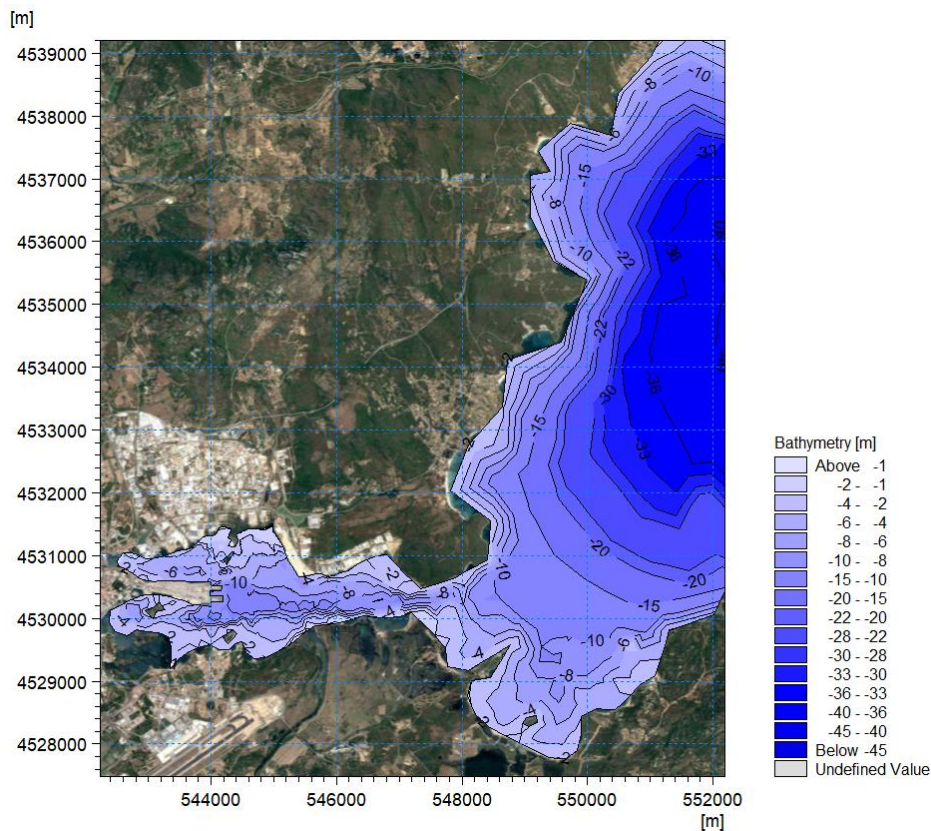


Figura 12: Ingrandimento con riferimento al bacino di Olbia - Risoluzione del Dominio di Calcolo



Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
20 di 41

Figura 13: Linee di livello Batimetria

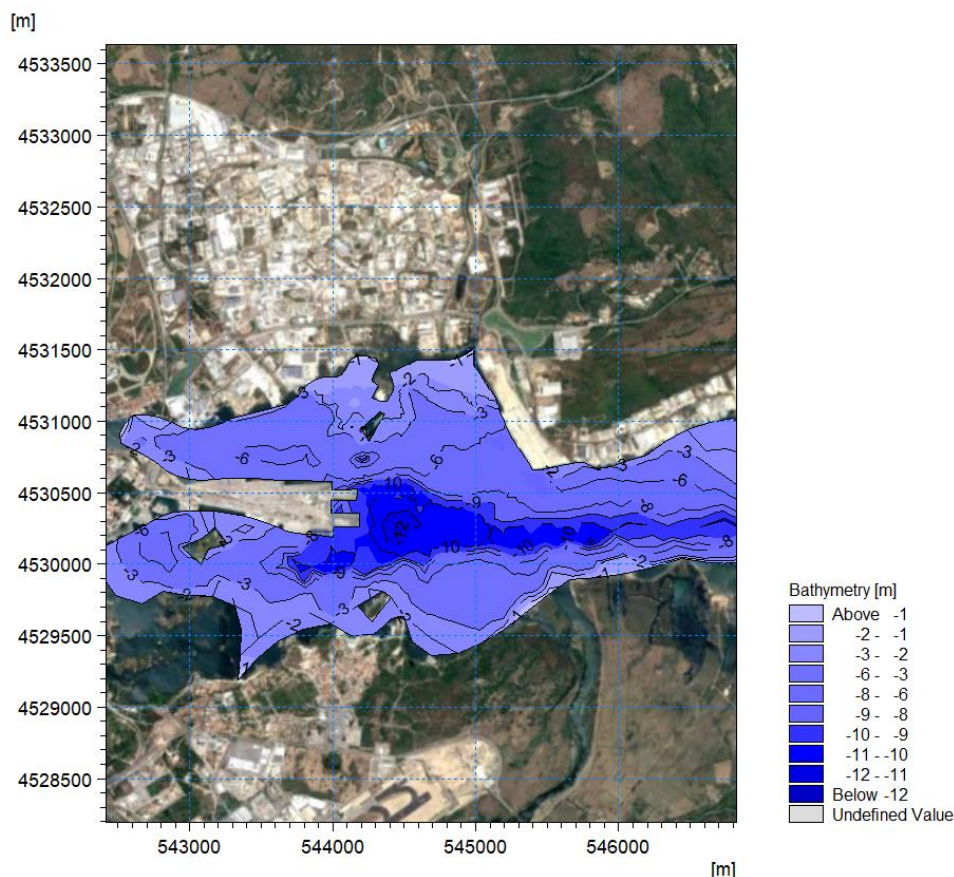


Figura 14: Ingrandimento con riferimento al bacino di Olbia - Linee di livello Batimetria

Successivamente, trattandosi di un modello tridimensionale, è stata definita anche la discretizzazione della colonna d'acqua. La dimensione verticale è stata rappresentata nel modello con una discretizzazione ibrida di layers sigma-zeta, per un totale di 10 livelli (vedi figura seguente).

In particolare, fino alla profondità di 8 m, ossia per profondità che comprendono sia lo scarico che l'opera di presa, sono stati utilizzati 5 layers sigma. Per profondità superiori, la colonna d'acqua è stata discretizzata con layers di tipo z, di spessore crescente da 1.5 m (in corrispondenza della profondità di 8 m) a 10 m fino a coprire una profondità di 44 m.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
21 di 41

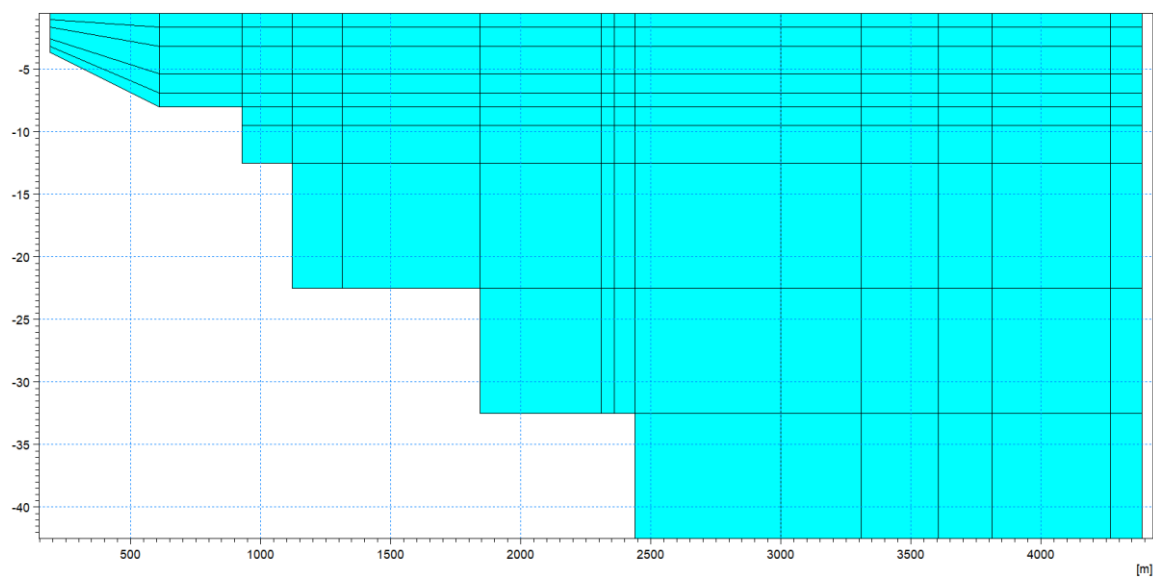


Figura 15: Discretizzazione della colonna d'acqua- Rappresentazione Layers σ -z

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
22 di 41

5.2. Input del Modello

5.2.1. Temperatura, Corrente, Salinità

Come già descritto in precedenza, le condizioni iniziali di temperatura, corrente e salinità sono state ricavate dal modello tridimensionale di circolazione del Mar Mediterraneo, disponibile dal Servizio CMENS di Copernicus.

Si sottolinea che, nel caso specifico, a causa della risoluzione della griglia del suddetto servizio, i dati delle variabili di interesse per il bacino di Olbia non erano direttamente disponibili.

Nelle figure successive si può notare infatti come la griglia non arrivi a coprire l'area del Golfo di Olbia.

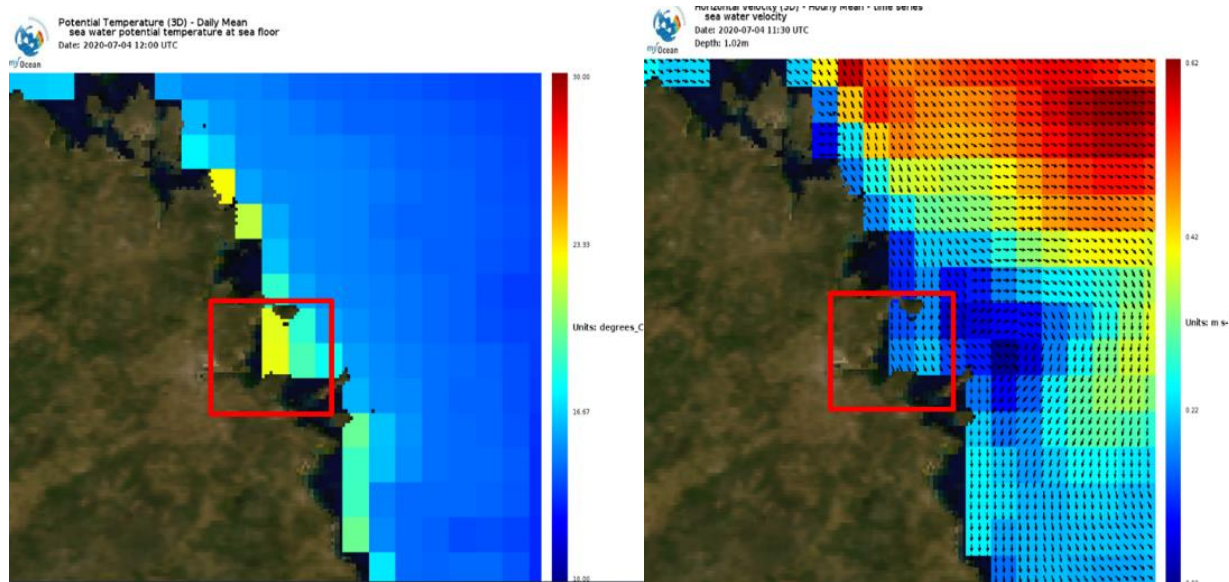


Figura 16: Rappresentazione dei dati di temperatura e di velocità del Servizio CMENS di Copernicus

Per tale ragione si è proceduto ad estrapolare i valori nelle griglie più vicine al dominio di calcolo e successivamente effettuare un'interpolazione di tali dati per descrivere al meglio la zona di interesse.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
23 di 41

5.2.2. Caratterizzazione Ambientale

Ai fini della caratterizzazione ambientale, i dati riferiti ai periodi di interesse (Gennaio 2020 e Luglio 2020) sono stati estrapolati dal modello WRF (Weather Research and Forecasting Model).

In particolare, i dati di **temperatura** dell'aria e del **vento** in termini di direzione e velocità, rivestono nel caso specifico un ruolo fondamentale in quanto lo scambio termico con l'atmosfera, oltre ad essere una condizione fondamentale per un'accurata descrizione dell'idrodinamica, rappresenta una delle principali forzanti inserita nel modello.

Nelle figure sottostanti viene rappresentato l'andamento della temperatura dell'aria e la rosa dei venti per tutto l'anno 2020.

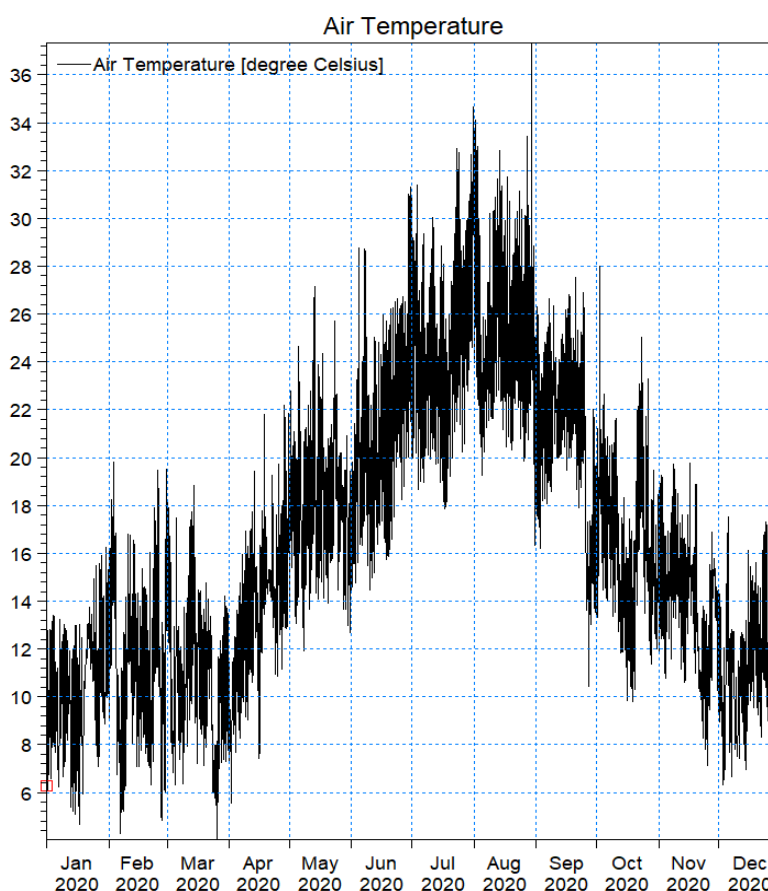


Figura 17: Andamento della temperatura dell'aria nell'anno 2020

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
24 di 41

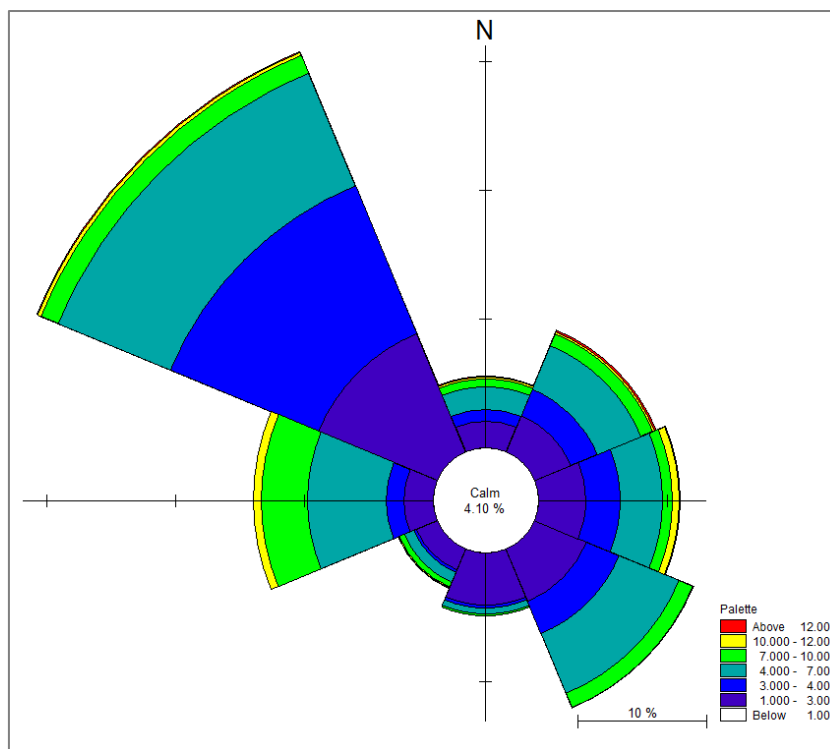


Figura 18: Rosa dei venti nell'anno 2020

Altra grandezza di interesse per il caso in esame è la **copertura nuvolosa**. Dai grafici sottostanti estratti dall'archivio meteo di MeteoBlu si può notare come per il mese di Luglio sia quasi assente, mentre per il mese di Gennaio questa rappresenta circa il 30%.

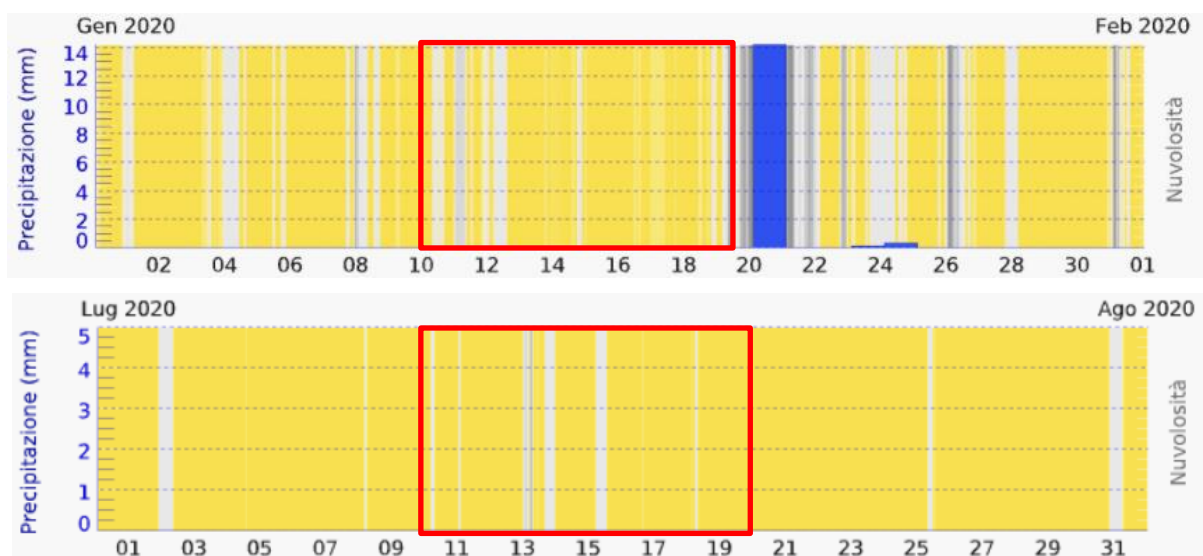


Figura 19: Rappresentazione della nuvolosità relativa al mese di Gennaio e Luglio 2020 con evidenza delle decadi di interesse

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
25 di 41

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
26 di 41

6. RAPPRESENTAZIONE DELLE SORGENTI

Nelle condizioni di progetto l'opera di presa e lo scarico sono state posizionate così come rappresentato nella figura seguente. Tramite la presa si preleva, ad una profondità di circa 7 m, una portata di acqua pari a circa $4.52 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale portata viene interamente scaricata attraverso un canale di circa 3 m di larghezza (velocità di uscita pari a circa 0.65 m/s con una differenza di temperatura rispetto a quella di prelievo pari a 5°C).



Figura 20: Estratto Satellitare con evidenza del Rio San Nicola e del Rio Padredduri adiacente al punto di scarico

Nel presente studio si evidenzia che:

- per il mese estivo, caratterizzato da nuvolosità e precipitazioni quasi assenti, è stata cautelativamente esclusa qualsiasi portata dei corsi d'acqua presenti riversata nel bacino in quanto tipicamente a regime torrentizio;
- per il periodo invernale, caratterizzato da periodi di piovosità piuttosto intensi, come mostrato nella figura sottostante, sono stati considerati i seguenti due scenari:
 - modellazione conservativa senza includere alcuna portata afferente a mare dal Rio Padredduri

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
27 di 41

- modellazione realistica considerando una portata afferente a mare dal Rio Padredduri pari a circa $2 \text{ m}^3/2$.

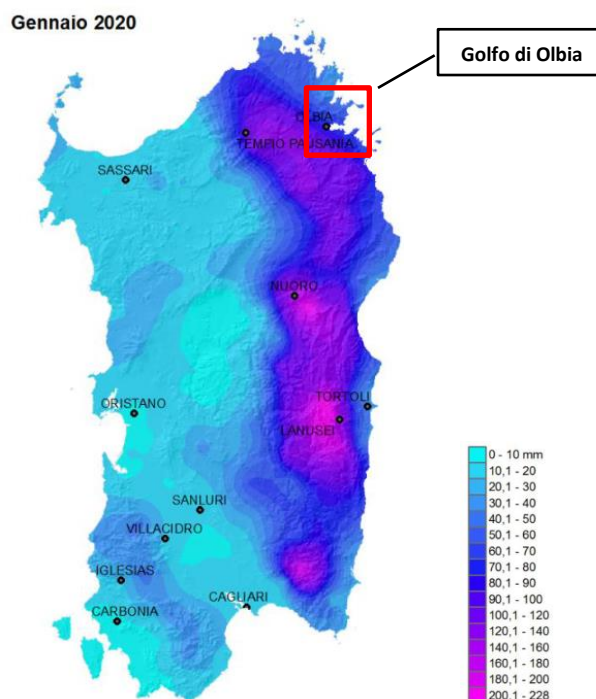


Figura 21: Valori cumulati mensili di precipitazione registrati nel mese di Gennaio 2020 (riepilogo mensile meteorologico e argometereologico del dipartimento Meteorologico della Regione Sardegna)

Per la determinazione del valore di portata sopra indicato (ca. $2 \text{ m}^3/\text{s}$), non essendo disponibile un valore direttamente misurato, sono state condotte alcune ipotesi di base, di seguito descritte.

Dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Sardegna sono stati desunti i dati di portata relativi all'adiacente Bacino del Rio San Nicola, il quale, in quanto ubicato a circa 2 km dal Rio Padredduri, può esser considerato a livello idrografico e pluviometrico come simile. La portata impiegata per le simulazioni è stata ipotizzata pari al 50% di quella relativa ad un tempo di ritorno di 2 anni, per la sezione del bacino del Rio San Nicola pari a quella del bacino del Rio Padredduri.

Nella tabella seguente si riassumono i dati di progetto delle sorgenti (scarico e presa) inserite nel modello.

Portata in/out (m^3/s)	Portata in/out (m^3/h)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Sezione del Canale (m)	Velocità di uscita (m/s)
4,52	16.272	5	3	0,65

Tabella 1: Dati di progetto sulle sorgenti

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
28 di 41

Nella figura sottostante, invece, si riporta l'indicazione geografica dei punti di scarico e della presa in progetto.

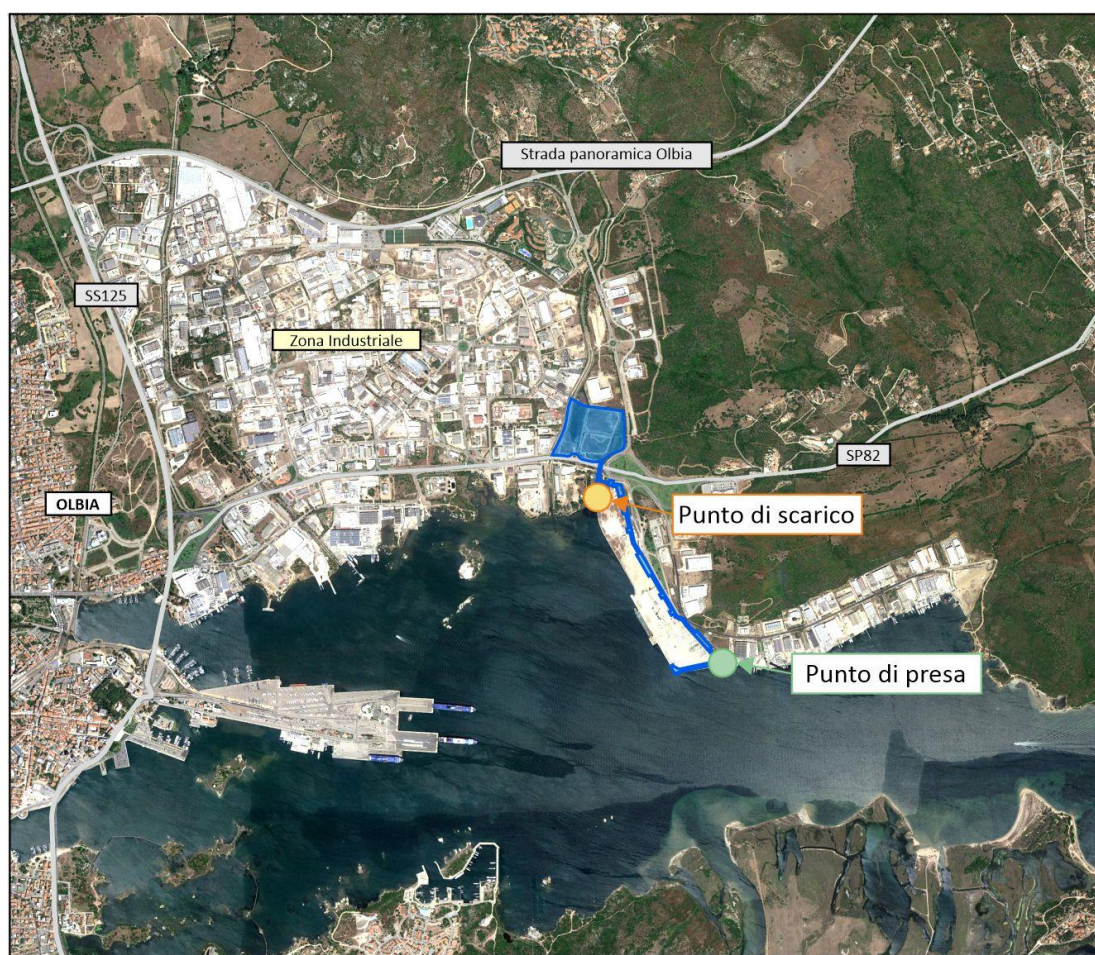


Figura 22: Indicazione geografica dei punti di scarico e presa in progetto

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
29 di 41

7. RISULTATI

7.1. Circolazione

Come anticipato, il vento rappresenta una delle forzanti principali del modello. Si nota chiaramente dalle rose dei venti rappresentate nelle figure sottostanti, che la direzione di principale provenienza è il settore nord-ovest.

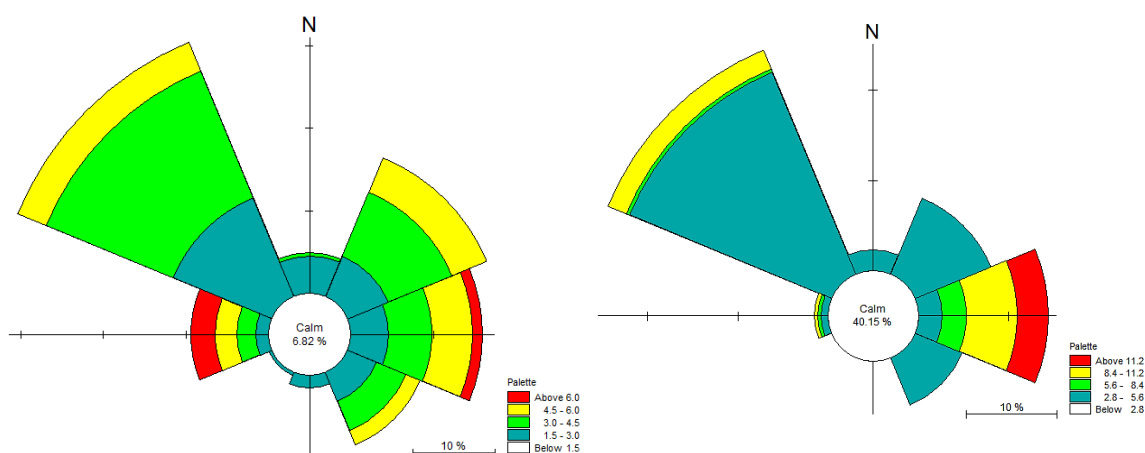
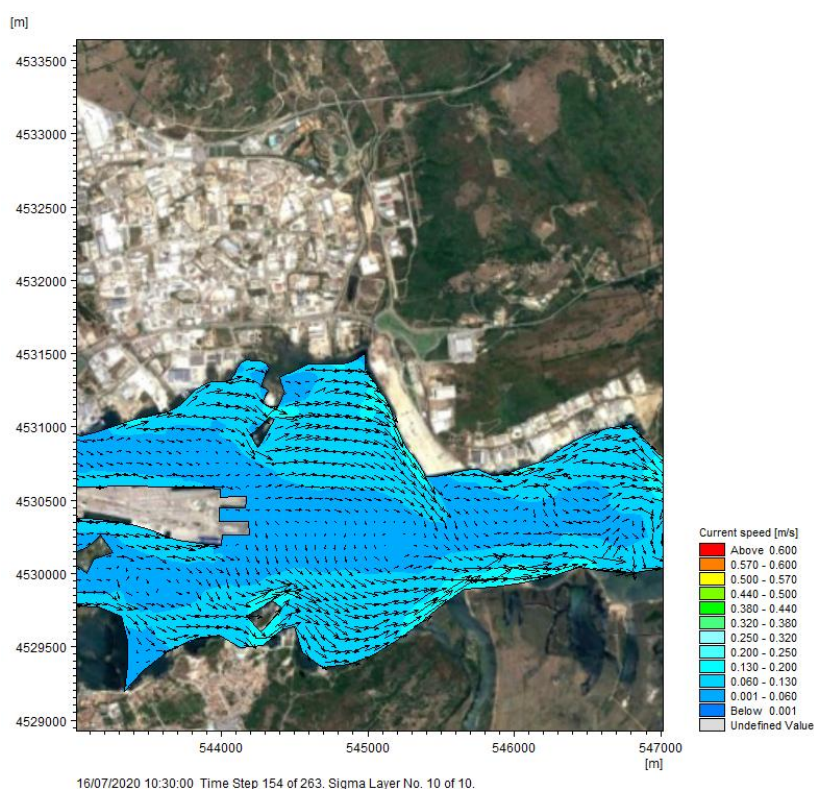


Figura 23: Rose dei Venti relative alla seconda decade di Luglio 2020, a sinistra, e Gennaio 2020, a destra



Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
30 di 41

Figura 24: Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo estivo (16.07.2020 h.10:30-provenienza del vento da Ovest) nello scenario in assenza dello scarico

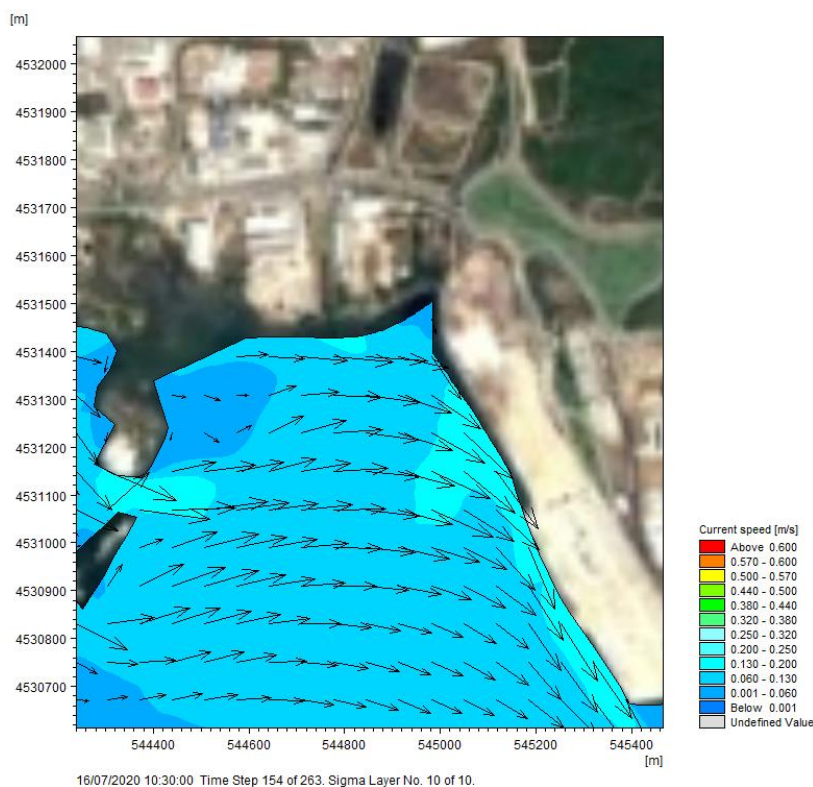


Figura 25: Dettaglio relativo alla golfo di Olbia - Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo estivo (16.07.2020 h.10:30-provenienza del vento Ovest) nello scenario in assenza dello scarico

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
31 di 41

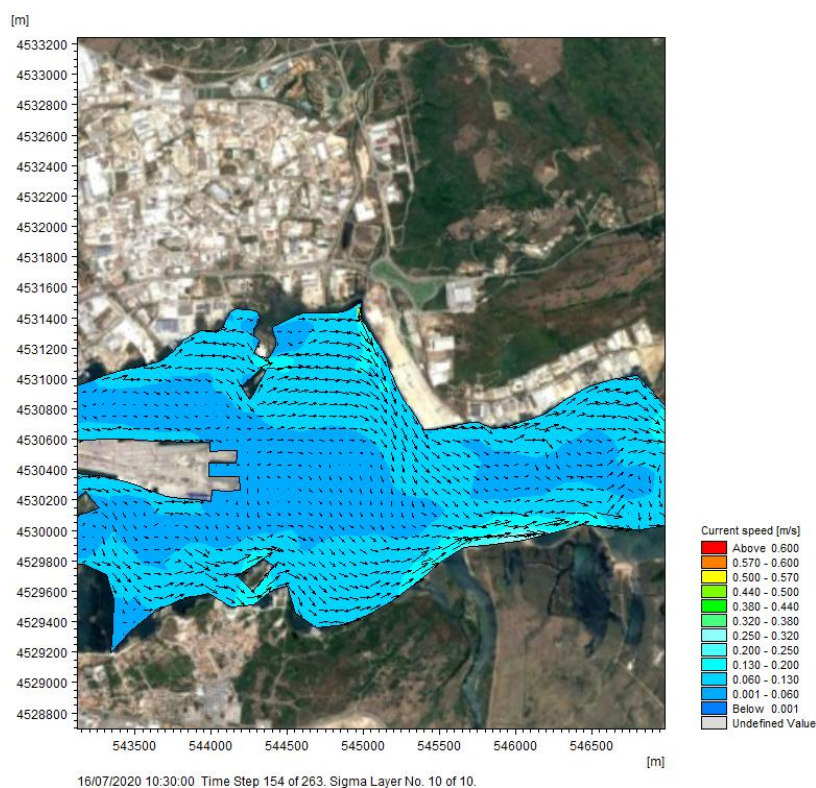
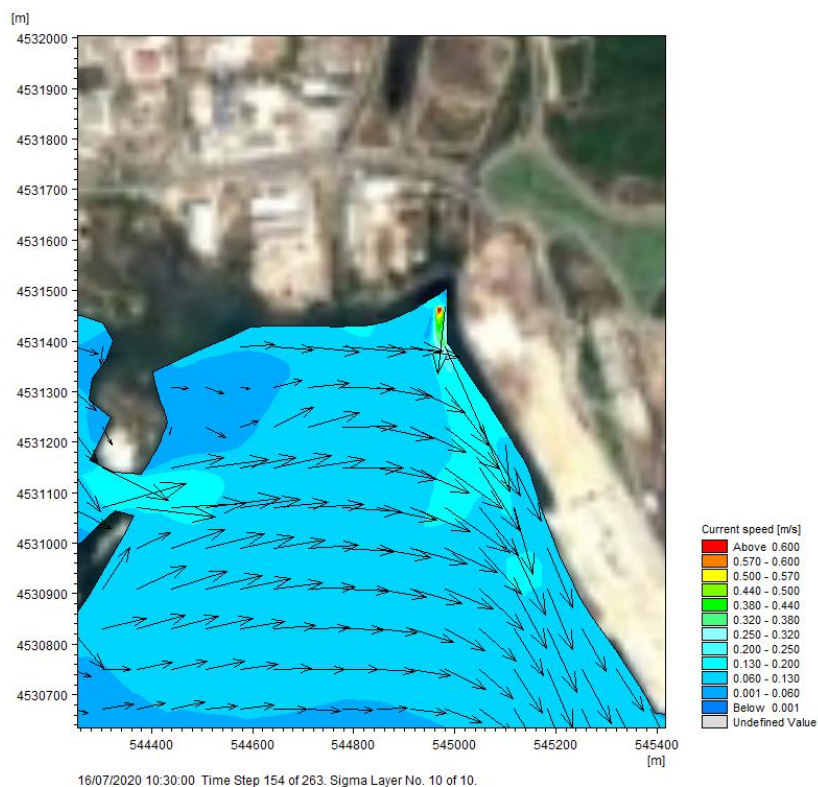


Figura 26: Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo estivo (16.07.2020 h.10:30- provenienza del vento Ovest) nello scenario in presenza dello scarico



Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
32 di 41

Figura 27: Dettaglio relativo alla golfo di Olbia- Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo estivo (16.07.2020 h.10:30- provenienza del vento Ovest) nello scenario in presenza dello scarico

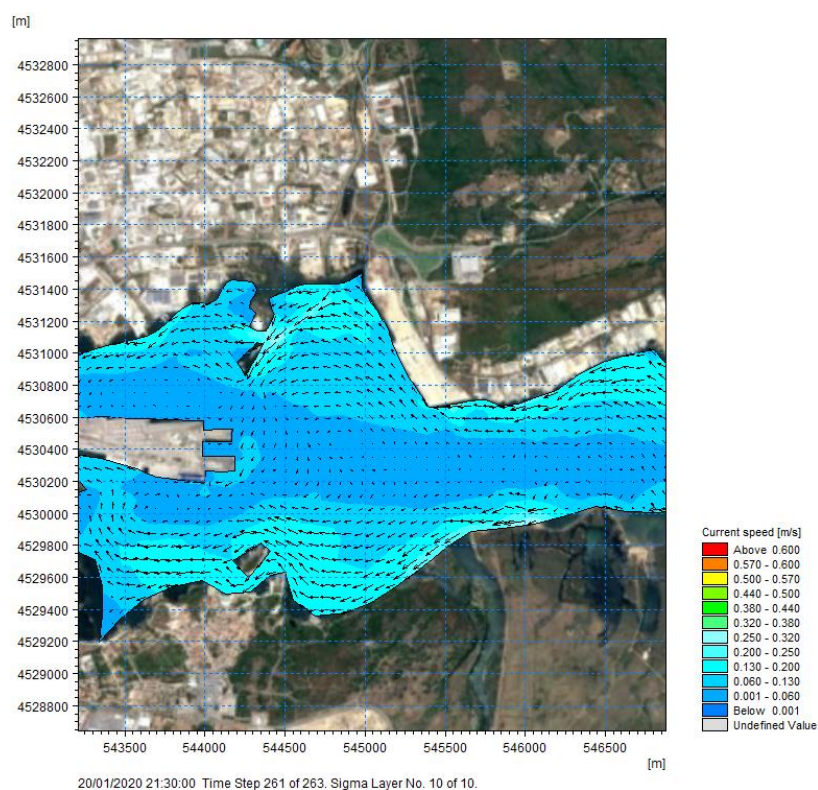


Figura 28: Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo invernale (20.01.2020 h.21:30- provenienza del vento da Est) nello scenario in assenza dello scarico

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
33 di 41

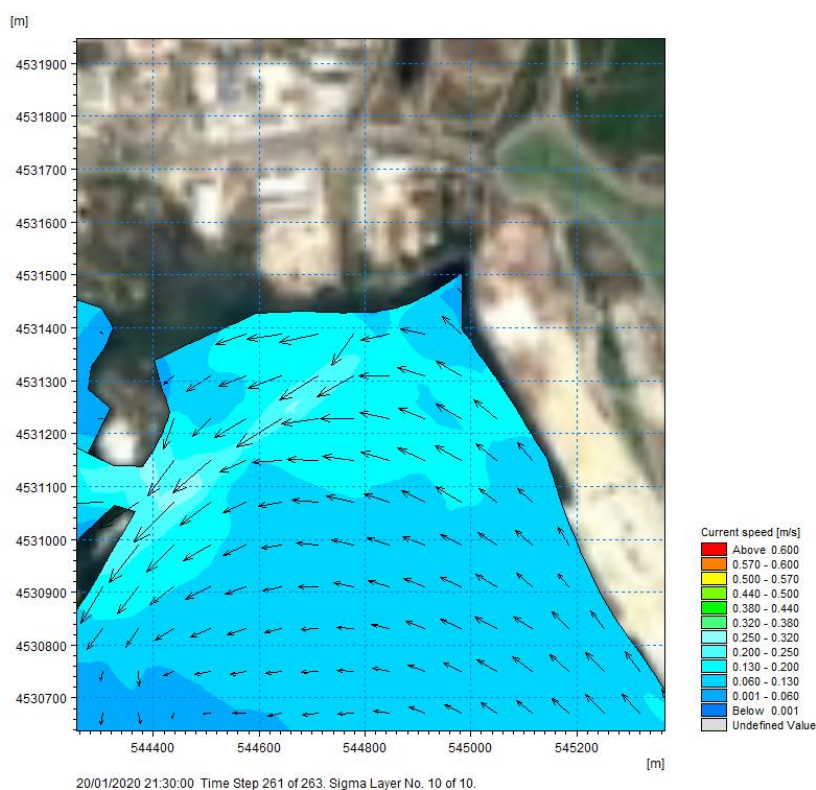
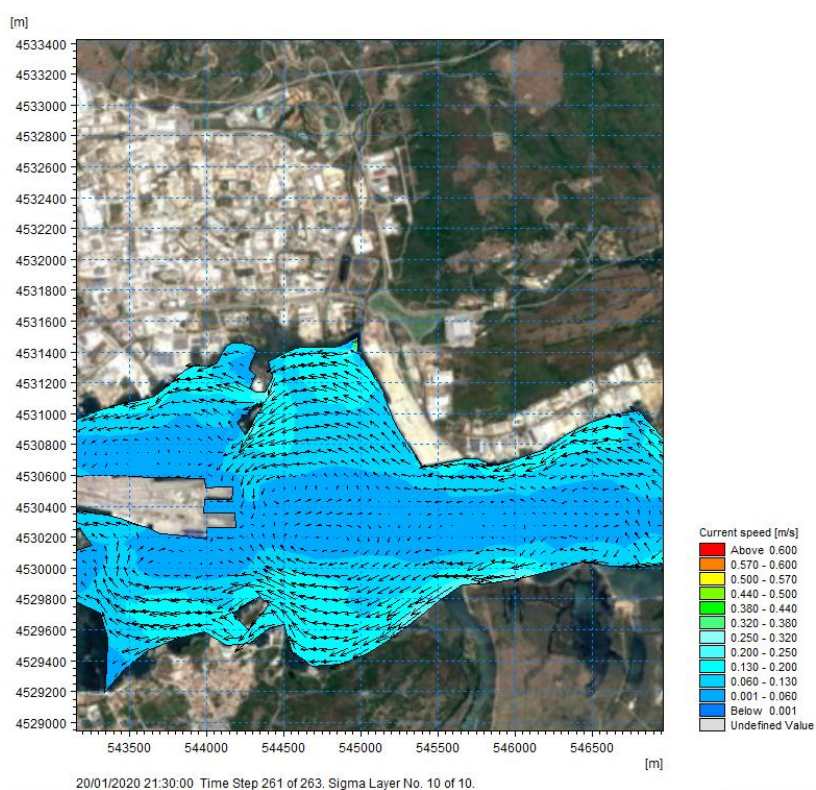


Figura 29: Dettaglio relativo alla golfo di Olbia- Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo invernale (20.01.2020 h.21:30- provenienza del vento da Est) nello scenario in assenza dello scarico



Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
34 di 41

Figura 30: Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo invernale (20.01.2020 h.21:30- provenienza del vento da Est) nello scenario in presenza dello scarico

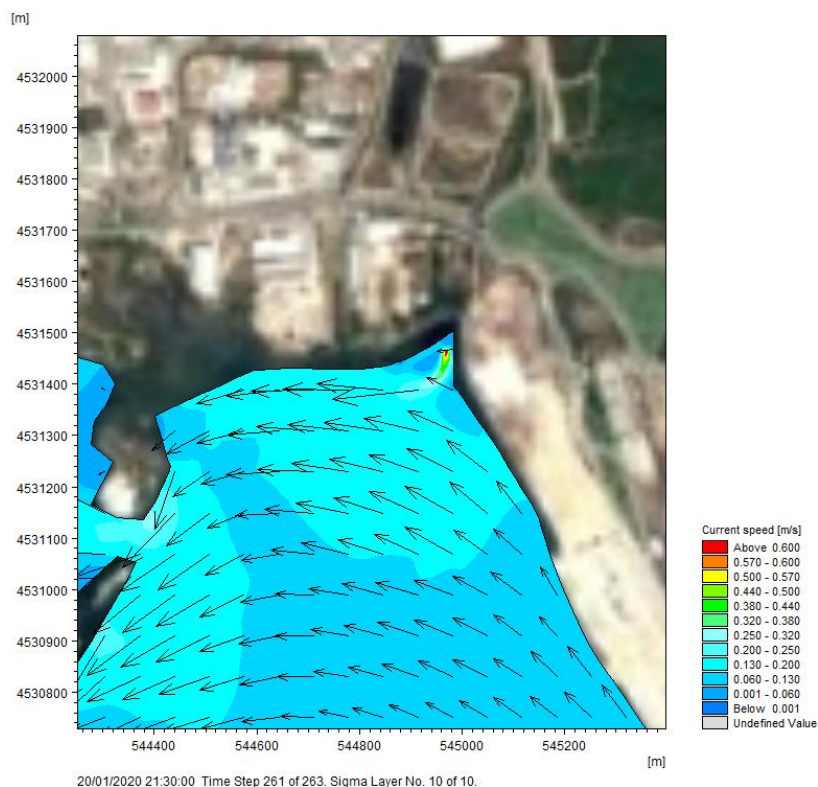


Figura 31: Dettaglio relativo alla golfo di Olbia- Mappa di velocità della corrente superficiale in un istante durante il periodo invernale (20.01.2020 h.21:30- provenienza del vento da Est) nello scenario in presenza dello scarico

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
35 di 41

7.2. Temperatura

Nelle figure sottostanti vengono riportate le mappe di temperatura superficiale raggiunta nei due periodi di analisi in presenza dello scarico. A titolo grafico viene riportato anche l'arco di circonferenza di raggio 1000 m dalla posizione dello scarico e dove successivamente si determineranno i valori di delta termico per il confronto con il valore del limite di legge.

Dai grafici si nota che la distribuzione spaziale del pennacchio risulta significativamente influenzata dalla direzione prevalente dei venti con maggiore intensità nei periodi in esame: venti provenienti da Ovest in estate e da est in inverno.

Si raggiungono delle temperature massime in prossimità dello scarico pari a circa 34°C nel periodo estivo e di 18.5°C nel periodo invernale. Entrambi i valori sono inferiori al valore di 35°C come imposto dalla normativa di settore.

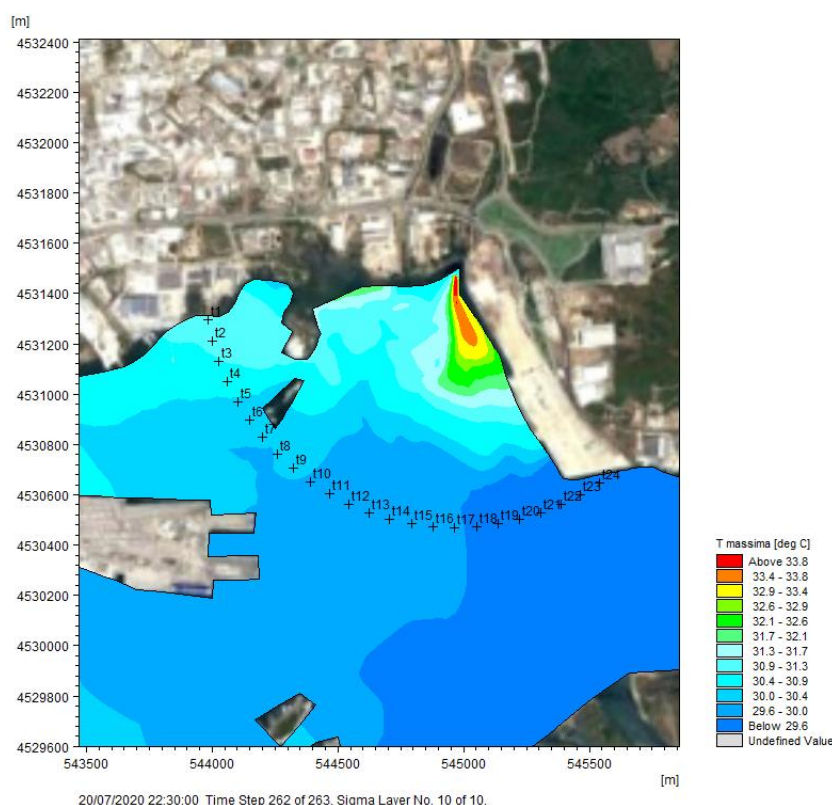


Figura 32: Mappa delle temperature massime raggiunte in superficie nel periodo estivo con lo scarico

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
36 di 41

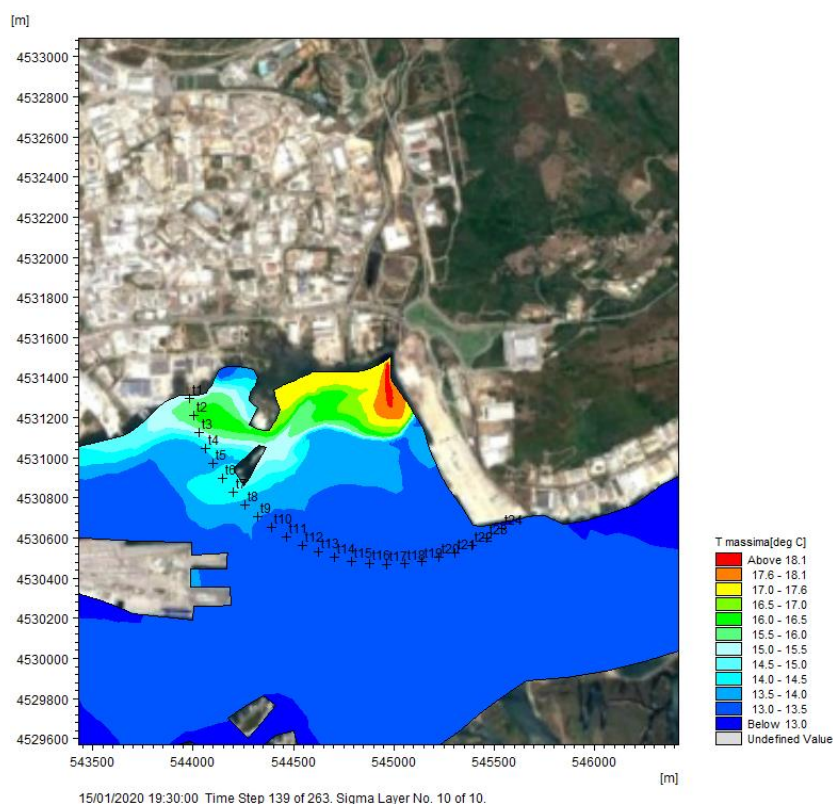


Figura 33: Mappa delle temperature massime raggiunte in superficie nel periodo invernale con lo scarico

Per comprendere meglio l'andamento delle temperature superficiali, nei grafici seguenti si riportano le serie temporali relative a due punti, uno sotto costa e uno di fronte allo scarico individuati sulla semi circonferenza con raggio 1000 m dallo scarico (rispettivamente t1 e t12) nelle situazioni di scenario con la scarico e senza scarico.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
37 di 41

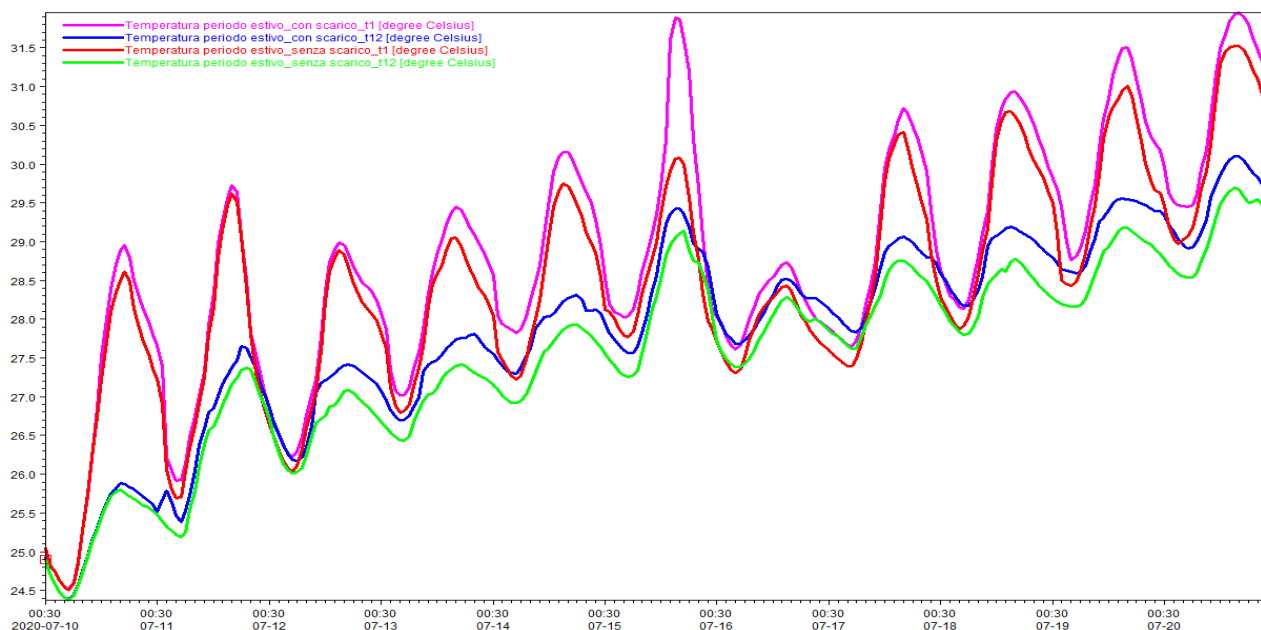


Figura 34: Andamento delle temperature superficiali nel periodo estivo nei punti t1 e t12

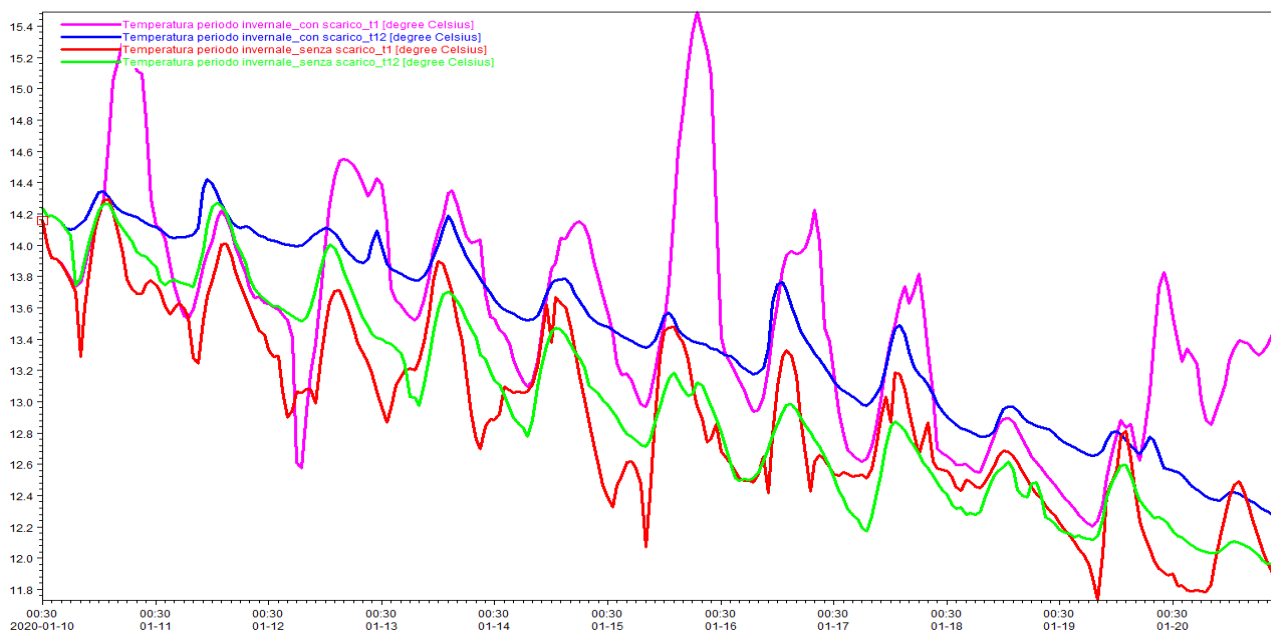


Figura 35: Andamento delle temperature superficiali nel periodo invernale nei punti t1 e t12

Dai grafici si nota come nello scenario senza scarico, relativamente al periodo estivo sottocosta (punto t1) le temperature sono più alte rispetto a quelle calcolate nel punto t12. Cosa contraria avviene nel periodo estivo dove le temperature nel punto t1 sono più basse di quelle del punto t12.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
38 di 41

7.3. Delta termico

Come illustrato nei capitoli precedenti, il delta termico, ottenuto come la differenza tra il valore di temperatura calcolato nello scenario in presenza dello scarico e quello calcolato nello scenario senza scarico, non deve superare il valore di 3°C nei punti posizionati a 1000 dal punto di immissione. Nelle figure sottostanti vengono riportati i valori massimi di delta T ricavati nei due periodi di riferimento. I punti indicati rappresentano proprio i punti che si trovano su un arco di circonferenza di raggio 1000 m e posizionati ad intervalli angolari di 5° (cui corrisponde un arco di lunghezza pari a circa 90 metri).

In riferimento al capitolo 6, nel presente studio, il delta termico massimo nel periodo invernale è stato valutato sia in presenza di una portata d'acqua uscente dal Rio Padredduri (in vicinanza del punto di scarico), sia in assenza.

Nella figura 38 viene riportata la mappa delle differenze di temperature superficiali nel periodo invernale in presenza della portata aggiuntiva fornita dal Rio Padredduri.

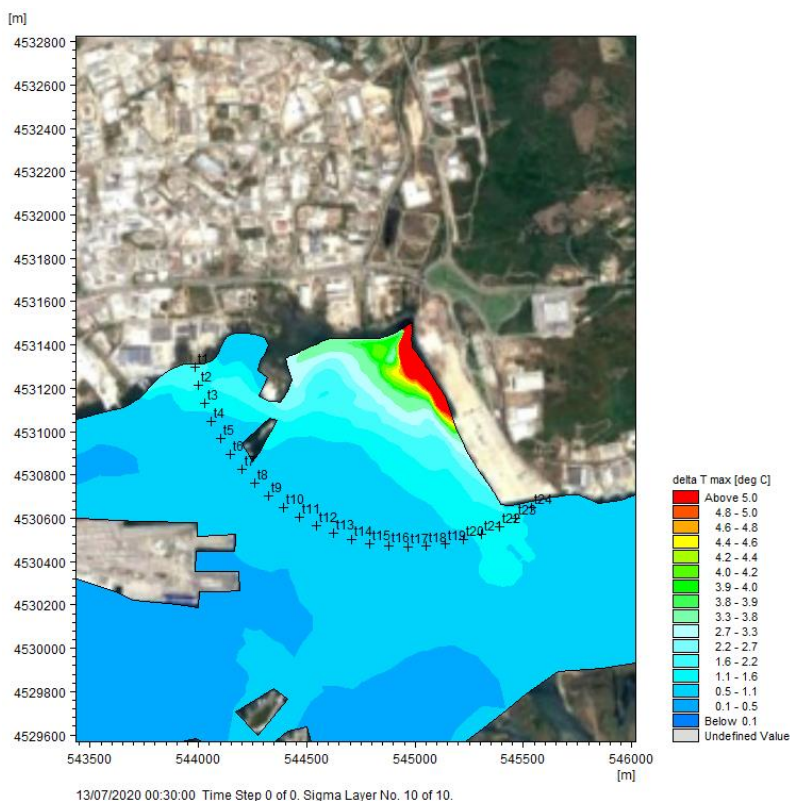


Figura 36: Mappe delle differenze massime di temperatura superficiale nel periodo estivo

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
39 di 41

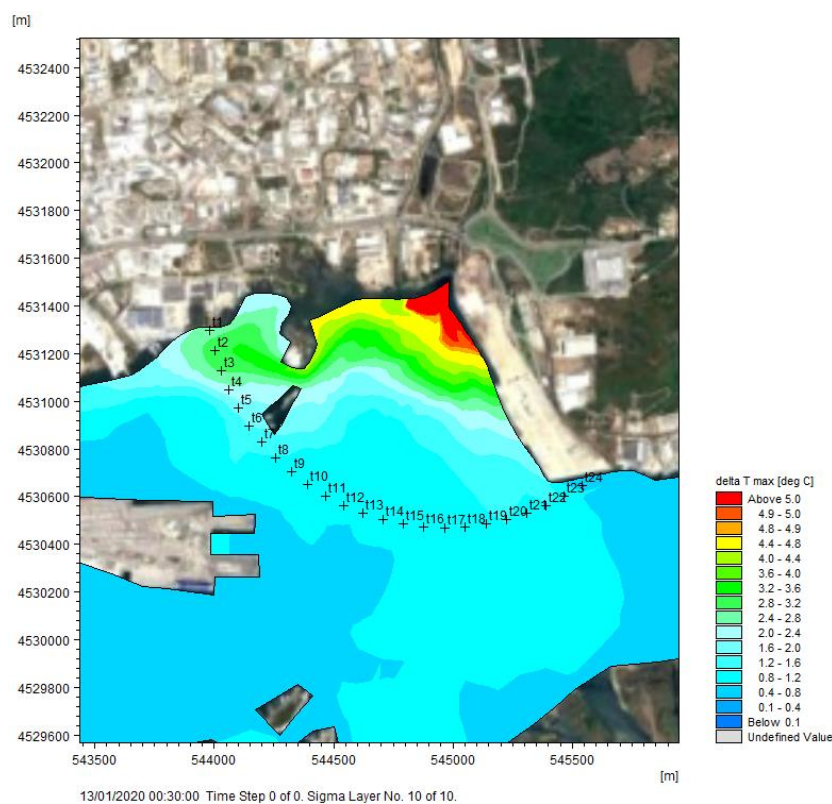


Figura 37: Mappe delle differenze massime di temperatura superficiale nel periodo invernale senza la portata del Rio Padredduri

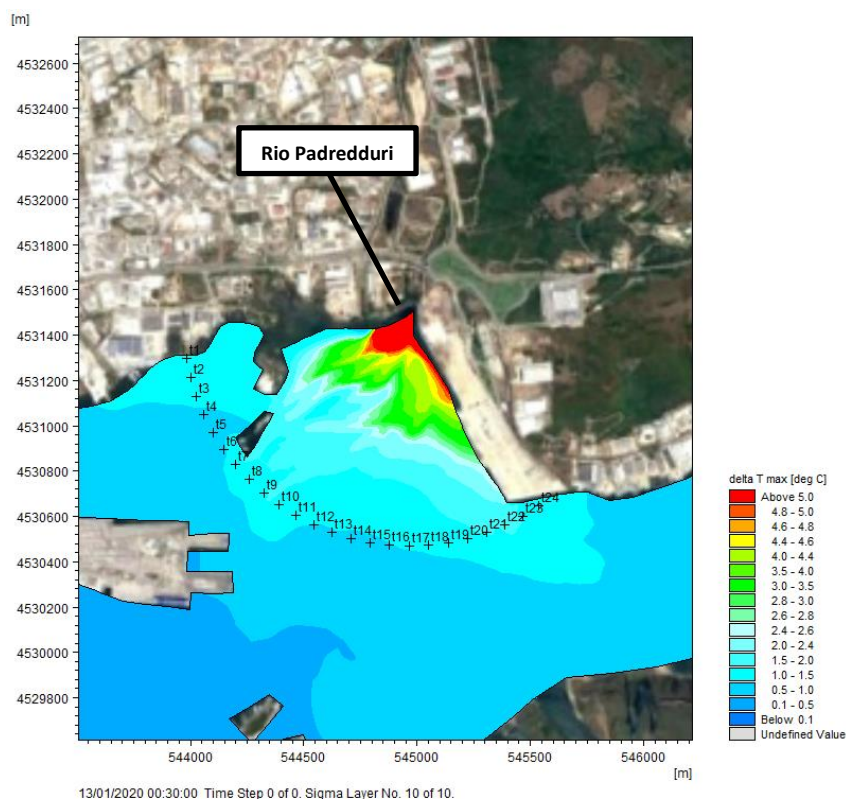


Figura 38: Mappe delle differenze massime di temperatura superficiale nel periodo invernale con il Rio Padredduri

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
40 di 41

Nella tabella seguente vengono riportati i valori di ΔT massimo e medio calcolati nei punti di analisi.

Punto	Periodo estivo		Periodo Invernale senza Rio Padredduri		Periodo Invernale con Rio Padredduri	
	ΔT max	ΔT medio	ΔT max	ΔT medio	ΔT max	ΔT medio
t1	1.95	0.39	2.52	0.67	1.15	0.27
t2	1.61	0.45	2.88	0.70	1.25	0.28
t3	1.23	0.44	2.71	0.55	1.16	0.26
t4	0.90	0.39	2.25	0.51	0.85	0.25
t5	0.89	0.37	1.72	0.49	0.66	0.24
t6	0.86	0.38	1.58	0.53	0.80	0.26
t7	0.83	0.39	1.38	0.57	1.26	0.31
t8	0.75	0.38	1.15	0.53	1.35	0.33
t9	0.67	0.36	0.93	0.46	1.57	0.35
t10	0.64	0.36	0.90	0.48	1.28	0.36
t11	0.56	0.35	0.78	0.44	0.76	0.33
t12	0.54	0.34	0.83	0.46	0.76	0.35
t13	0.55	0.33	0.73	0.45	0.64	0.35
t14	0.54	0.34	0.78	0.45	0.63	0.35
t15	0.66	0.36	0.93	0.50	0.96	0.42
t16	0.70	0.36	0.95	0.50	0.94	0.43
t17	0.72	0.38	0.96	0.48	1.03	0.46
t18	0.76	0.40	0.77	0.43	0.77	0.44
t19	0.97	0.45	1.10	0.52	1.19	0.57
t20	1.03	0.47	1.21	0.56	1.34	0.68
t21	1.20	0.49	1.13	0.55	1.51	0.76
t22	1.30	0.49	1.17	0.57	1.63	0.80
t23	1.26	0.44	0.99	0.48	1.41	0.77
t24	0.89	0.35	0.76	0.34	1.30	0.71

Tabella 2: valori di delta T massimo e medio calcolati nei punti di analisi nel periodo estivo e invernale con e senza Rio Padredduri

Come si evince dalla tabella i valori più elevati si riscontrano nei punti posizionati sottocosta. Tali valori risentono sia delle correnti più forti che spingono il plume in quella direzione e sia dal fatto che in quei punti si ha una profondità di qualche metro.

In generale, però si evidenziano dei valori medi abbastanza ridotti, questo a dimostrazione del fatto che i picchi massimi vengono raggiunti solo in limitati istanti temporali, condizionati da correnti e condizioni atmosferiche che non persistono a lungo nel tempo di analisi.

Allegato IV.2 - Studio di dispersione a mare dello scarico termico

Relazione tecnica

DATA
Dicembre 2021

PROGETTO
21520I

PAGINA
41 di 41

In conclusione i valori di ΔT risultano sempre inferiori ai limiti di legge; i valori più elevati sono rilevati nella simulazione del periodo invernale, nell'ipotesi conservativa che non considera l'apporto del Rio Padredduri, ma tale valore risulta sensibilmente ridotto quando viene considerata la portata di acqua immessa nel golfo ad opera del Rio stesso, in adiacenza al punto di scarico in progetto.