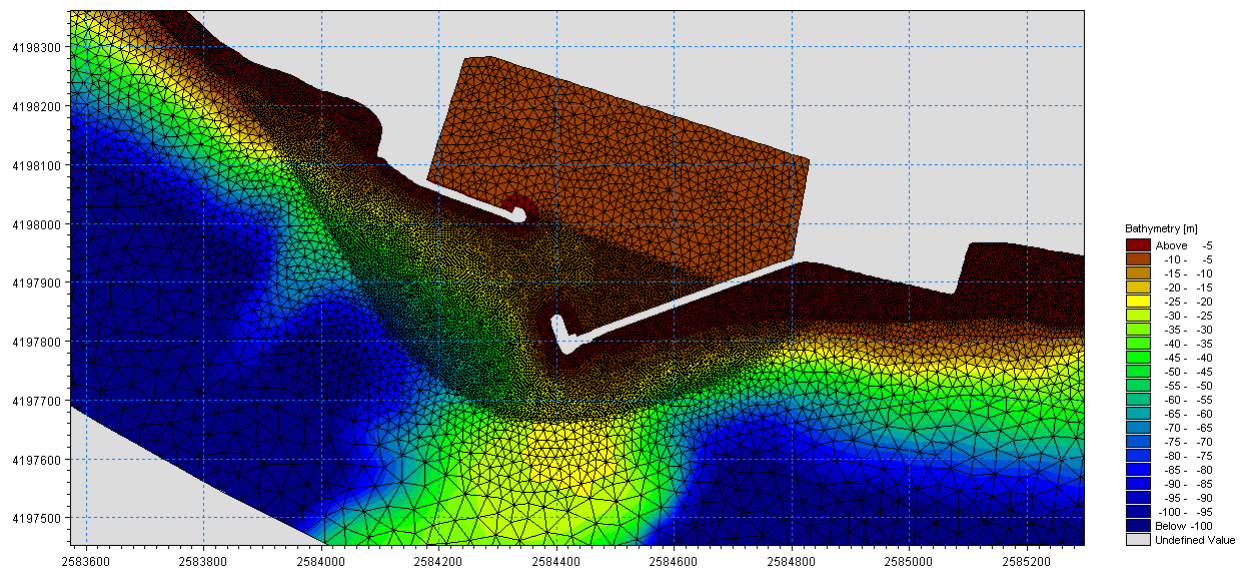


Saline Joniche

Sistemazione delle infrastrutture portuali in relazione al progetto di una centrale termoelettrica sull'area "ex Liquichimica" - approfondimenti modellistici



Committente SEI S.p.A.	Referente del committente Ing. Alberto Santillo
-------------------------------	--

Titolo progetto Approfondimenti modellistici in relazione alle dinamiche costiere presso il bacino portuale di Saline Joniche.	Codice progetto - elaborato D413-01-00102
---	--

Autori Andrea Pedroncini Alberto Luis Cusati	Data 15 Luglio 2009
	Approvato da Ing. Michele Buffo, Direttore Tecnico

2	Rapporto finale	ANP	ACR	BU	15.07.09
---	-----------------	-----	-----	----	----------

Revision	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
----------	-------------	-----------	------------	-----------	------

Parole chiave Porto di Saline Joniche Onde – correnti – trasporto costiero Bypass naturale Interventi di mitigazione	Classificazione <input type="checkbox"/> Open <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Proprietaria
--	--

Consegnato: SEI S.p.A. DHI Italia:	Ing. Alberto Santillo Luisa Di Chele	N. di copie
		1 1



INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	ANALISI DELLA DINAMICA DELLE ONDE, DELLE CORRENTI E DEL TRASPORTO LITORANEO.....	1
2.1	Costruzione del modello - batimetria di calcolo	5
2.1.1	Costruzione del modello d'onda	9
2.1.2	Risultati del modello di propagazione del moto ondoso	9
2.1.3	Costruzione del modello idrodinamico e del modello di trasporto.....	25
2.1.4	Risultati del modello idrodinamico e del modello di trasporto.....	25
2.1.5	Calcolo del bypass naturale di trasporto solido attraverso il porto	57
3	ANALISI DI IPOTESI PROGETTUALI ALTERNATIVE	59
4	MISURE DI MITIGAZIONE DEI FENOMENI EROSIVI	63
5	CONCLUSIONI.....	64

ALLEGATI

A	Descrizione del modulo MIKE 21 SW
B	Descrizione del modulo MIKE 21 HD FM
C	Descrizione del modulo MIKE 21 ST FM



1 **PREMESSA**

Le attività oggetto del presente elaborato fanno riferimento ad approfondimenti modellistici nell'ambito del progetto di adeguamento del porto di Saline Joniche, comune di Montebello Jonico (RC) in relazione alla realizzazione di una centrale termoelettrica a carbone da 2x660 MW nell'area industriale "ex Liquichimica".

In particolare, in fase di Studio di Impatto Ambientale dell'opera (SIA), sono emerse da parte del Ministero dell'Ambiente alcune richieste di integrazione allo Studio, alcune delle quali riferite all'approfondimento degli eventuali effetti indotti sul trasporto litoraneo a seguito delle modifiche previste al Porto di Saline Joniche

Con riferimento agli aspetti relativi all'Ambiente Idrico e Geomorfologia Costiera, il Ministero ha esposto le seguenti questioni qui brevemente riassunte:

"..con riferimento all'effetto sul trasporto litoraneo indotto dal porto nella sua attuale configurazione e a quello stimato a seguito della prevista risistemazione:

- 36. di modellizzare la dinamica delle correnti e del trasporto litorale nella configurazione attuale ed in quella modificata a seguito dei lavori di ripristino del porto;*
- 37. di produrre gli studi di modellazione effettuati, citati nell'Allegato C alla relazione tecnica di progetto, nei quali sono state simulate diverse configurazioni del molo foraneo;*
- 38. di realizzare studi di modellazione ad hoc, laddove non realizzati, al fine di verificare se l'adozione di soluzioni alternative alla modificazione del molo di sottoflutto possano determinare effetti benefici rispetto al ripascimento della costa a ovest del porto;*
- 39. di individuare opportune misure di mitigazione dei fenomeni erosivi e prevedere idonee misure di compensazione."*

Le attività illustrate nel seguito sono volte a fornire una risposta esauriente e tecnicamente adeguata alle richieste del Ministero.

2 **ANALISI DELLA DINAMICA DELLE ONDE, DELLE CORRENTI E DEL TRASPORTO LITORANEO**

Per il sito risulta già disponibile lo "*Studio di erosione costiera nel tratto tra Lazzaro e Mélito di Porto Salvo (RC)*", effettuato dal gruppo DHI nel 2005 per conto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Reggio C. Tale studio è stato utilizzato come base del presente elaborato e verrà indicato da qui in avanti come "*Studio 2005*".

Nell'ambito dello *Studio 2005*, a partire dai dati relativi al clima ondoso al largo, (dati del modello d'onda del Mar Mediterraneo Met-Office per una cella sufficientemente prossima al tratto di costa in esame), sono illustrati i risultati dell'applicazione del modello di trasformazione dell'onda offshore, con ricostruzione della rosa del clima ondoso caratteristico sottocosta, alla profondità di 30m circa, di fronte a nove siti distribuiti tra l'abitato di Melito di Porto Salvo e Lazzaro. Nei pressi

del porto di Saline Joniche i siti di interesse sono due, indicati con numero 5 ed il numero 6 (cfr. Figura 1 e Figura 2).



Figura 1 – Localizzazione su ortofoto dei siti di estrazione del clima ondoso sottocosta – dettaglio 1.



Figura 2 – Localizzazione su ortofoto dei siti di estrazione del clima ondoso sottocosta – dettaglio 2.

Il clima ondoso sottocosta per i siti più prossimi al porto di Saline Joniche è rappresentato nella classica forma di rosa in Figura 3 ed in Figura 4. Come si può osservare, data la vicinanza dei due siti e la sostanziale similitudine in termini di esposizione del paraggio, il clima ondoso relativo al sito 5 e quello relativo al sito 6 risultano assai simili: si evidenzia in particolare la prevalente esposizione del sito ai venti dal secondo quadrante, con le mareggiate più importanti, anche superiori ai 3m di altezza d'onda significativa, provenienti da Scirocco. La presenza del molo di

sovralfutto del porto comporta invece una maggiore protezione, nel caso del sito 6, a sud ovest del porto, per le onde provenienti dal quarto quadrante.

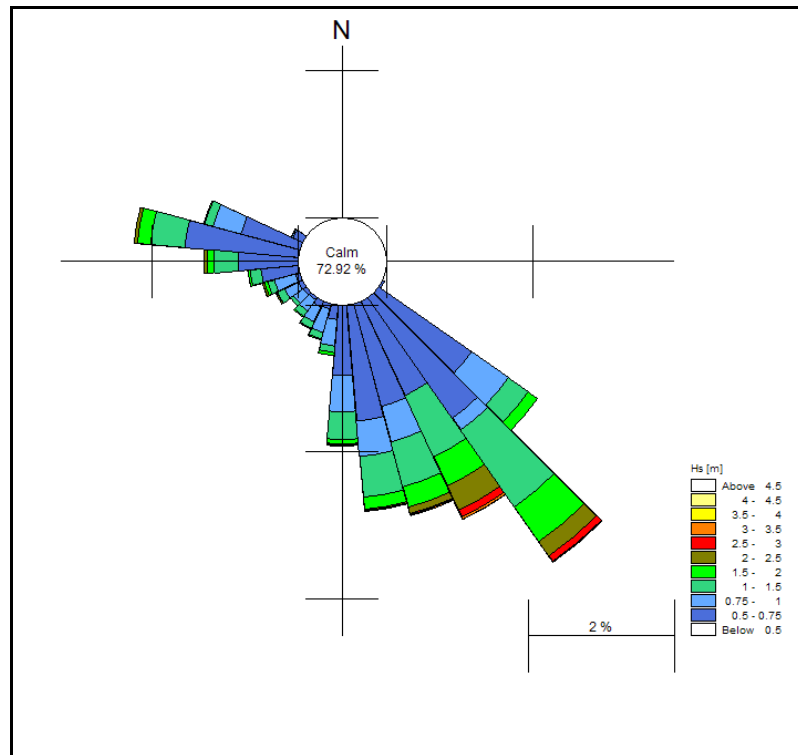


Figura 3 - Rappresentazione della rosa del clima ondoso sottocosta per il sito 5.

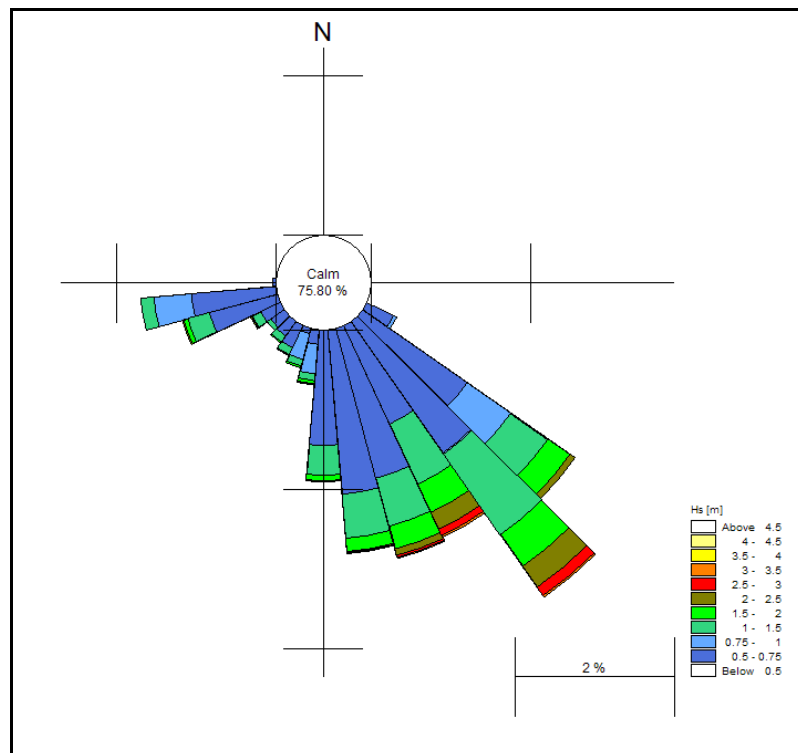


Figura 4 - Rappresentazione della rosa del clima ondoso sottocosta per il sito 6.



Una volta noto il clima ondoso sottocosta in corrispondenza del porto di Saline Joniche, la scelta di un set di condizioni d'onda che possano essere rappresentative del trasporto litoraneo annuale non è semplice. Il trasporto litoraneo non varia linearmente con parametri quali l'altezza d'onda, il periodo e la direzione ed è proporzionale alla frequenza di accadimento dell'onda stessa. Ciò significa che le condizioni d'onda più rappresentative per il trasporto litoraneo annuo generalmente non corrispondono alle onde più alte, a causa della limitata frequenza di accadimento di queste ultime.

Nella presente applicazione la scelta di eventi (onde) rappresentativi per il trasporto litoraneo è stata stimata secondo valori pesati di altezza d'onda, periodo e direzione. Sono stati individuati tre intervalli principali in termini di direzione e la stessa operazione è stata effettuata per le altezze d'onda.

Gli intervalli sono stati selezionati basandosi sui risultati del modello LITDRIFT di LITPACK, applicato nell'elaborato 1 dello *Studio 2005 "Caratterizzazione del clima ondoso sottocosta – trasporto litoraneo"*. Tale modello ha permesso di valutare l'effettivo contributo al trasporto solido annuo di ciascuna onda simulata. I risultati hanno messo in evidenza una direzione di trasporto prevalente verso nord, anche se non può essere trascurato il trasporto nella direzione opposta.

Le condizioni d'onda, come detto, sono state estratte in corrispondenza della batimetrica -30 m. I parametri ottenuti dall'elaborazione dei risultati del modello LITDRIFT di LITPACK hanno portato alla scelta delle quattro onde rappresentative riportate nella Tabella 1.

Per ciascuna coppia altezza d'onda-direzione è stato calcolato il periodo medio. Il periodo di picco è stato stimato tramite la nota relazione $T_p = 1.18 T_m$, già adottata con successo da DHI Italia in studi in aree limitrofe e localmente ben rappresentativa del rapporto reale tra le due grandezze. Questa procedura ha portato alla definizione di cinque onde rappresentative, con ciascuna onda in grado di rappresentare un gruppo di eventi con un intervallo predefinito in termini di direzione, altezza e periodo.

Tabella 1 – Condizioni d'onda rappresentative per il trasporto litoraneo selezionate a 30m di profondità.

No	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	MWD (deg)	Occ. (%)	Peso (%)
1	1.34	4.9	5.8	263	23.5	21.5
2	1.28	6.4	7.6	153	17.4	32.2
3	2.37	6.8	8.0	151	0.8	24.1
4	1.17	5.9	7.0	175	12.2	16.6
5	2.87	6.4	7.6	177	0.1	2.9
			Totale		54.0	97.3

La colonna "Occ" si riferisce alla frequenza di accadimento del settore di riferimento di ciascuna onda rappresentativa. La colonna "Peso" fa invece riferimento all'effettiva importanza sul trasporto solido litoraneo annuale di ciascuna onda rappresentativa. Come si può notare la somma dei cinque pesi risulta molto vicina al 100% del trasporto complessivo.

2.1 Costruzione del modello - batimetria di calcolo

Per poter adeguatamente simulare in dettaglio le dinamiche costiere relative alle cinque onde considerate rappresentative del sito in esame in termini di trasporto costiero, il modello è stato implementato su un dominio di calcolo piuttosto esteso sia a sud est, sia a nord ovest del porto di Saline Joniche. La Figura 5 illustra l'estensione del dominio di calcolo (contorno blu) e le batimetrie utilizzate (punti colorati). Con riferimento alle batimetrie introdotte nel modello, si è proceduto ad un'operazione di unione dei rilievi più recenti disponibili per le aree modellate: in particolare, per la zona del porto di Saline ed un tratto a nord ovest dello stesso è stato messo a disposizione da SEI S.p.A. il rilievo di dettaglio effettuato da Nautilus (2007), mentre per le zone più esterne del dominio di calcolo si sono utilizzate le stesse batimetriche messe a disposizione dal Genio Civile Opere Marittime della Calabria nell'ambito dello *Studio 2005*.

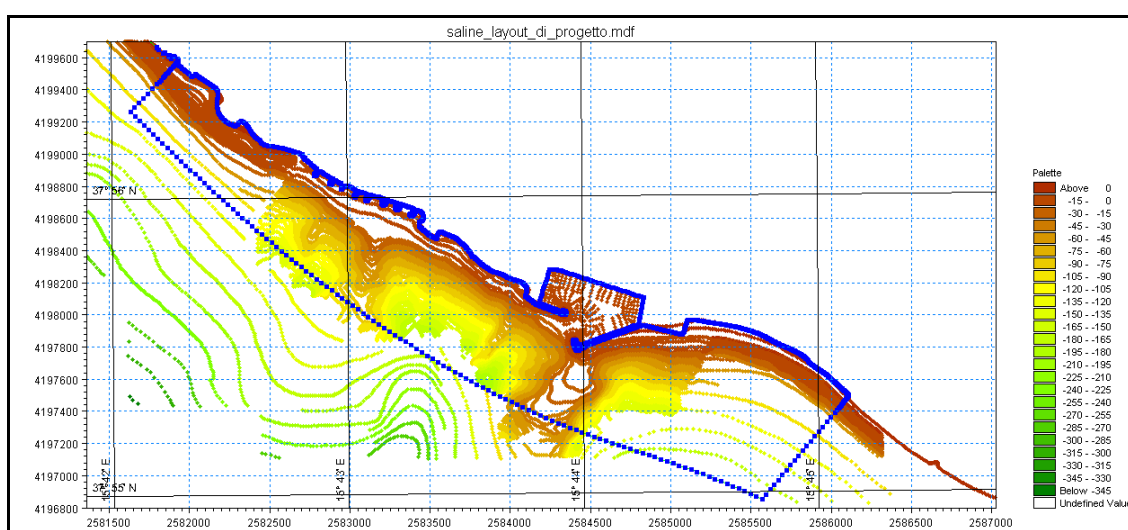


Figura 5 - Rappresentazione dei punti quotati provenienti dal rilievo di dettaglio 2007 (Nautilus) integrato con il rilievo utilizzato nell'ambito dello *Studio 2005*. La linea puntinata in blu rappresenta il contorno del modello.

La scelta della risoluzione della *mesh* di calcolo ha potuto usufruire del grande vantaggio tipico dei modelli a maglia flessibile, ovvero quello di poter variare significativamente le dimensioni degli elementi di calcolo (triangoli) in funzione della zona di interesse e dei fenomeni che si intendono modellare. Si è pertanto potuto limitare il numero degli elementi riducendo la risoluzione dei triangoli laddove la profondità dell'acqua garantiva l'assenza di significativi processi di trasformazione dell'onda, mentre la risoluzione degli elementi è stata notevolmente aumentata in prossimità della costa e del porto.

La Figura 6 e la Figura 7 illustrano in particolare le batimetrie (*mesh*) di calcolo relative rispettivamente allo stato attuale ed allo stato di progetto utilizzate per il modello di trasformazione del moto ondoso. Le immagini da Figura 8 a Figura 11 illustrano la differente risoluzione spaziale (lunghezza media dei lati dei triangoli che compongono la *mesh*) adottata nelle varie aree del dominio di calcolo, con dettaglio sulla zona del porto di Saline Joniche. Per la rappresentazione dello stato di progetto si è fatto riferimento al layout messo a disposizione da SEI S.p.A. La presenza dei pali su cui sono imbasate sia la piattaforma di attracco esterna al porto, sia il pontile di collegamento, è stata tenuta in considerazione nel setup dei modelli.

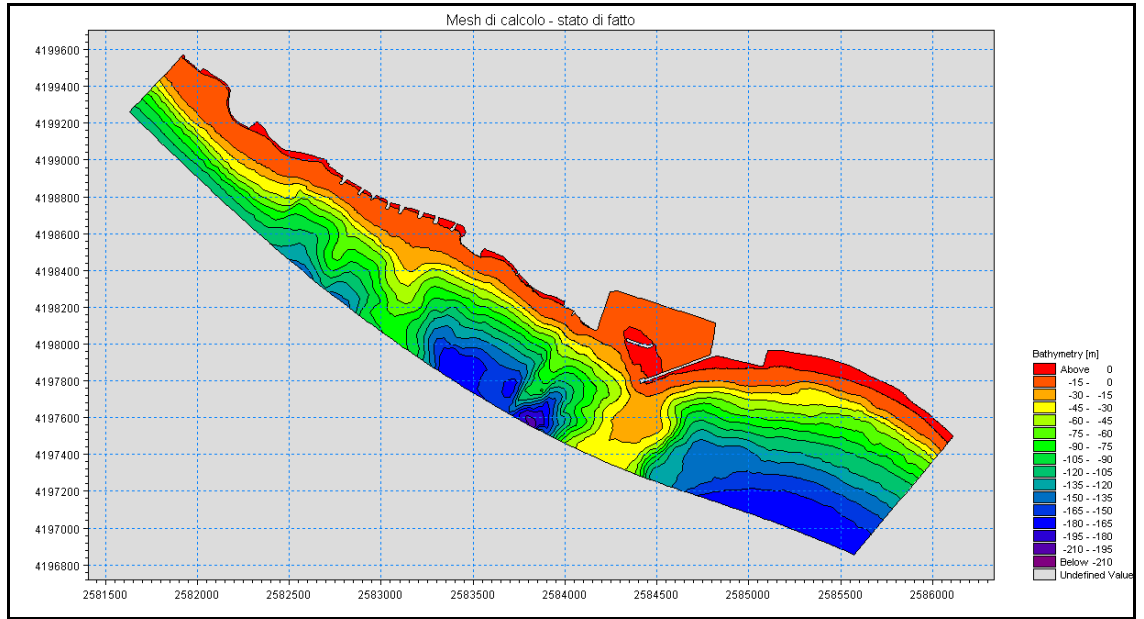


Figura 6 - *Batimetria di calcolo del modello MIKE 21– stato attuale.*

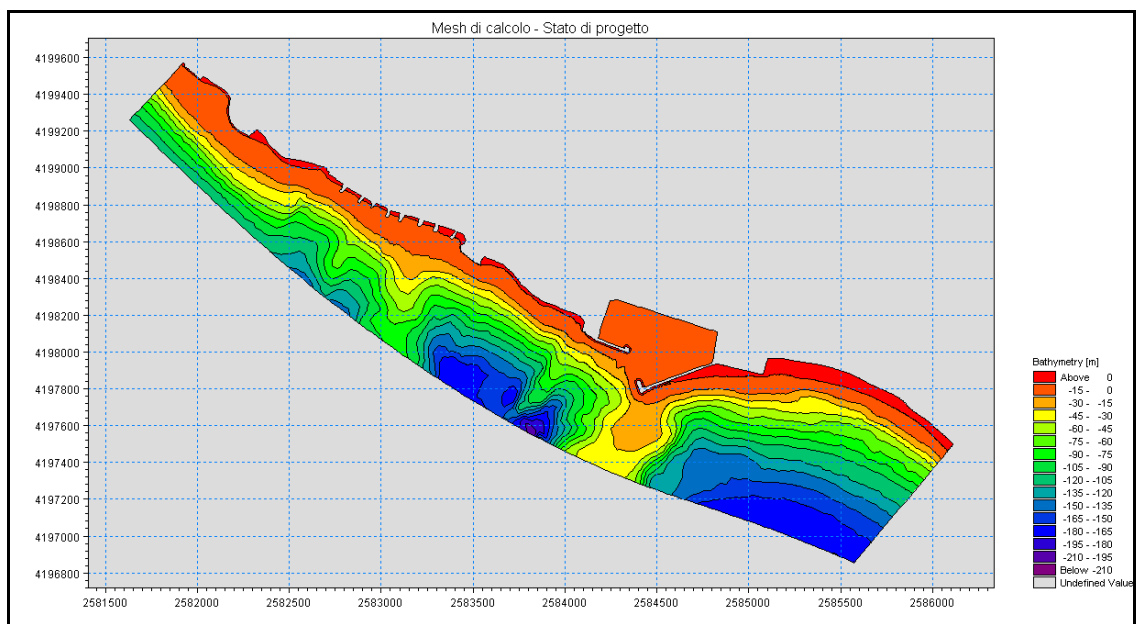


Figura 7 - *Batimetria di calcolo del modello MIKE 21– stato di progetto.*

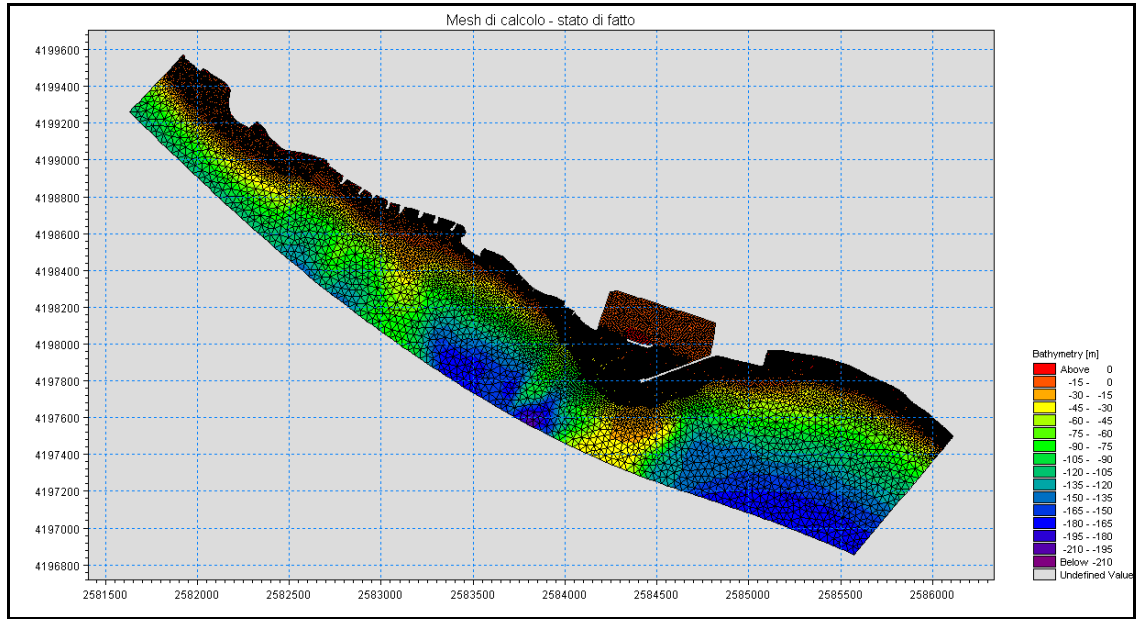


Figura 8 - *Batimetria di calcolo del modello MIKE 21– stato attuale con rappresentazione degli elementi triangolari utilizzati.*

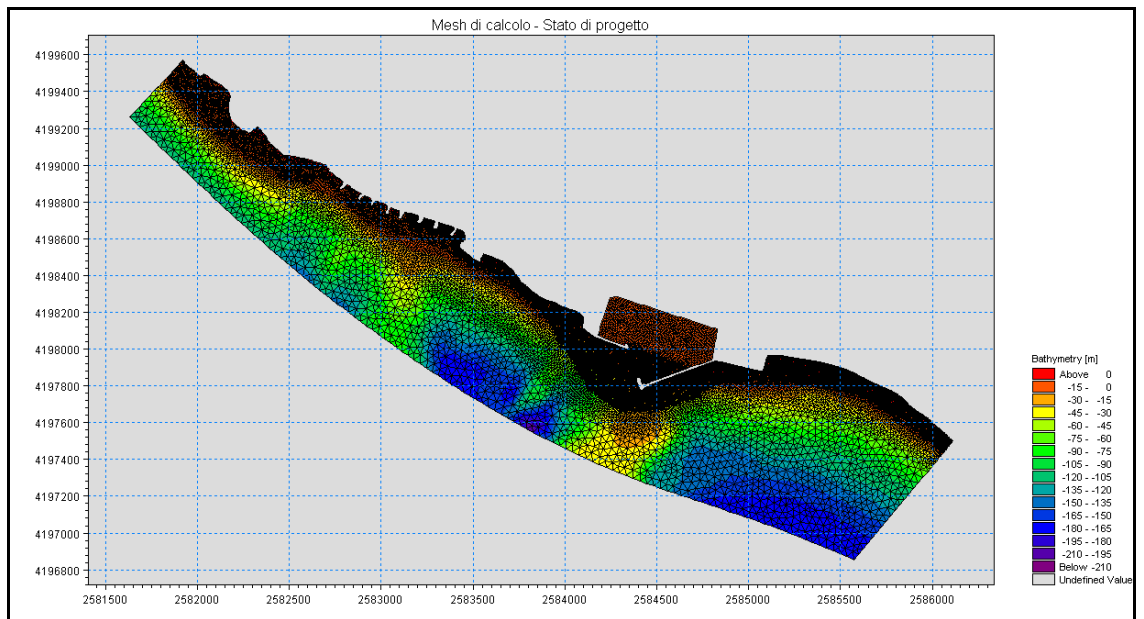


Figura 9 - *Batimetria di calcolo del modello MIKE 21 – stato di progetto con rappresentazione degli elementi triangolari utilizzati.*

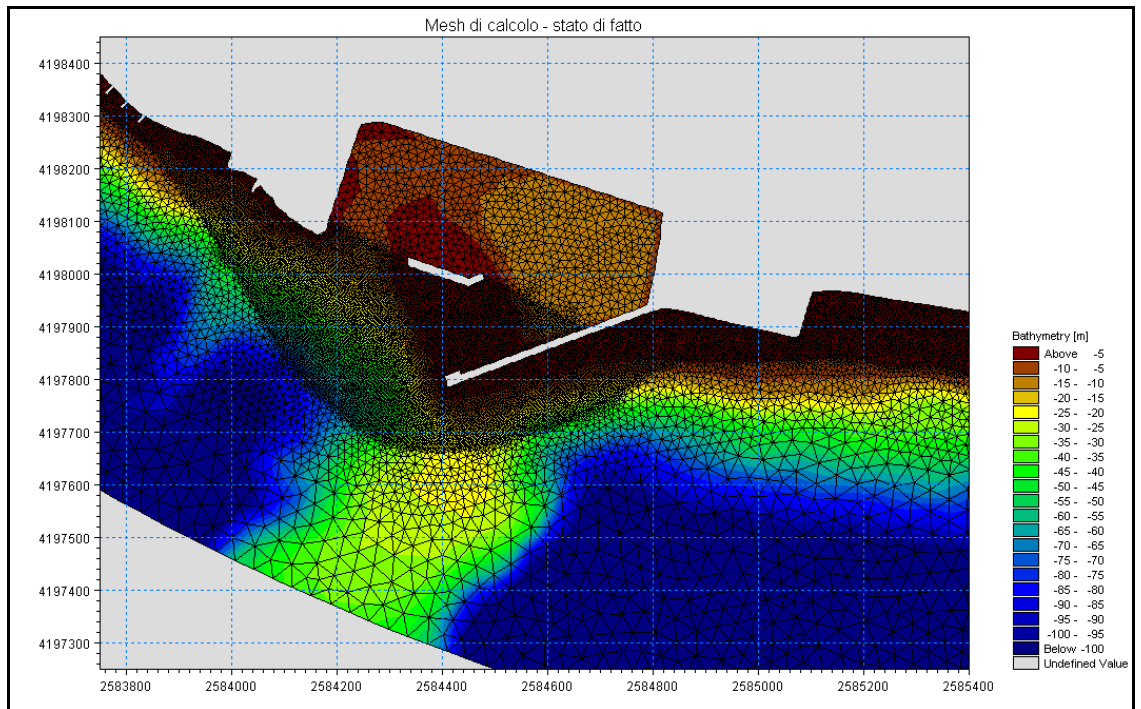


Figura 10 - Batimetria di calcolo del modello MIKE 21 – stato attuale con rappresentazione degli elementi triangolari utilizzati – dettaglio della zona del porto.

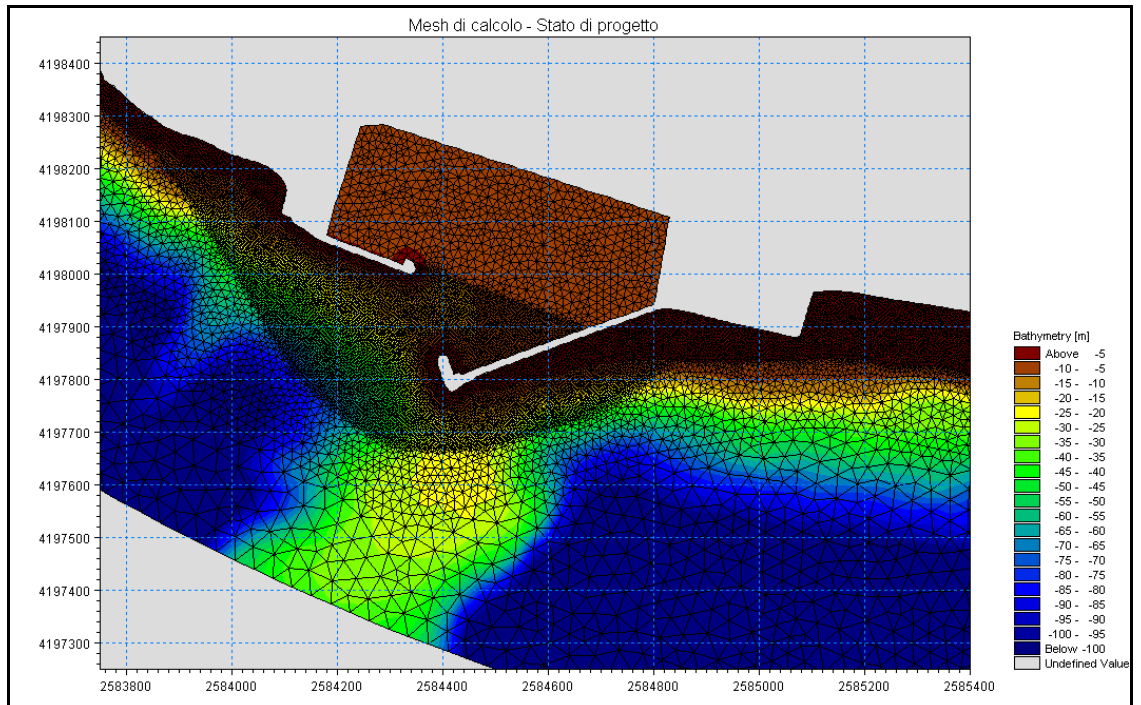


Figura 11 - Batimetria di calcolo del modello MIKE 21 – stato di progetto con rappresentazione degli elementi triangolari utilizzati – dettaglio della zona del porto.

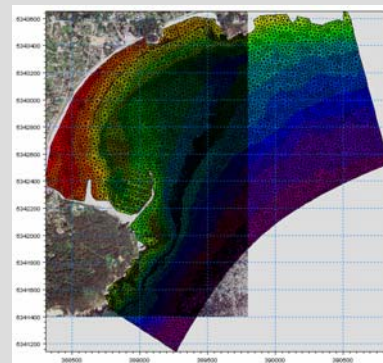
2.1.1 Costruzione del modello d'onda

Per studiare in dettaglio la trasformazione che l'onda subisce nella sua propagazione verso ed in corrispondenza del porto, sia nella configurazione di stato attuale, sia nella configurazione di progetto, le cinque onde di riferimento sono state propagate utilizzando un modello numerico bidimensionale, il modulo SW (Spectral Waves) del codice di calcolo MIKE 21 del DHI_{Water•Environment•Health}.

MIKE 21 SW è un modello spettrale per vento ed onde di nuova generazione, basato su una griglia non strutturata. Il modello simula la trasformazione di onde generate dal vento ed onde di swell sia offshore, sia in aree costiere.

MIKE 21 SW include due differenti formulazioni: "Directional decoupled parametric" e "Fully spectral". La prima delle due formulazioni è basata su una parametrizzazione dell'equazione di conservazione dell'energia del moto ondoso. La parametrizzazione è effettuata nel dominio della frequenza mediante l'introduzione come variabili dipendenti del momento di ordine zero e del momento di primo ordine dello spettro (Holthuijsen, 1989). La seconda formulazione è basata sulla conservazione dell'energia del moto ondoso come descritta da Komen (1994) e Young (1999). I fenomeni fisici che sono modellati con MIKE 21 SW sono i seguenti:

- Generazione dell'onda ad opera del vento;
- Interazione non lineare onda-onda;
- Dissipazione dovuta al cosiddetto "white capping";
- Dissipazione dovuta all'attrito con il fondo;
- Dissipazione dovuta al frangimento;
- Rifrazione e shoaling dovuti alle variazioni del fondale;
- Interazione onde-correnti.
- Diffrazione
- Riflessione



Un'accurata descrizione del modello è riportata nell'allegato A al presente elaborato.

2.1.2 Risultati del modello di propagazione del moto ondoso

I risultati del modello d'onda MIKE 21 SW relativamente allo stato attuale ed allo stato di progetto mettono in evidenza che la trasformazione del moto ondoso risulta pressoché identica nelle due configurazioni, con piccole variazioni locali. In particolare, nelle condizioni di stato attuale si può notare (immagini da Figura 12 a Figura 31) come il grande banco di sabbia che ha ostruito completamente l'ingresso al porto di Saline Joniche determini il frangimento di tutte le onde simulate, con maggiore evidenza per quanto riguarda le onde che avvicinano più direttamente il banco di sabbia per via della loro direzione di provenienza (onda 1 ed onda 5).

Nelle condizioni attuali, il moto ondoso è in grado di penetrare all'interno del bacino portuale attraverso la breccia presente lungo il molo di sottoflutto (cfr. in particolare Figura 30). Il rifacimento del molo in questione, che sarà accorciato rispetto all'attuale, determinerà naturalmente il ripristino della funzione originaria di protezione per le onde provenienti dal secondo e soprattutto dal terzo quadrante. Le caratteristiche antiriflettenti della struttura foranea in progetto saranno in grado di limitare la riflessione esercitata dall'opera, garantendo un minor effetto di scavo del fondale antistante e, di conseguenza, una maggiore protezione del piede dell'opera stessa. Il dragaggio del banco di sabbia depositatasi in prossimità dell'imboccatura sarà fondamentale per il ripristino dell'agibilità dell'accesso al porto. Attraverso l'apertura ripristinata, il moto ondoso sarà naturalmente in grado di penetrare all'interno del bacino ma se si osserva in dettaglio la propagazione dell'onda in prossimità del porto nella condizione di progetto (Figura 15, Figura 19,

Figura 23, Figura 27, Figura 31) si può verificare come il grado di abbattimento esercitato dal layout di progetto per le onde più alte e significative per il paraggio risulti assai elevato. Fa naturalmente eccezione l'onda 1, la cui direzione di provenienza (263°) è però riferita ad un settore di traversia secondario, dal quale non sono attese onde di altezza rilevante.

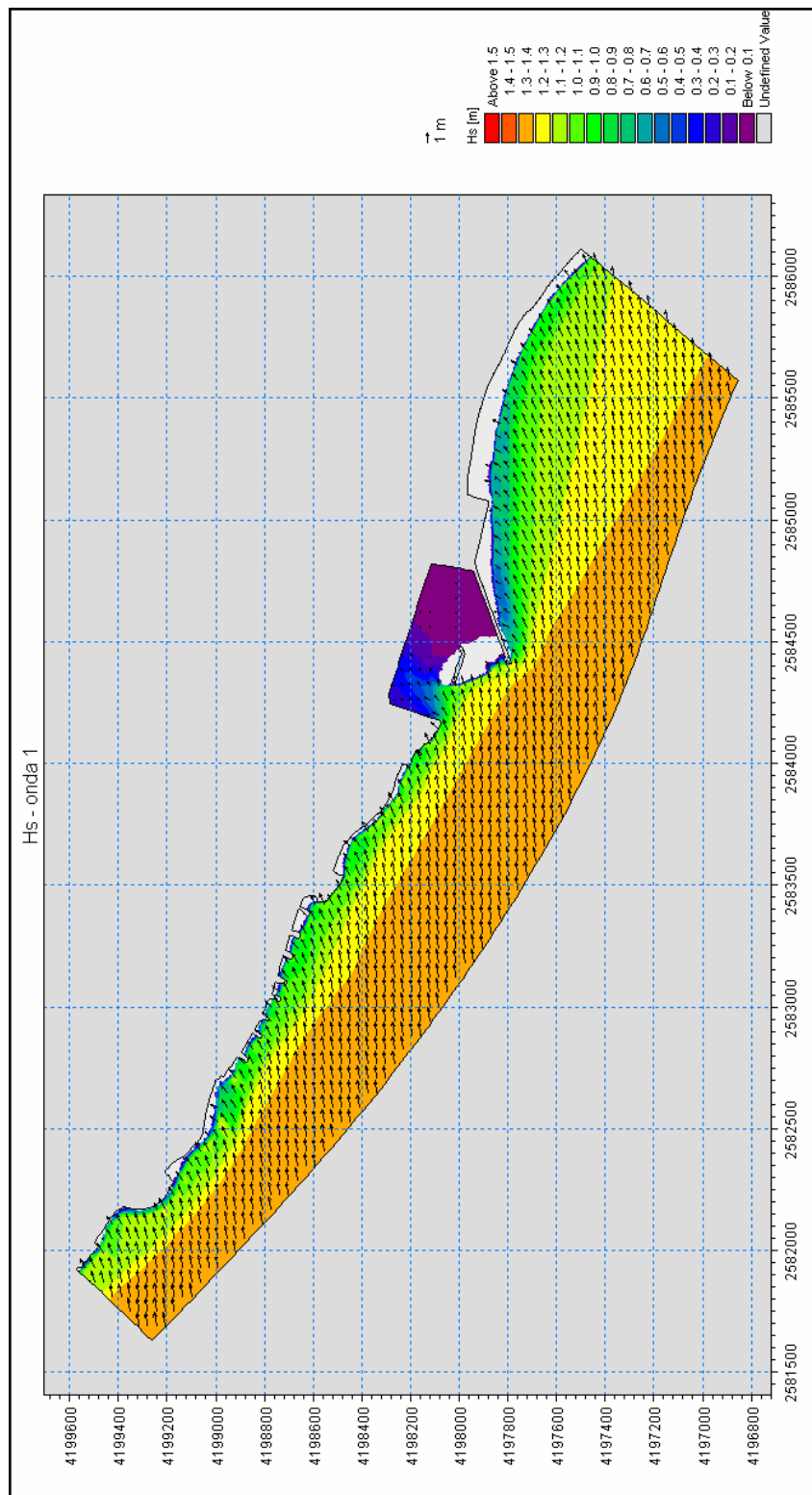


Figura 12 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°1 – stato attuale.

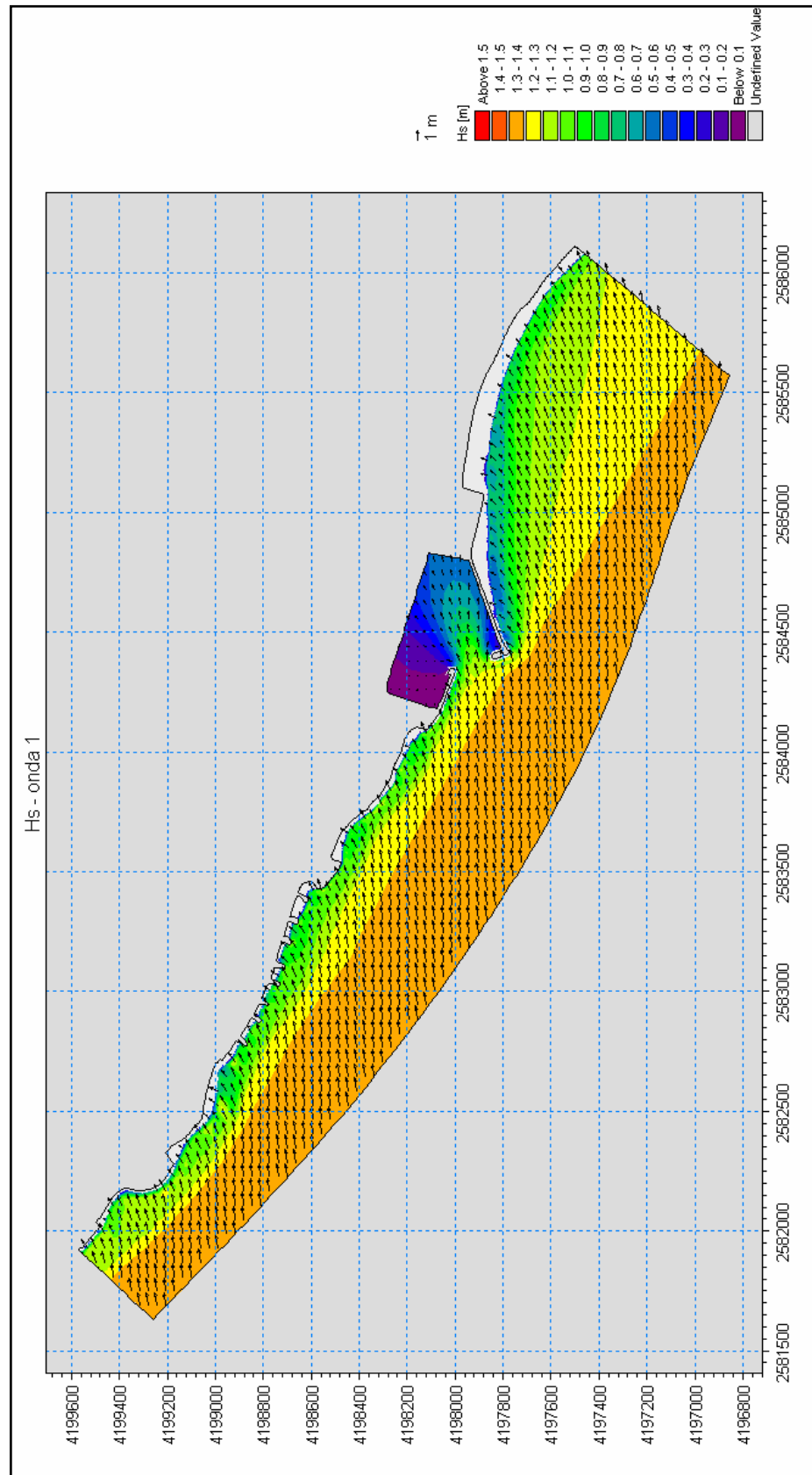


Figura 13 - Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°1 – stato di progetto.

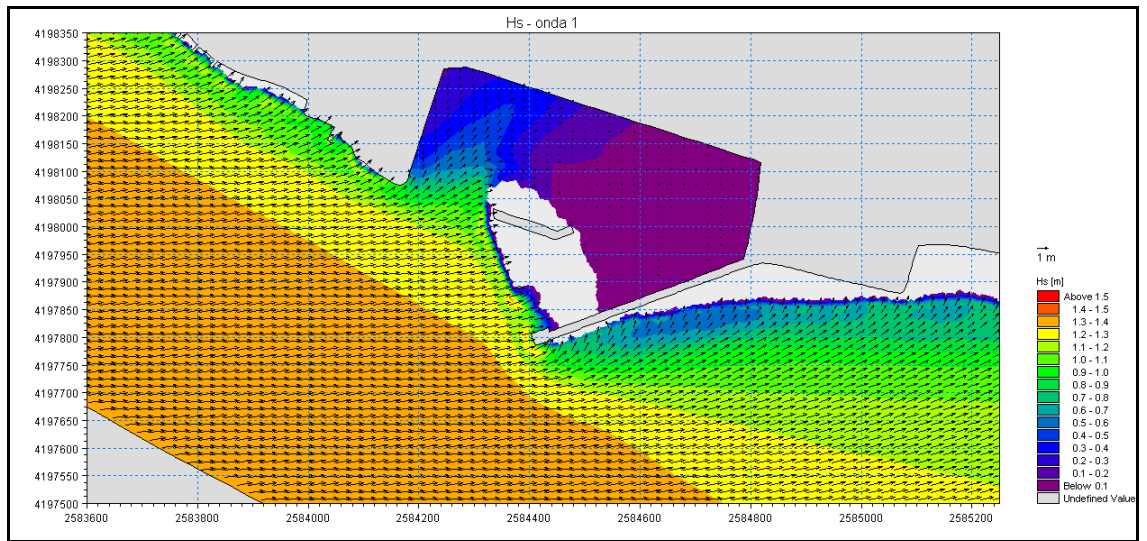


Figura 14 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

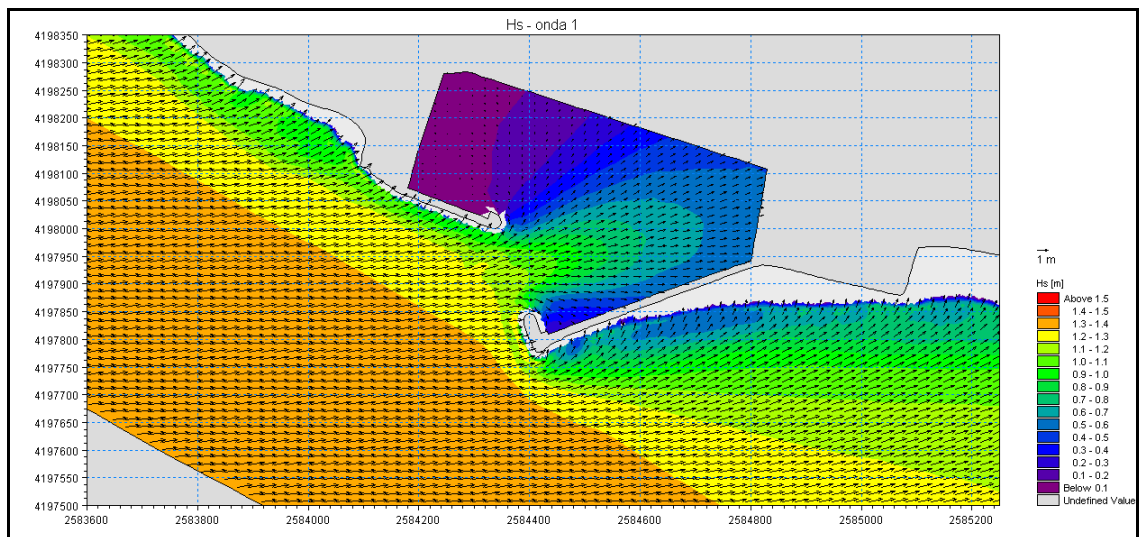


Figura 15 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

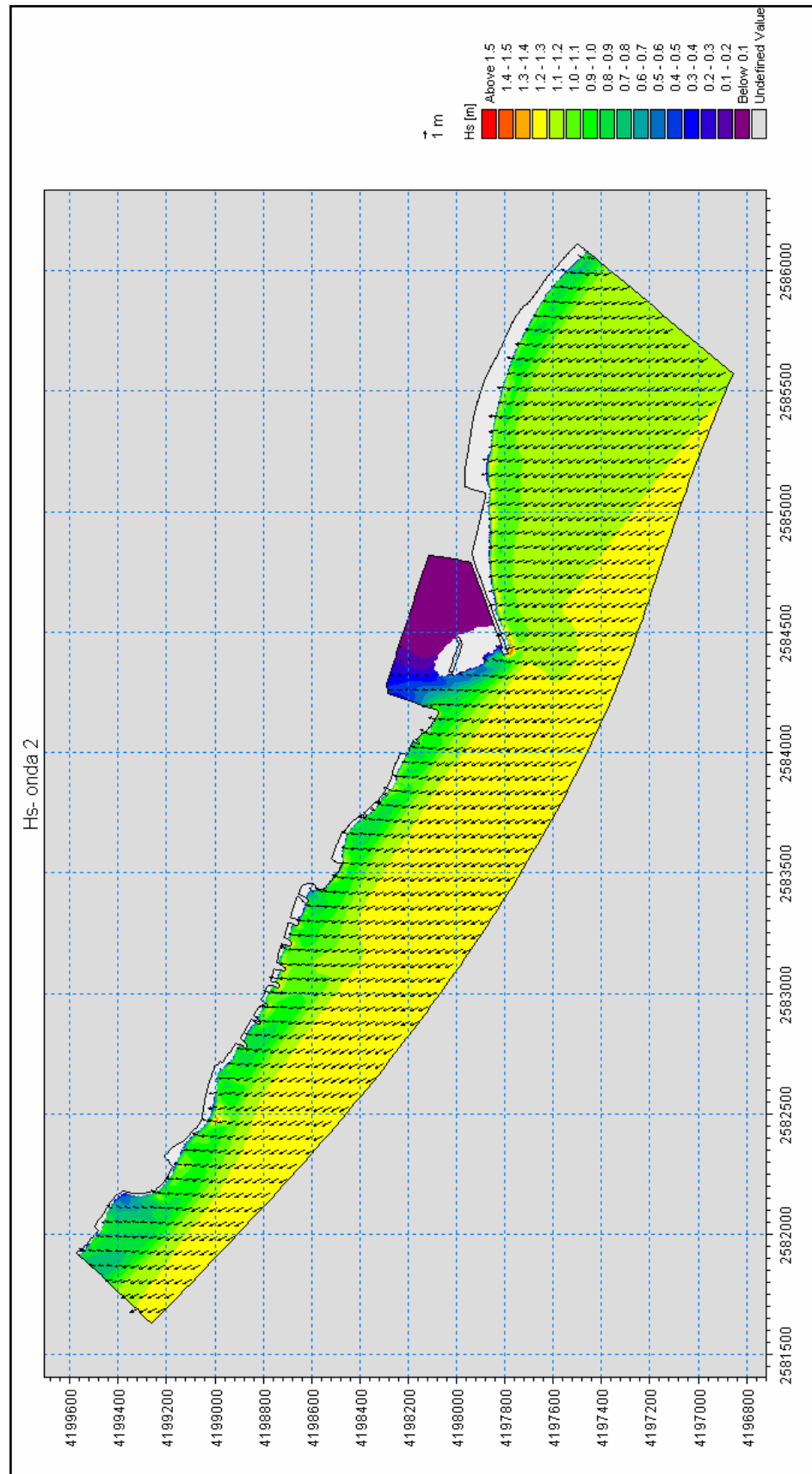


Figura 16 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°2 – stato attuale.

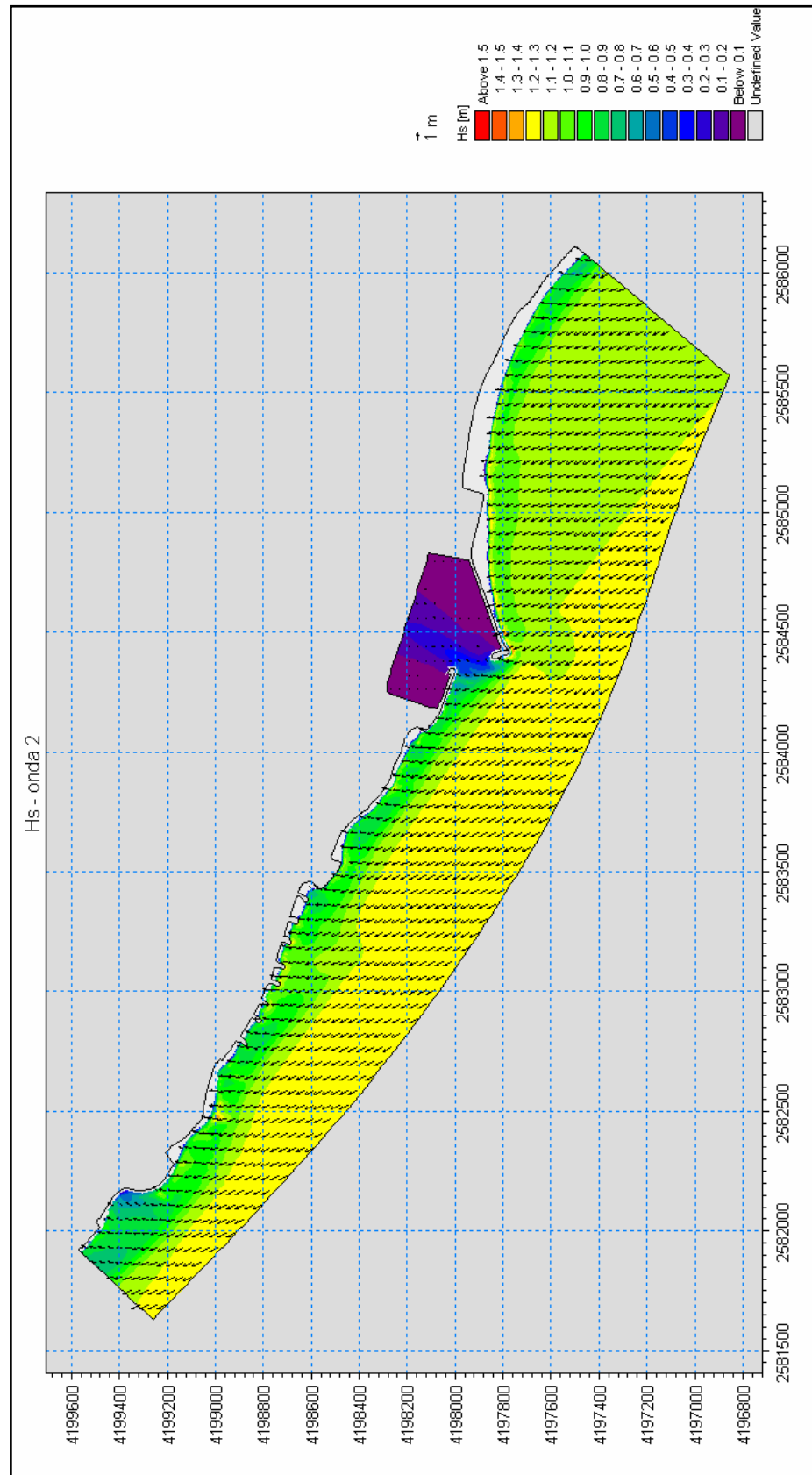


Figura 17 - Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°2 – stato di progetto.

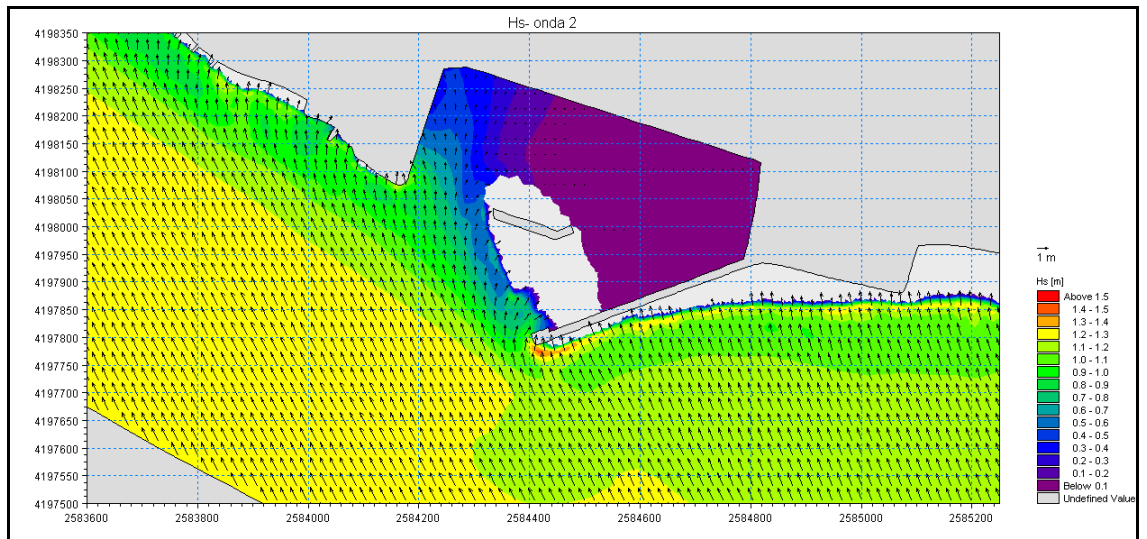


Figura 18 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

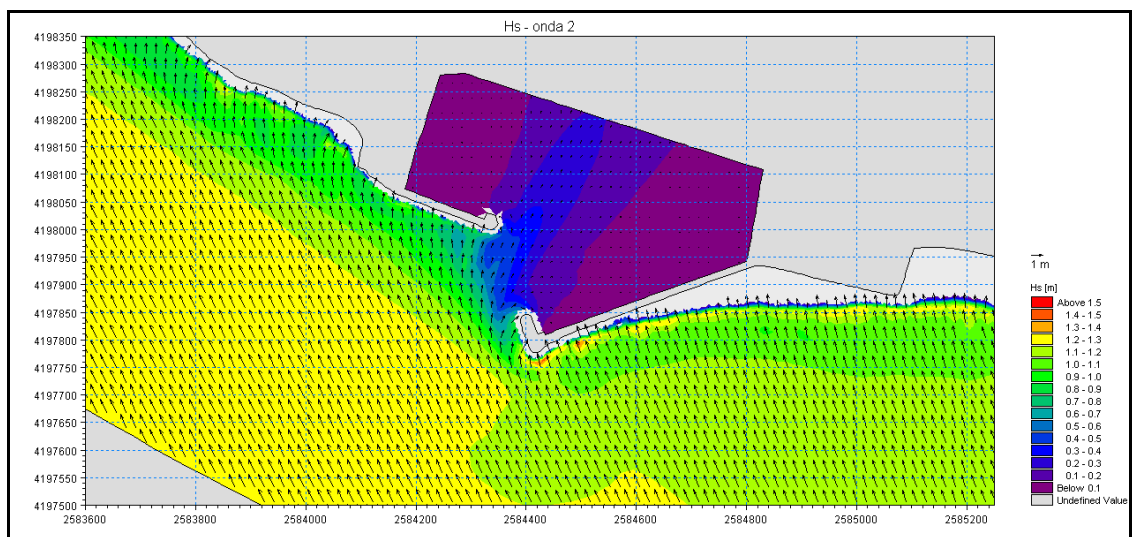


Figura 19 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

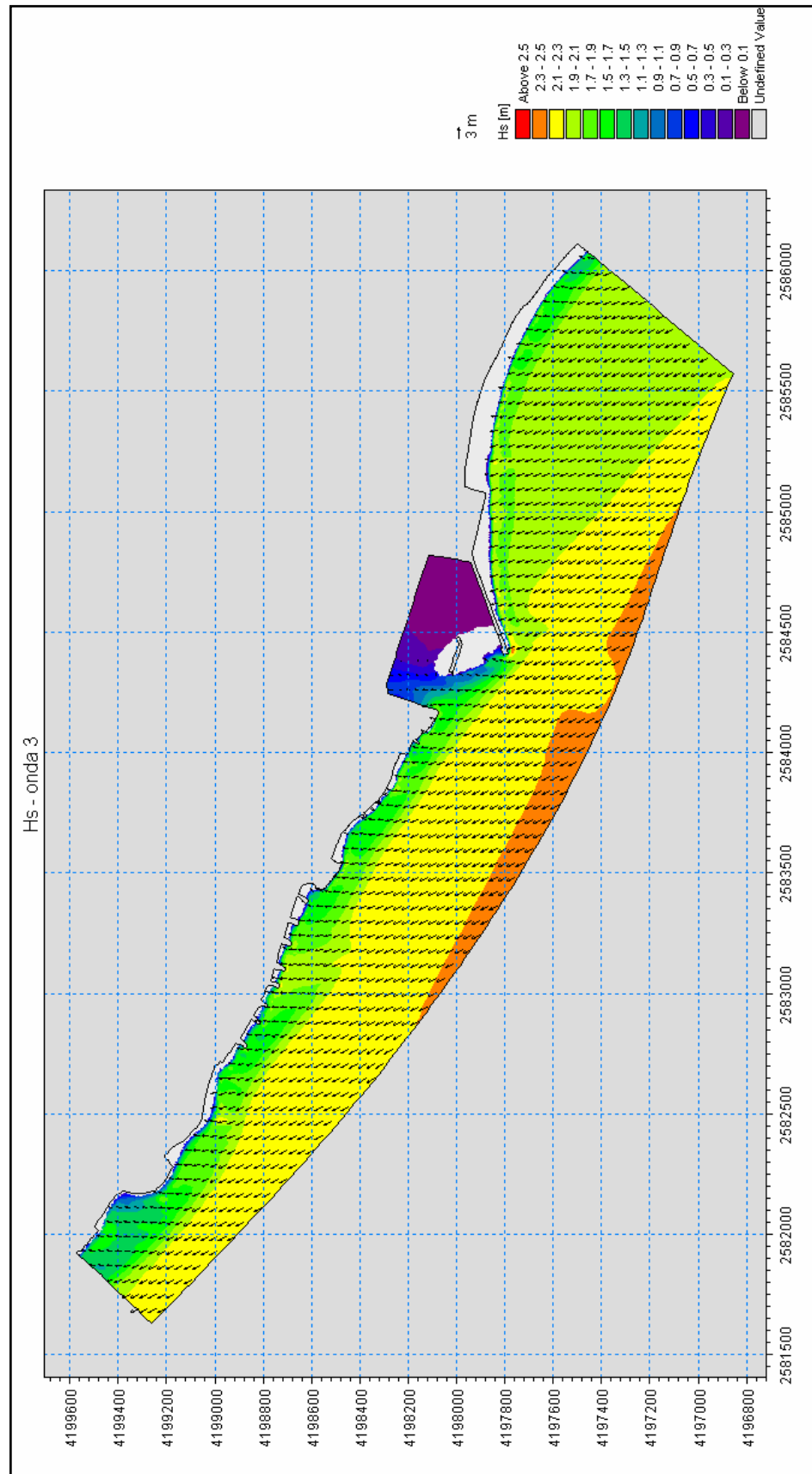


Figura 20 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°3 – stato attuale.

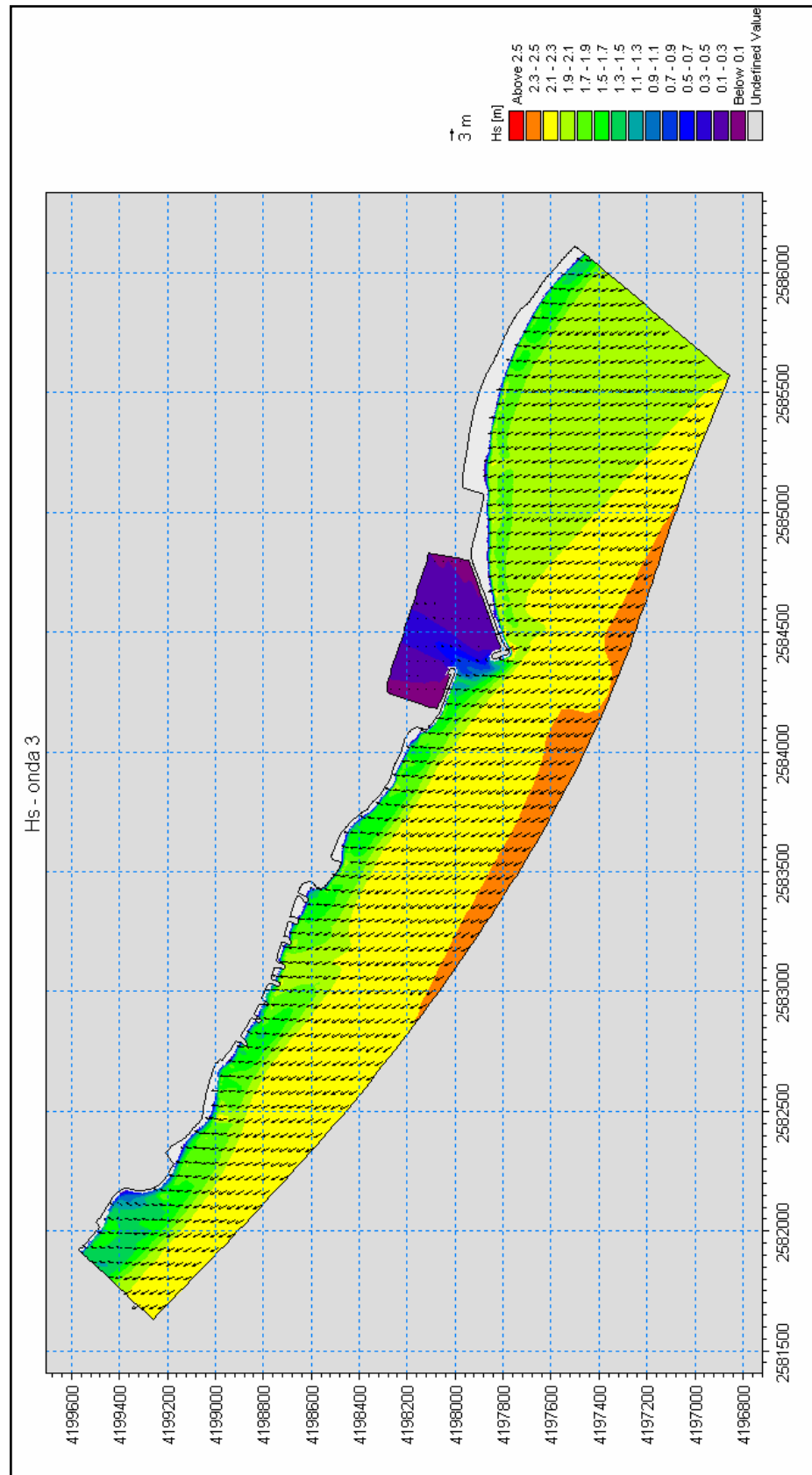


Figura 21 - Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°3 – stato di progetto.

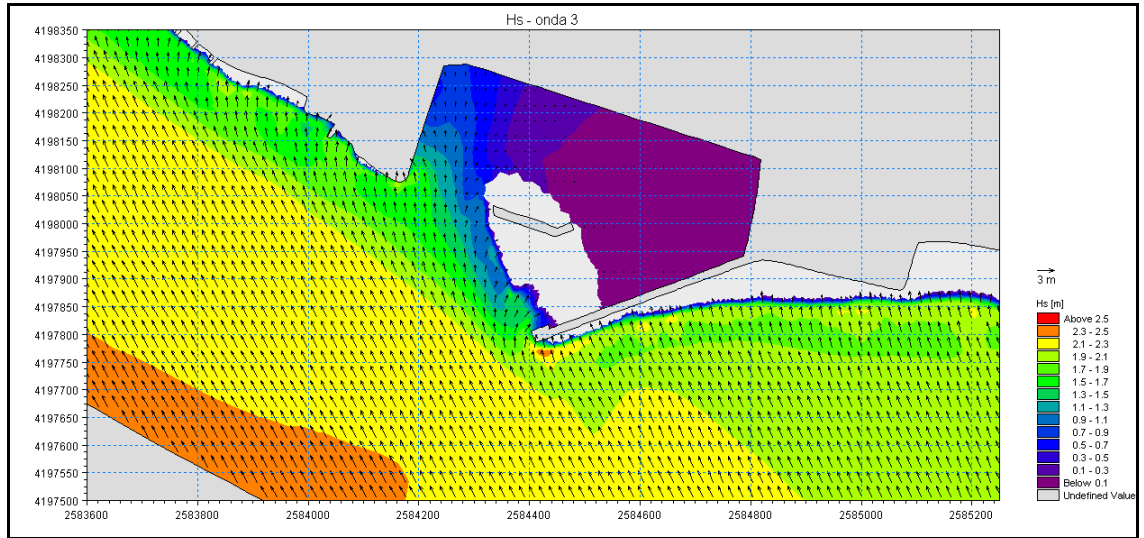


Figura 22 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

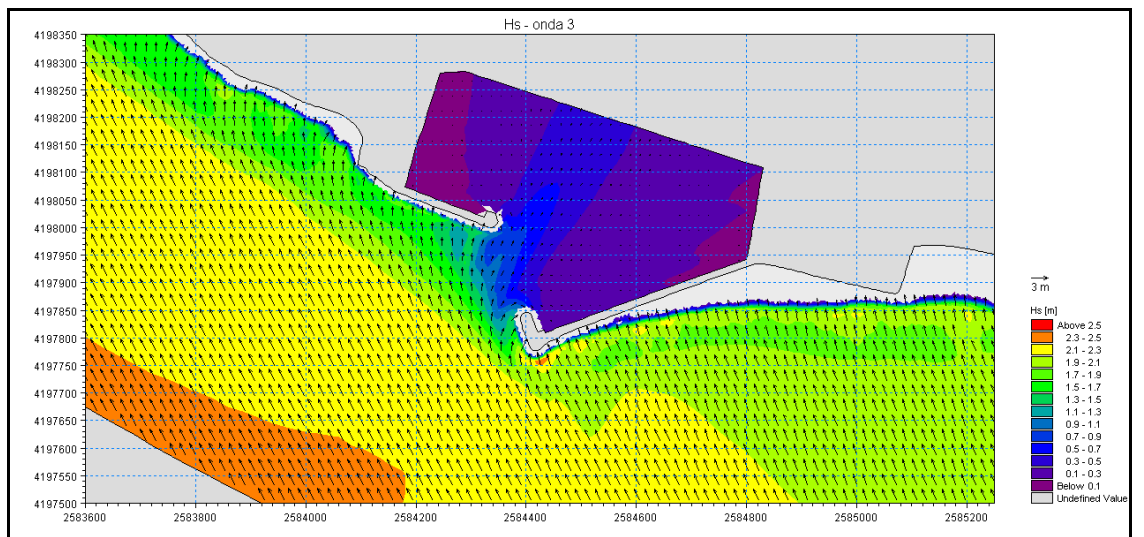


Figura 23 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

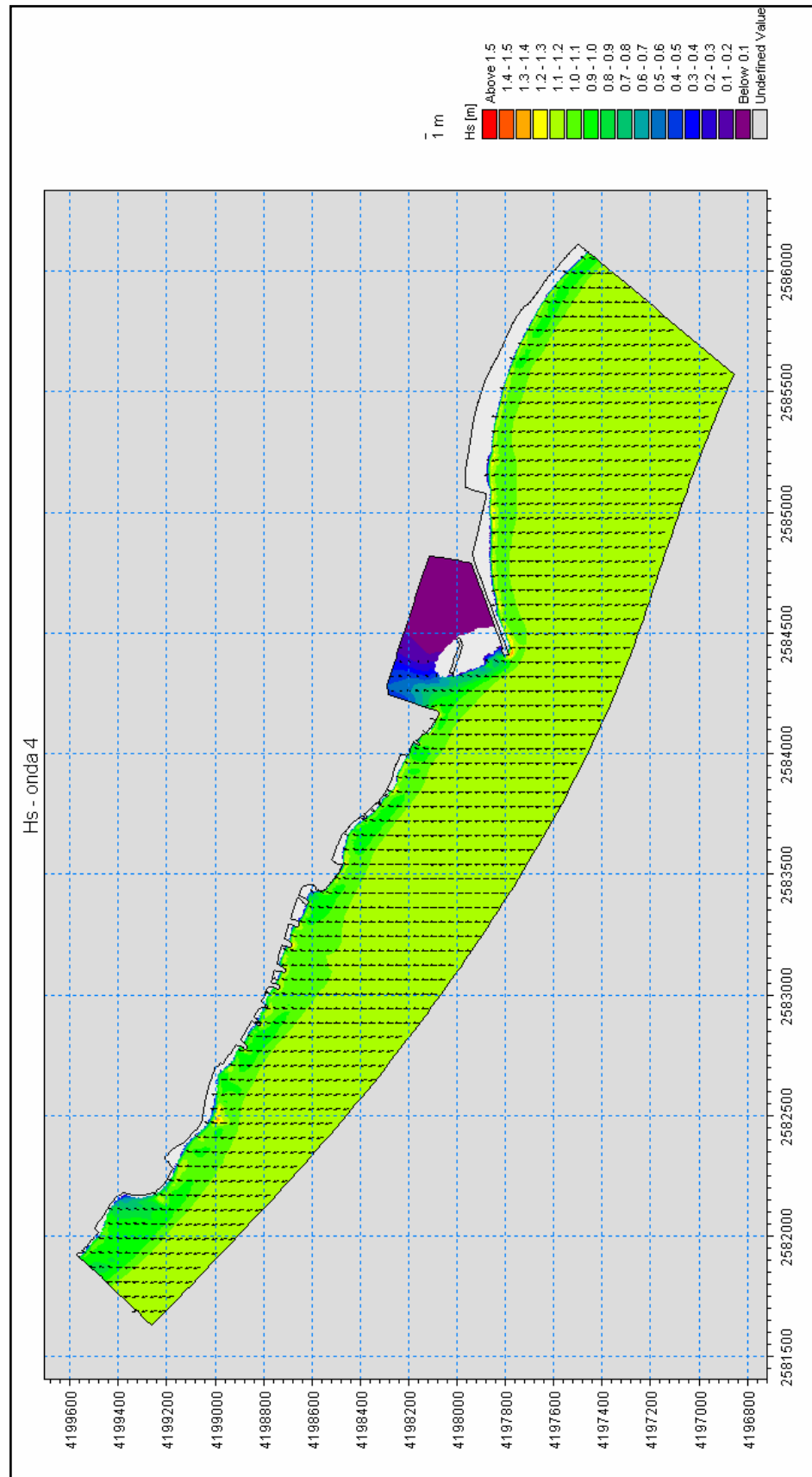


Figura 24 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°4 – stato attuale.

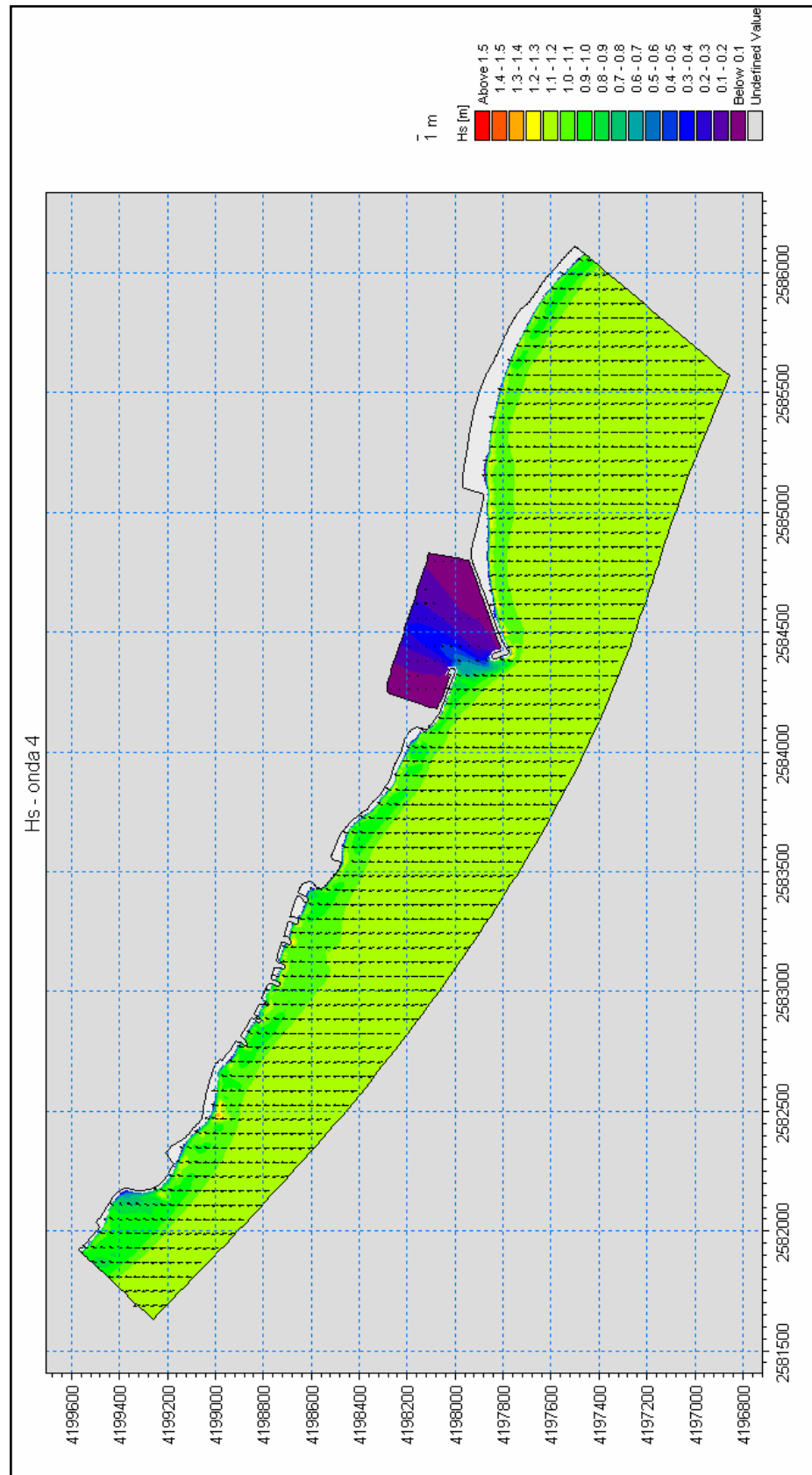


Figura 25 - Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°4 – stato di progetto.

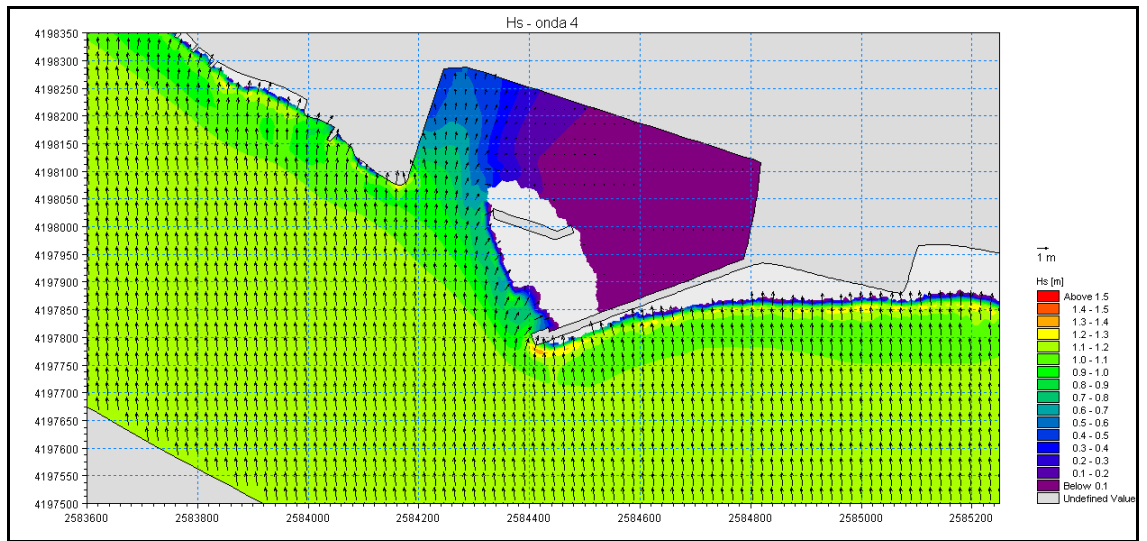


Figura 26 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

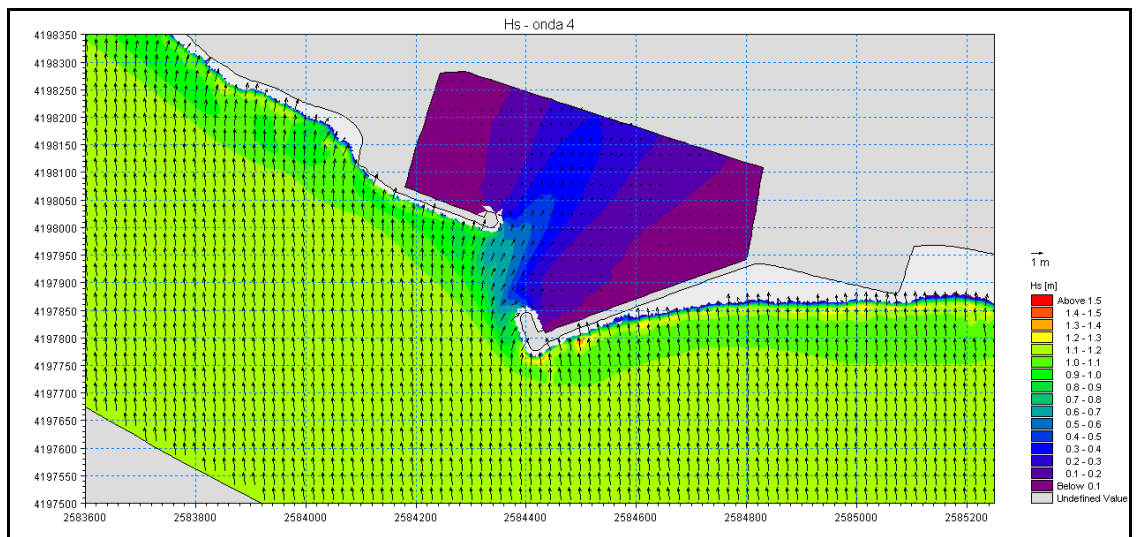


Figura 27 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

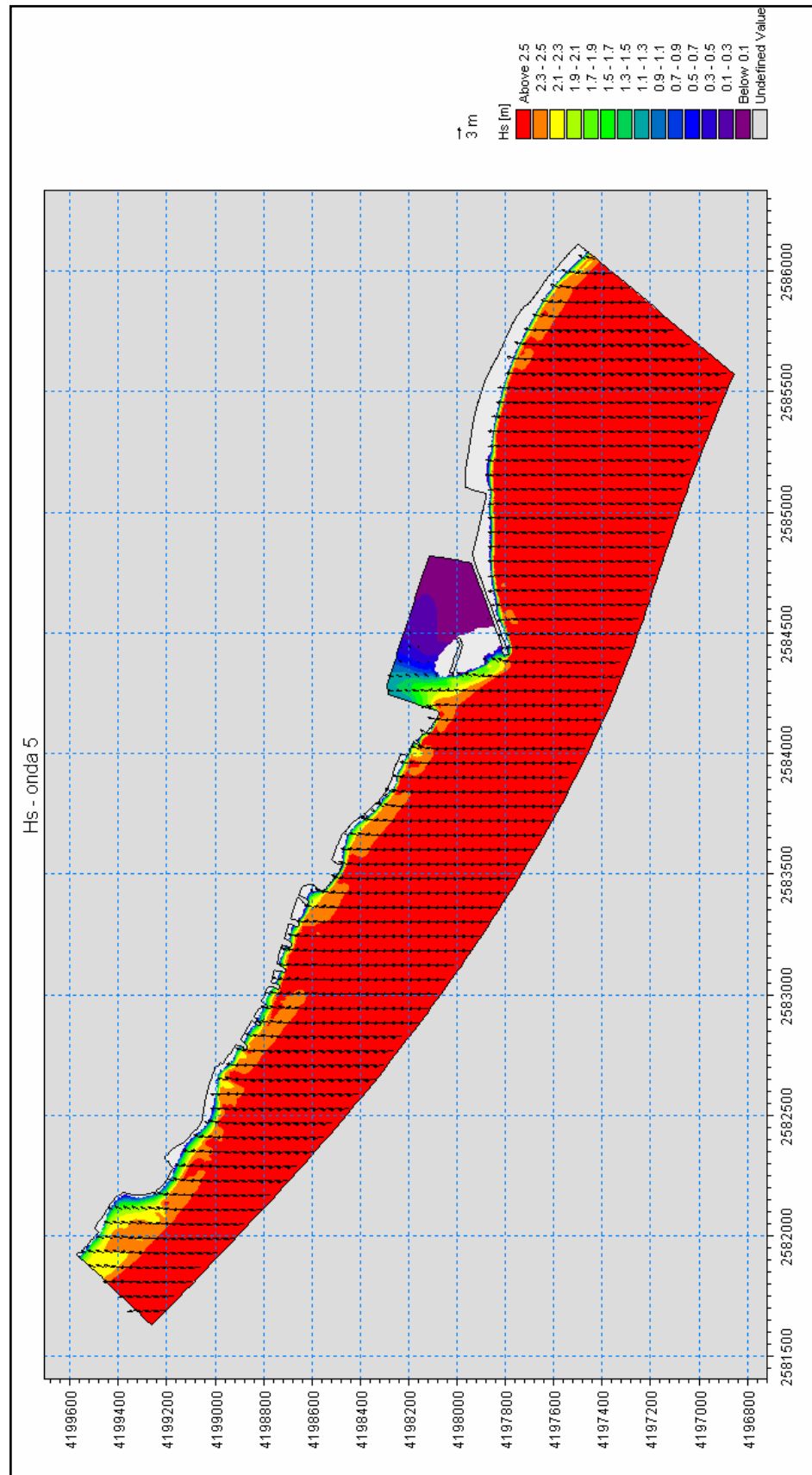


Figura 28 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°5 – stato attuale.

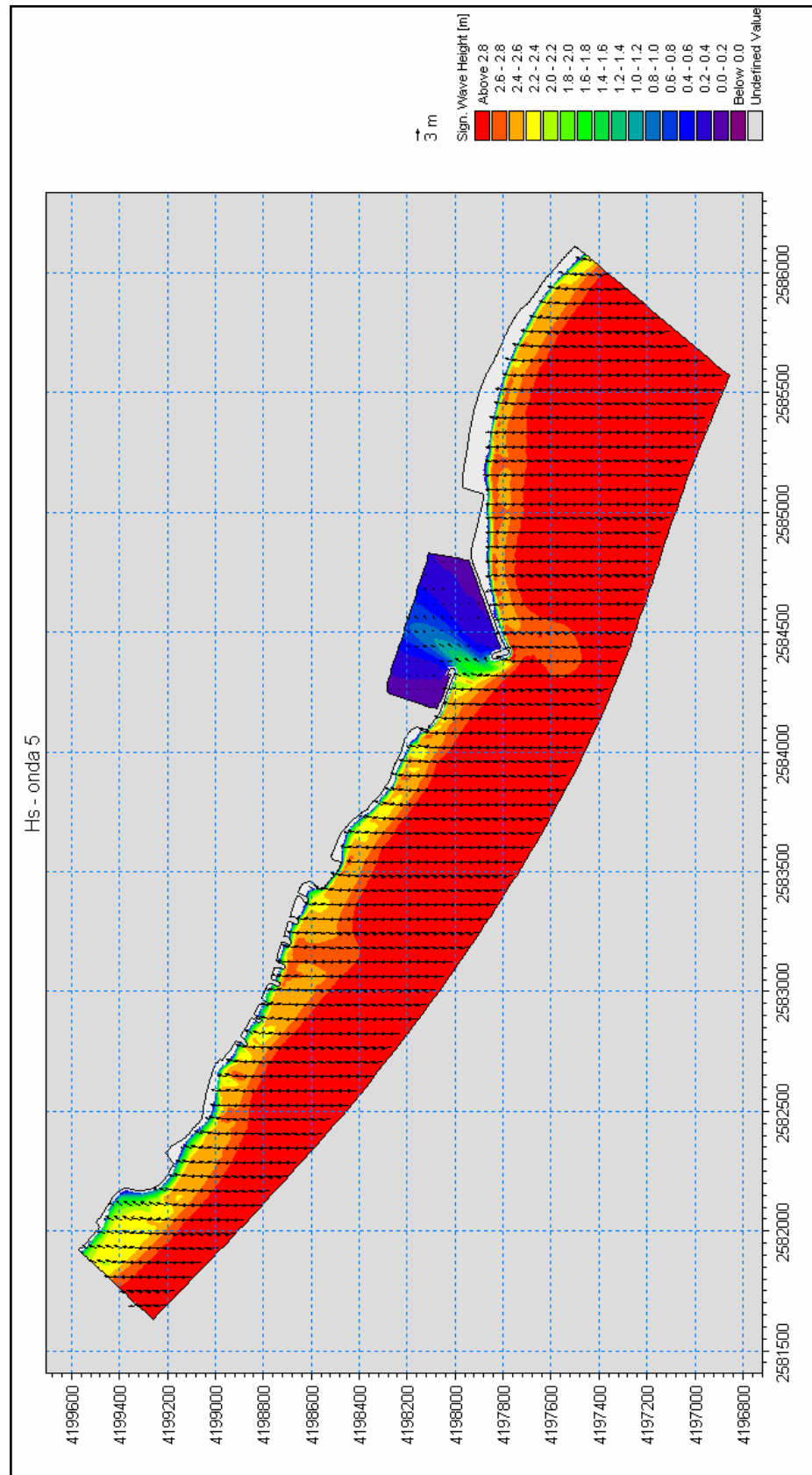


Figura 29 - Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°5 – stato di progetto.

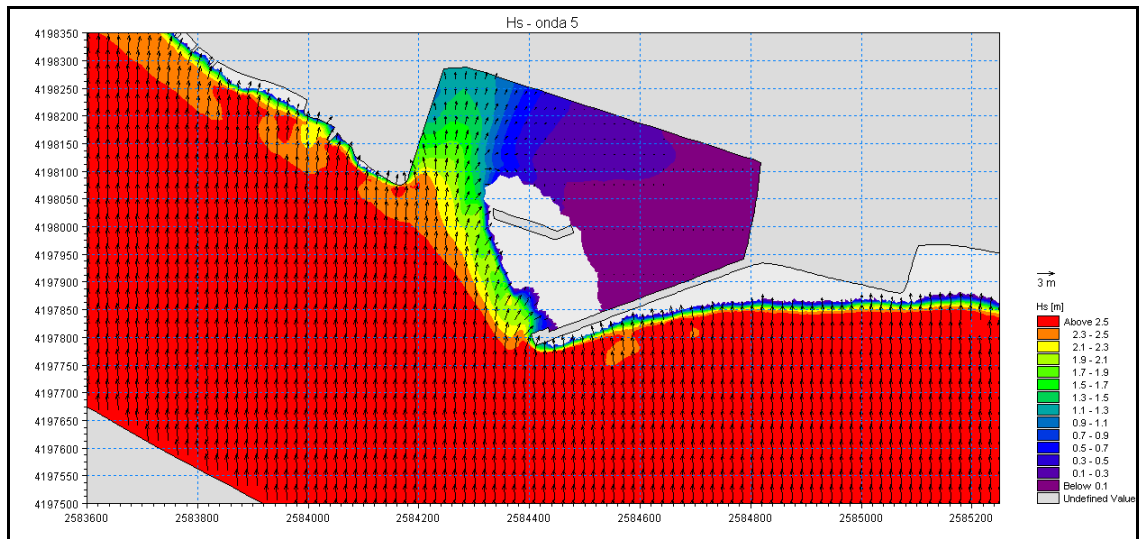


Figura 30 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

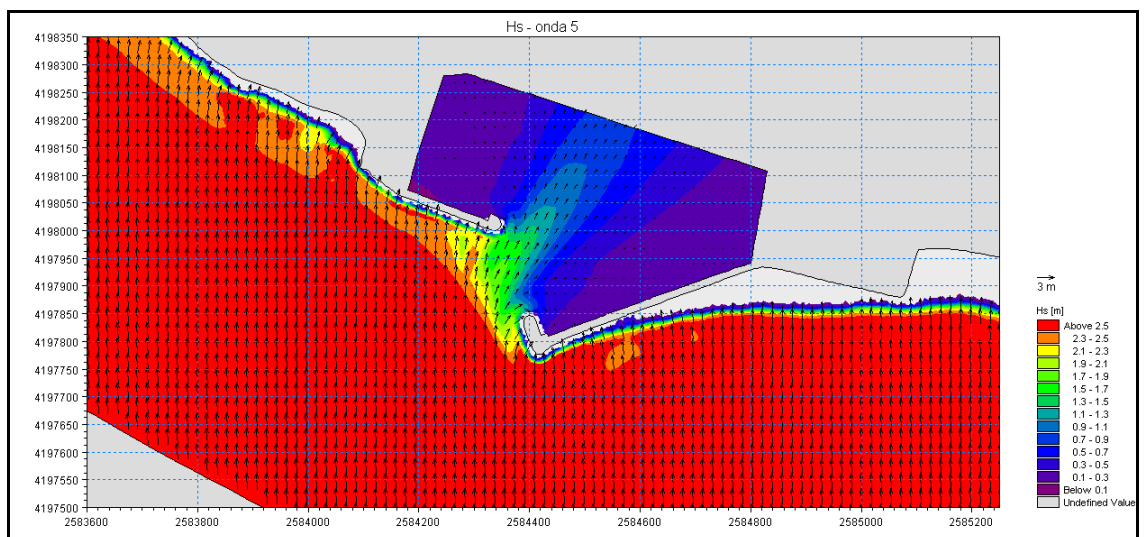


Figura 31 – Distribuzione delle altezze d'onda e dei vettori direzione nel dominio di calcolo – trasformazione dell'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

2.1.3 **Costruzione del modello idrodinamico e del modello di trasporto**

Durante la propagazione verso la costa l'onda subisce diverse trasformazioni; una delle trasformazioni più rilevanti nello studio delle dinamiche costiere è il processo di *rifrazione*: la rotazione del fronte d'onda che tende a disporsi parallelo alle isobate ed alla linea di costa è in grado di determinare l'insorgenza di sforzi di taglio al fondo (*radiation stress*). I gradienti dei *radiation stress*, massimi in corrispondenza del frangimento, sono i responsabili della generazione delle correnti litoranee. A parità di direzione di incidenza dell'onda, i gradienti di *radiation stress*, e quindi le correnti litoranee, sono tanto più elevati quanto maggiore è l'altezza d'onda al frangimento. A parità di altezza d'onda al frangimento, i gradienti di *radiation stress*, e quindi le correnti litoranee, sono tanto più elevati quanto maggiore è l'angolo di incidenza tra il fronte d'onda e le isobate.

Per studiare in dettaglio la generazione della corrente litoranea indotta dal moto ondoso in corrispondenza del porto, sia nella configurazione di stato attuale, sia nella configurazione di progetto, le cinque onde di riferimento sono state simulate utilizzando un modello numerico bidimensionale, il modulo HD (Hydrodynamics) del codice di calcolo MIKE 21 del DHI_{Water•Environment•Health}. Il modello è stato forzato dai campi di *radiation stress* ottenuti attraverso l'applicazione del modello d'onda MIKE 21 SW precedentemente illustrato. Un'accurata descrizione del modello è riportata nell'allegato B al presente elaborato.

A valle dell'applicazione del modello idrodinamico è stato impiegato il modulo ST (Sand Transport) del codice di calcolo MIKE 21 del DHI_{Water•Environment•Health}. Il modello, una volta introdotte le caratteristiche dei sedimenti in termini di granulometria

media (d_{50}) e di variabilità del fuso (*sediment grading*, $\sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}}$) è in grado di fornire

la distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo in termini di trasporto combinato della componente longitudinale (*longshore*) e trasversale (*crossshore*). Il modello è stato forzato dai campi di altezza e periodo d'onda ottenuti attraverso l'applicazione del modello d'onda MIKE 21 SW precedentemente illustrato e dai campi di corrente litoranea ottenuti attraverso l'applicazione del modello idrodinamico MIKE 21 HD. Un'accurata descrizione del modello è riportata nell'allegato C al presente elaborato. Per la mappatura della granulometria del materiale si è fatto riferimento alla distribuzione dei sedimenti utilizzata nell'ambito dello *Studio 2005* e derivante da una specifica campagna di campionamenti messa a disposizione dal Genio Civile Opere Marittime per la Calabria.

2.1.4 **Risultati del modello idrodinamico e del modello di trasporto**

I risultati del modello idrodinamico MIKE 21 HD relativamente allo stato attuale ed allo stato di progetto, illustrati nelle immagini da Figura 32 a Figura 51, mettono in evidenza che il processo di generazione della corrente litoranea non viene modificato nelle due configurazioni, se non localmente.

La direzione di propagazione dell'onda rispetto all'orientazione locale delle isobate e della linea di costa influenza direttamente la direzione locale della corrente litoranea: l'onda 1, unica onda proveniente da ovest, è pertanto in grado di generare correnti aventi direzione nord ovest – sud est, come si può rilevare dall'osservazione di Figura 34 e di Figura 35; per lo stesso motivo le onde 2 e 3, provenienti da Scirocco, determinano l'insorgenza di correnti sempre dirette da sud est a nord ovest (Figura 38, Figura 39, Figura 42, Figura 43), mentre le onde 4 e 5, provenienti da direzioni prossime a Mezzogiorno, inducono la generazione di correnti generalmente dirette da sud est a nord ovest ad eccezione del tratto di spiaggia in corrispondenza del molo di sovrallutto, la cui orientazione differisce significativamente dal resto della costa.



Onde caratterizzate da altezze limitate (onda 1, 2, 4, inferiori agli 1.5m) non possiedono energia sufficiente ad originare correnti litoranee significative se non localmente in prossimità delle zone di frangimento (spiaggia in corrispondenza del molo di sovraflutto, tratto di costa immediatamente a nord del molo di sottoflutto e, nelle sole condizioni attuali, banco di sabbia all'imboccatura del porto). Le onde più elevate (onde 3 e 5, superiori ai 2.0m), sono invece in grado di generare correnti litoranee di intensità diffusamente superiore ad 1 m/s.

Sia l'andamento delle correnti, sia la loro intensità risulta pressoché identica nelle due condizioni attuale e di progetto, fatta eccezione naturalmente per le zone in corrispondenza del nuovo molo di sottoflutto e del banco di sabbia che ora ostruisce l'imboccatura e che verrà rimosso.

E' da sottolineare che la profondità alla quale è imbasato il molo di sopraflutto, sia nelle condizioni attuali, sia nelle condizioni di progetto, non è evidentemente in grado di "sostenere" la corrente proveniente da sud est, quella più significativa ai fini del trasporto costiero, garantendole energia sufficiente per bypassare il porto e trasportare materiale da una parte all'altra dello stesso.

Su profondità più elevate di quella "di chiusura" (profondità entro la quale intervengono i processi attivi di dinamica costiera), l'onda non è in grado di determinare correnti litoranee significative e nell'ambito dello *Studio 2005, elaborato di Fase 1 "Caratterizzazione del clima ondoso sottocosta – trasporto litoraneo"*, è specificato che *"l'analisi dell'andamento del trasporto lungo i profili trasversali presi in esame ha permesso anche una valutazione relativa alla profondità attiva dei processi di trasporto di materiale. Tale profondità risulta generalmente compresa tra i -5 m ed i -6 m per tutti i tratti di costa presi in considerazione"*

In particolare, la corrente uscente dalla zona antistante la spiaggia posta in corrispondenza del molo di sovraflutto (cfr. Figura 38, Figura 39, Figura 42, Figura 43, Figura 46, Figura 47) diminuisce rapidamente di intensità appena oltre la testata del molo, laddove incontra profondità più elevate della profondità di chiusura. Alla rapida caduta di velocità della corrente corrisponde un'analogica rapida caduta della capacità di trasporto del materiale messo in sospensione dalla mareggiata: tale materiale pertanto non può che tendere a depositarsi. Le principali differenze tra la condizione di stato attuale e quella di progetto sono essenzialmente riconducibili alla presenza del banco di sabbia che ostruisce attualmente l'imboccatura del porto: la presenza di sabbia in prossimità della testata del molo di sovraflutto ed i bassi fondali che si sono determinati, inducono la corrente litoranea a proseguire verso l'interno del porto seguendo il banco di sabbia, depositando il materiale via via che la capacità di trasporto diminuisce (cfr. ad esempio Figura 58, Figura 62, Figura 66). Il materiale, comunque, non riesce ugualmente a bypassare il porto in virtù dei fondali più elevati in corrispondenza della breccia nel molo di sottoflutto.

L'andamento della capacità di trasporto nella configurazione di progetto risulta invece seguire più fedelmente lo schema teorico per un porto commerciale o industriale che necessita di fondali medio-alti per l'ingresso e l'uscita delle navi dal bacino: la corrente, carica di sedimento, segue il molo di sovraflutto e poi cala rapidamente incontrando le alte profondità in corrispondenza della testata del molo (cfr. ad esempio Figura 63).

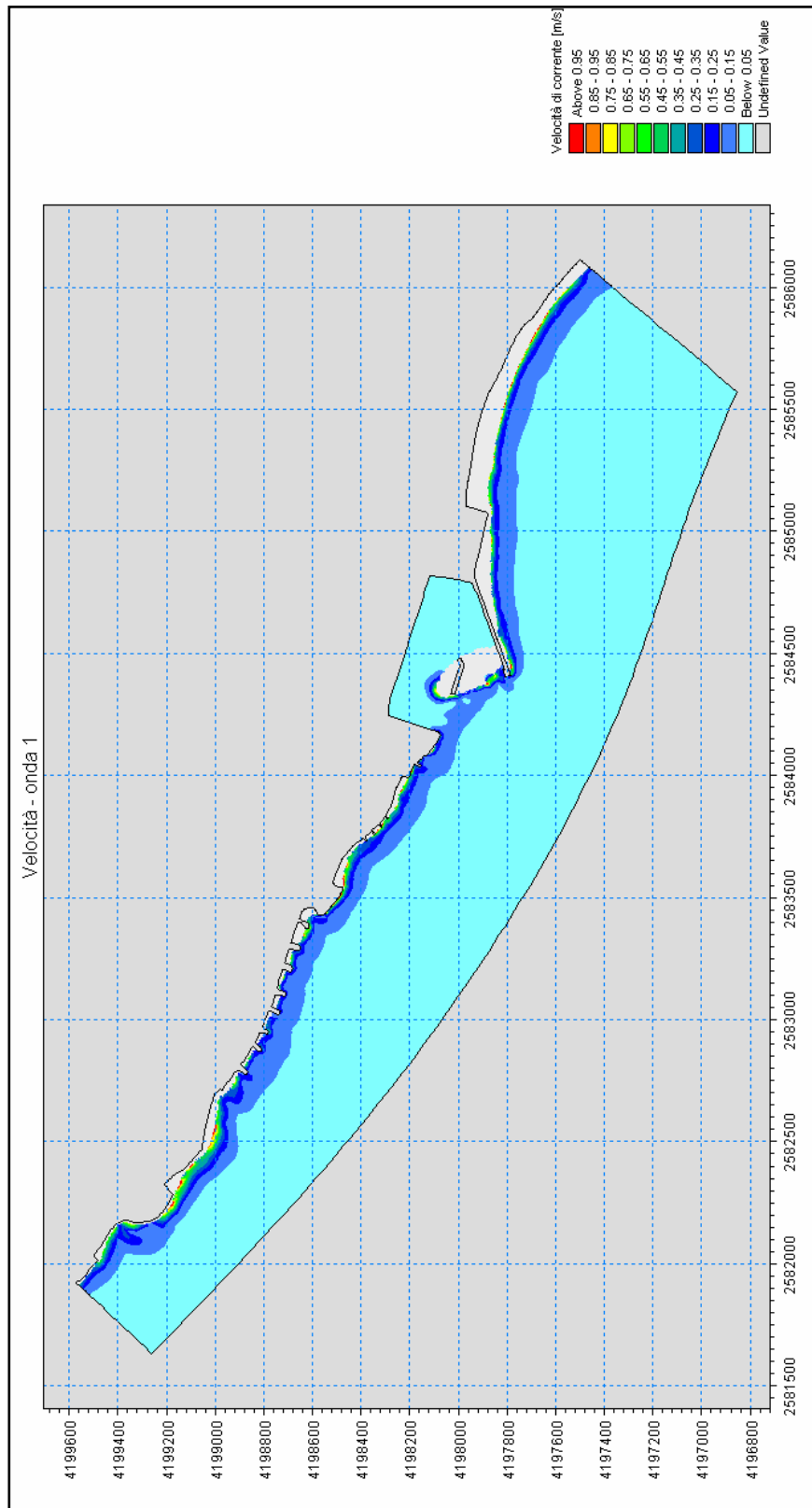


Figura 32 – Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°1 – stato attuale.

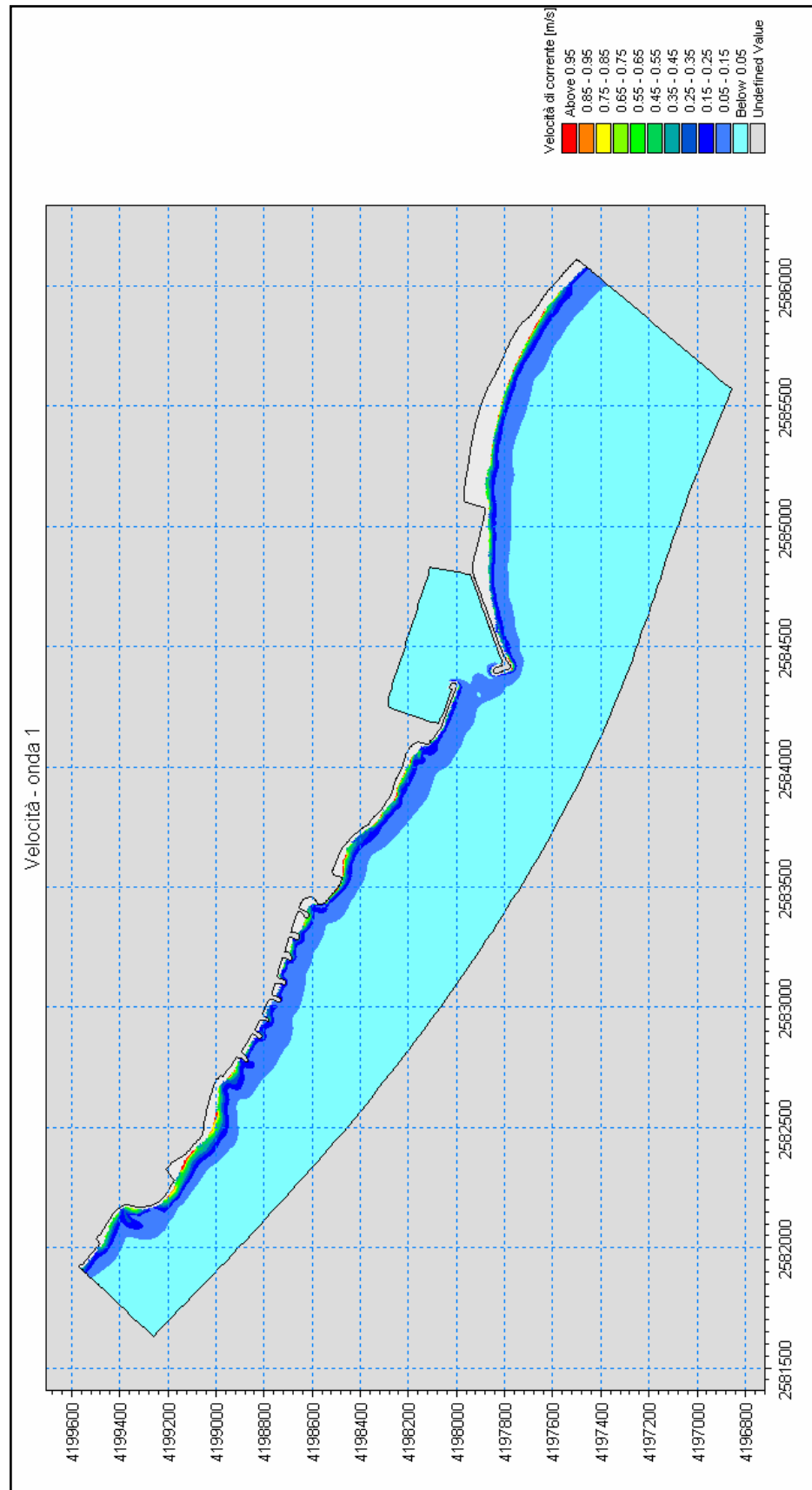


Figura 33 - Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°1 – stato di progetto.

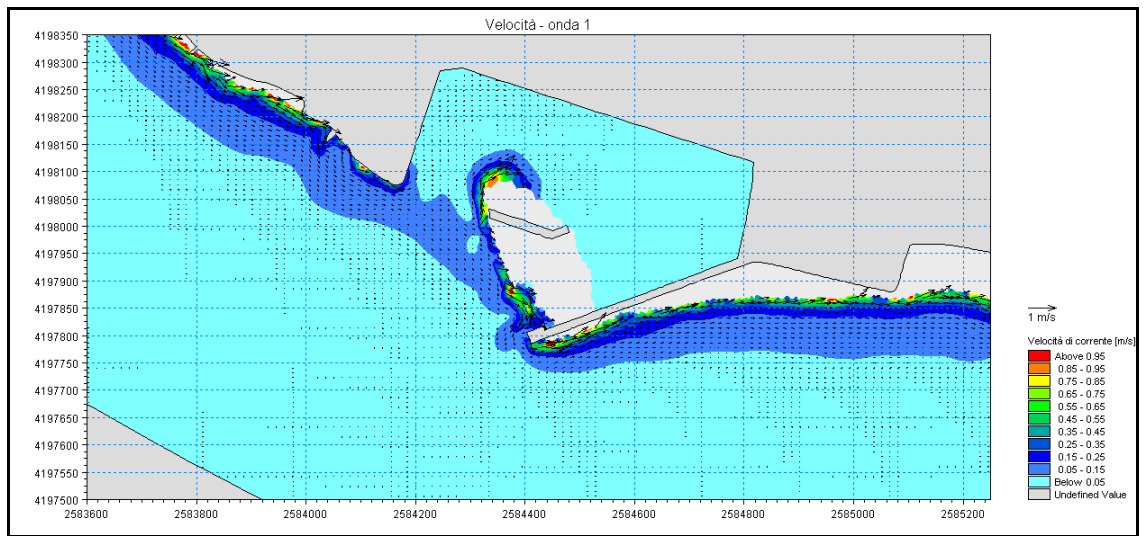


Figura 34 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

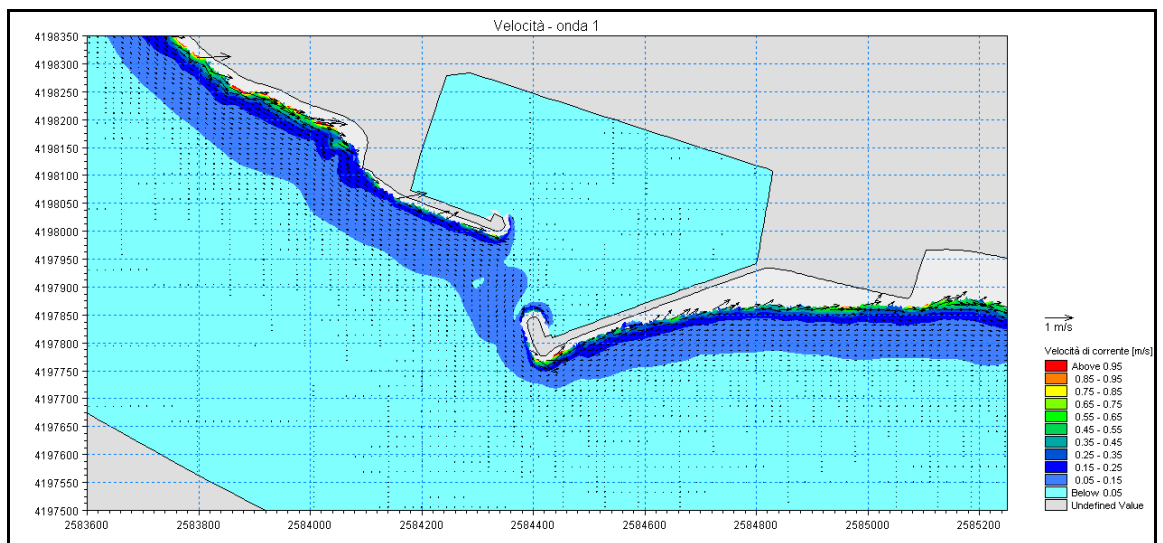


Figura 35 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

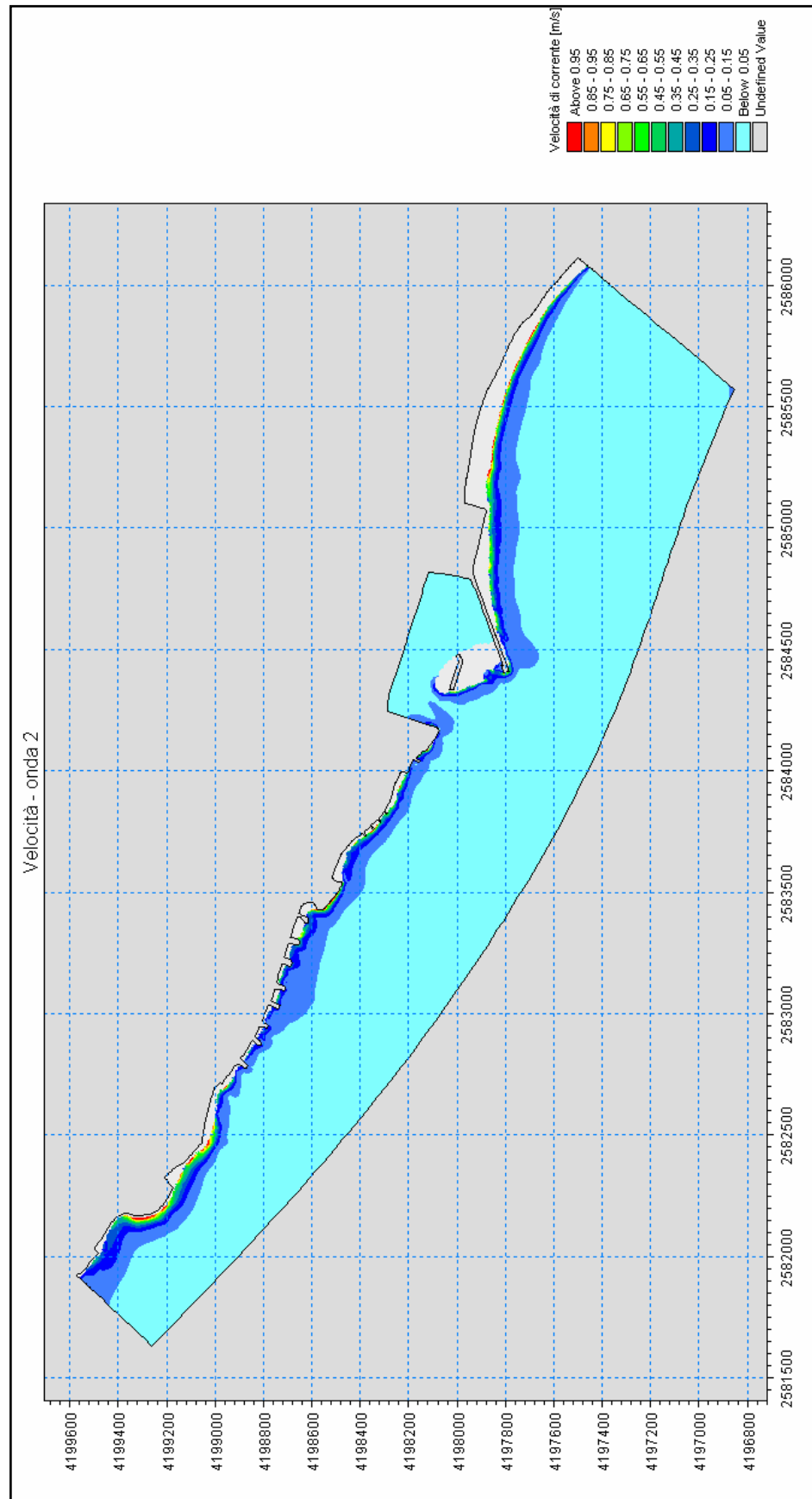


Figura 36 – Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°2 – stato attuale.

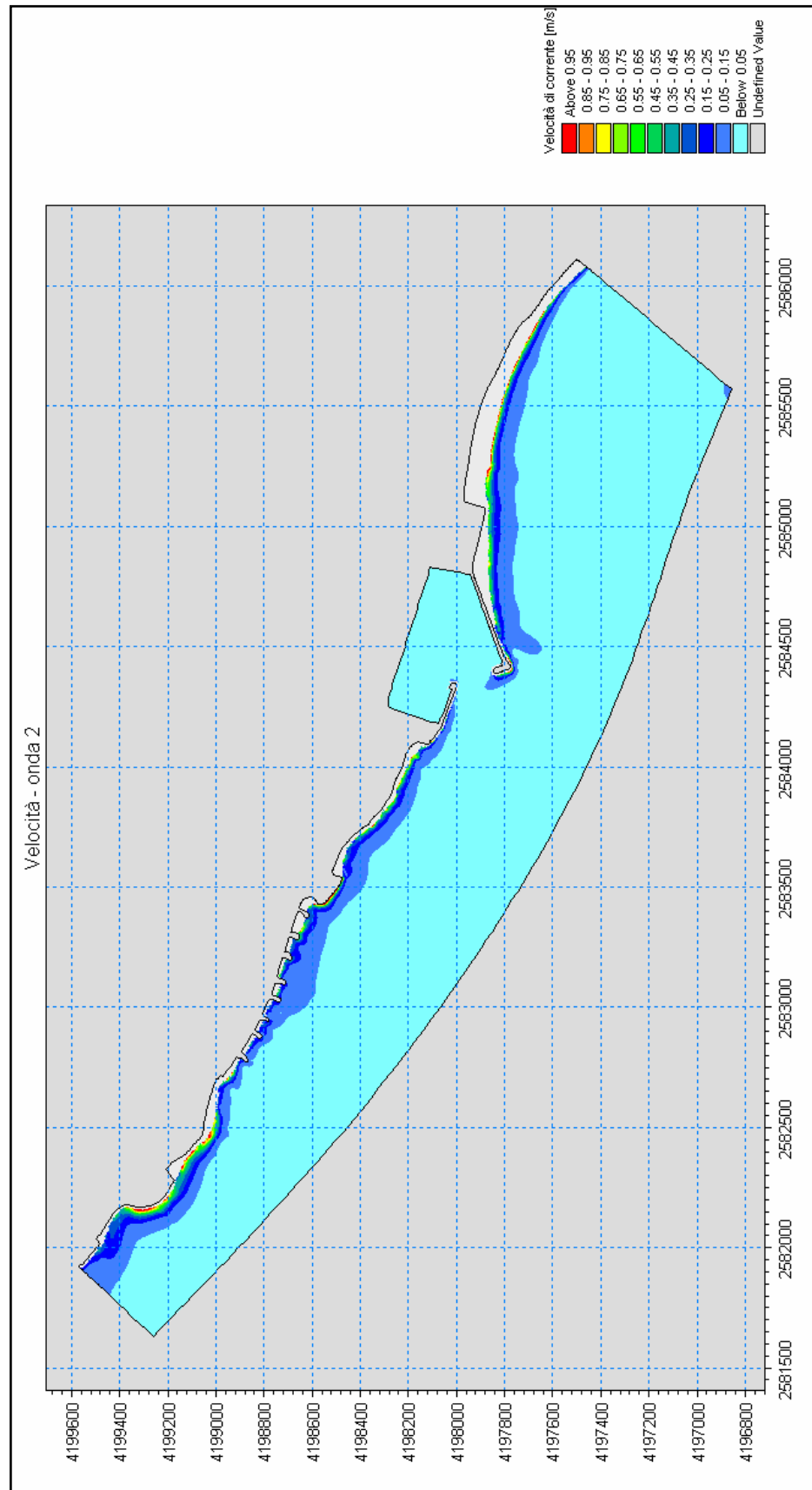


Figura 37 - Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°2 – stato di progetto.

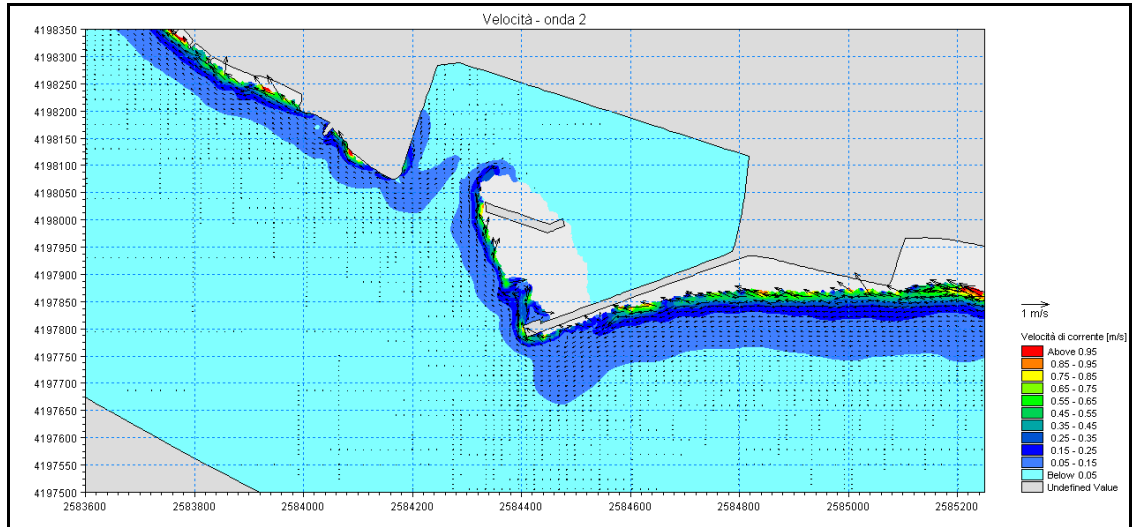


Figura 38 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

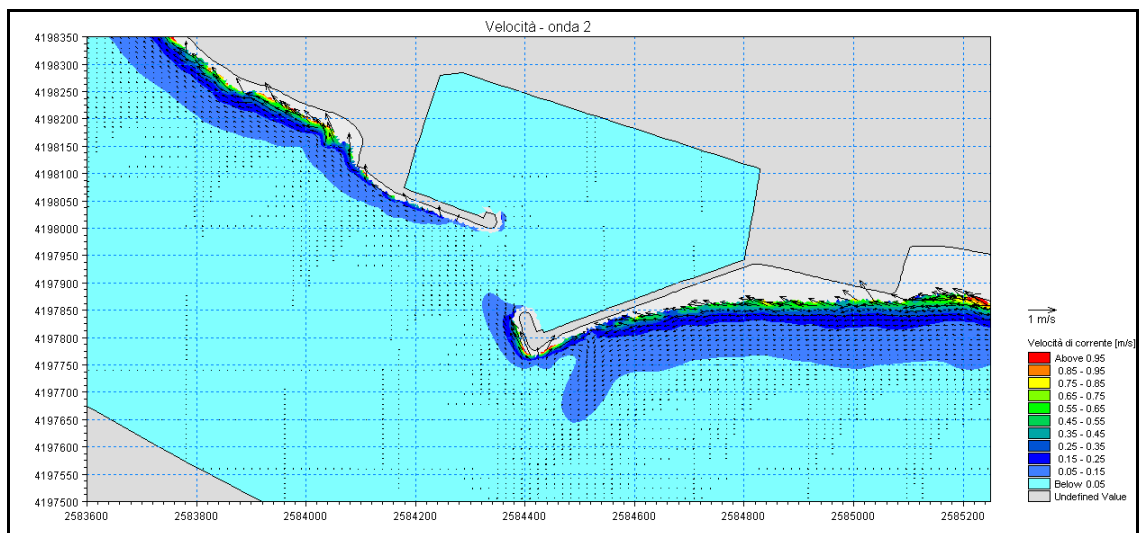


Figura 39 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

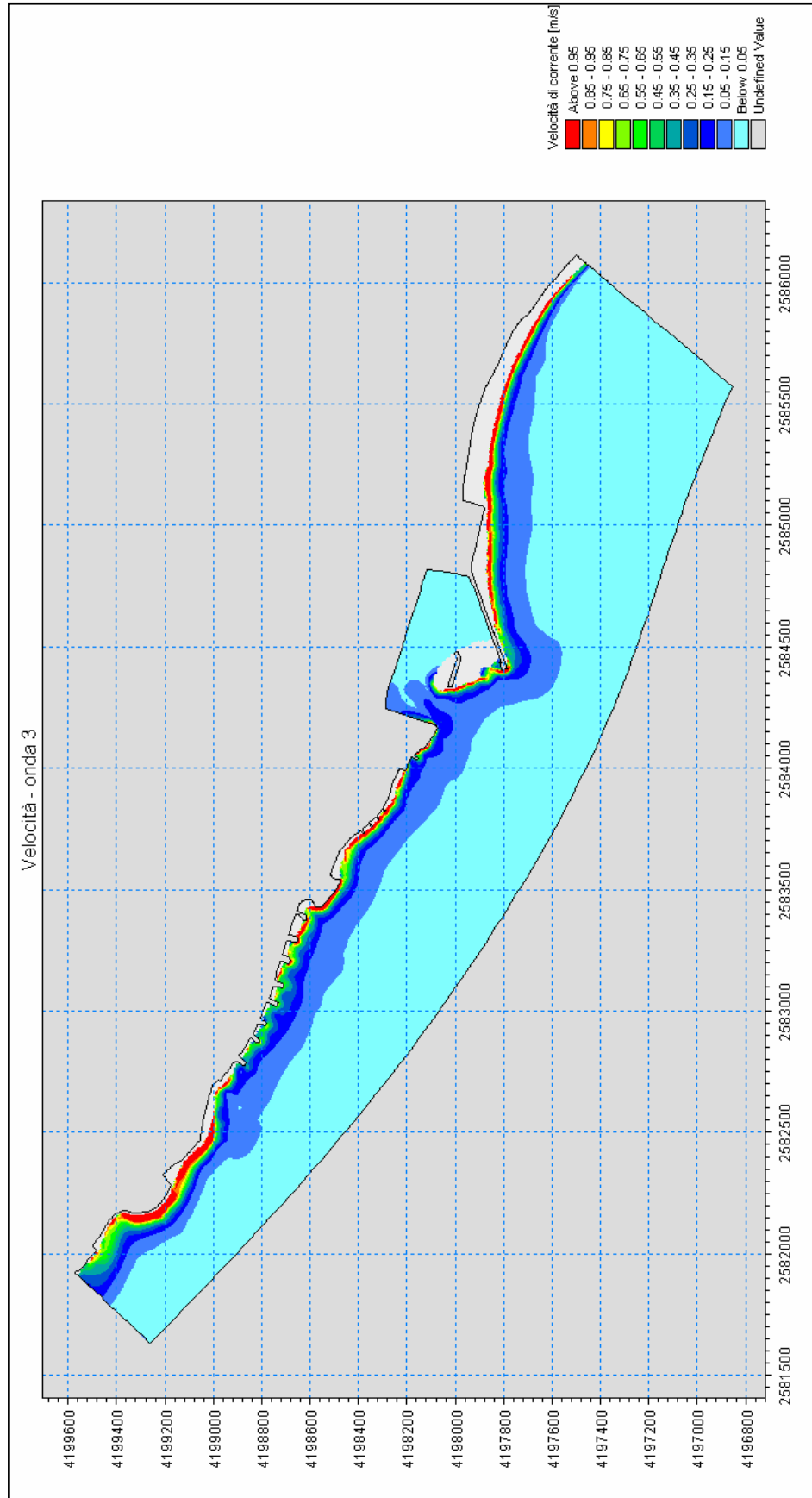


Figura 40 – Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°3 – stato attuale.

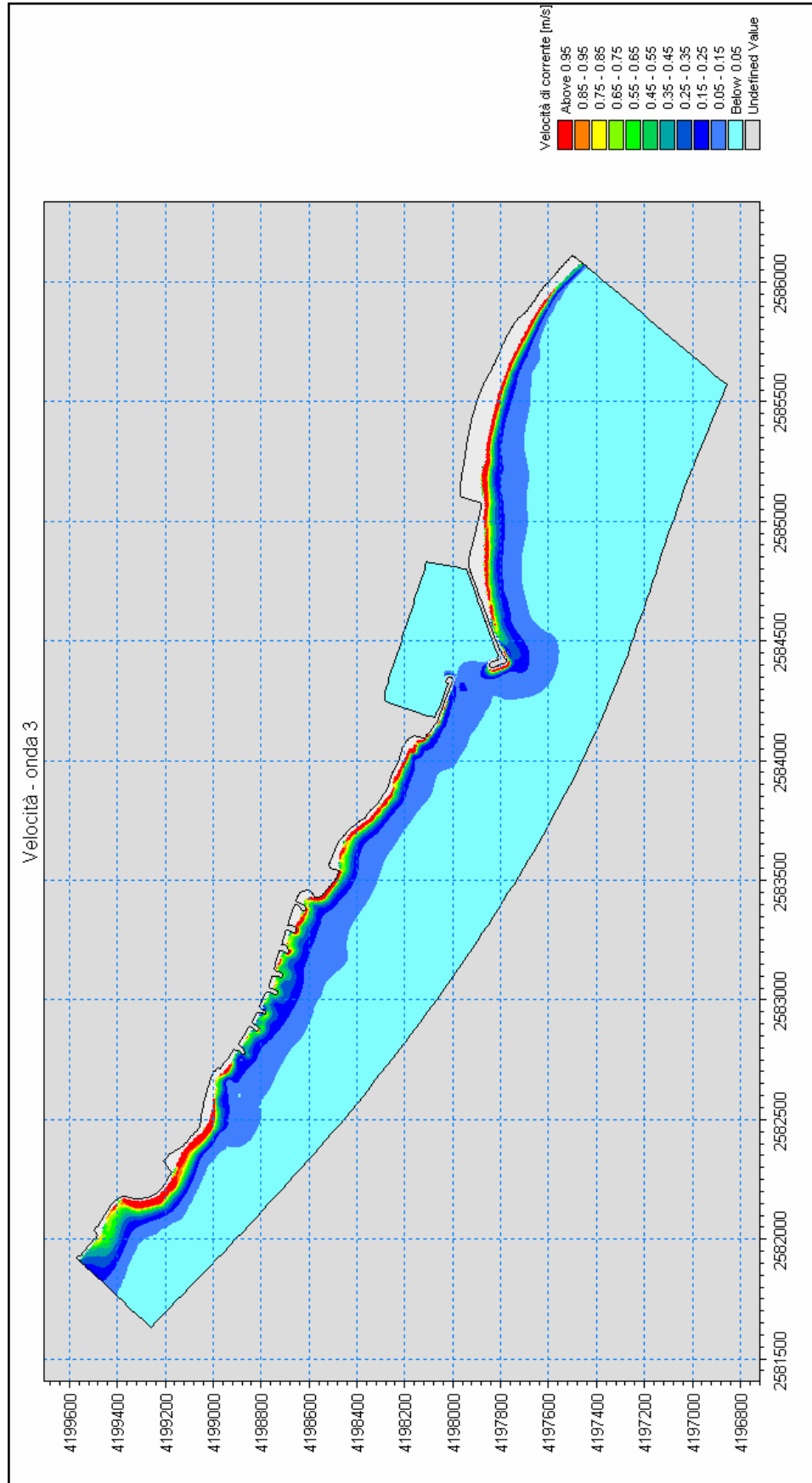


Figura 41 - Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°3 – stato di progetto.

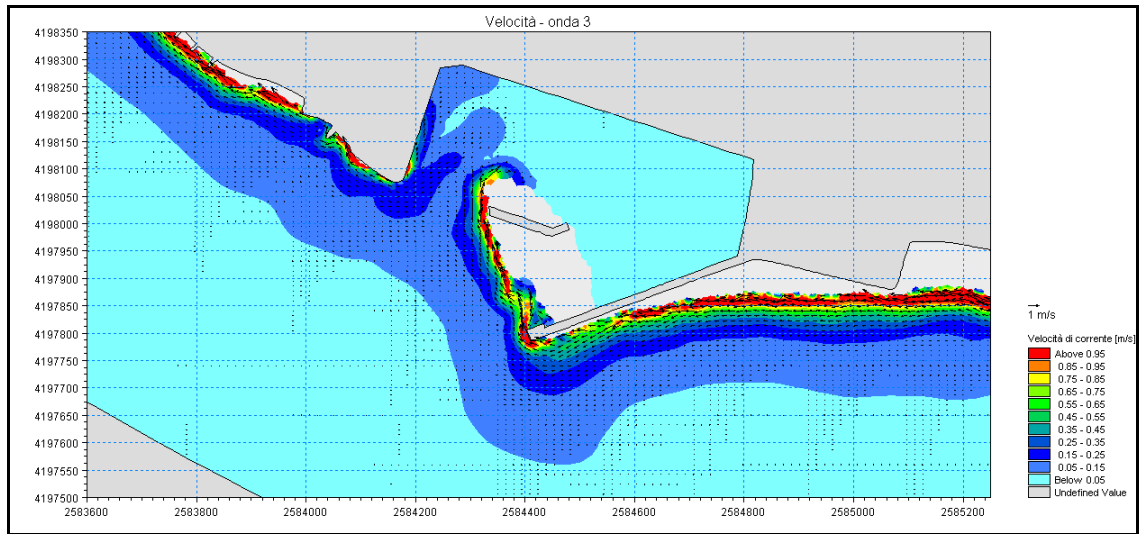


Figura 42 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

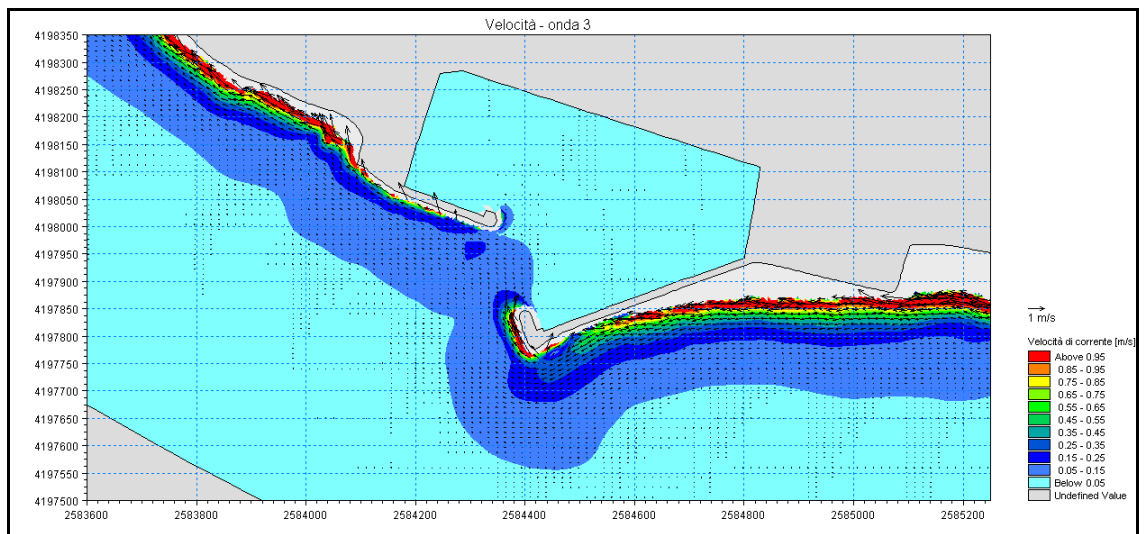


Figura 43 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

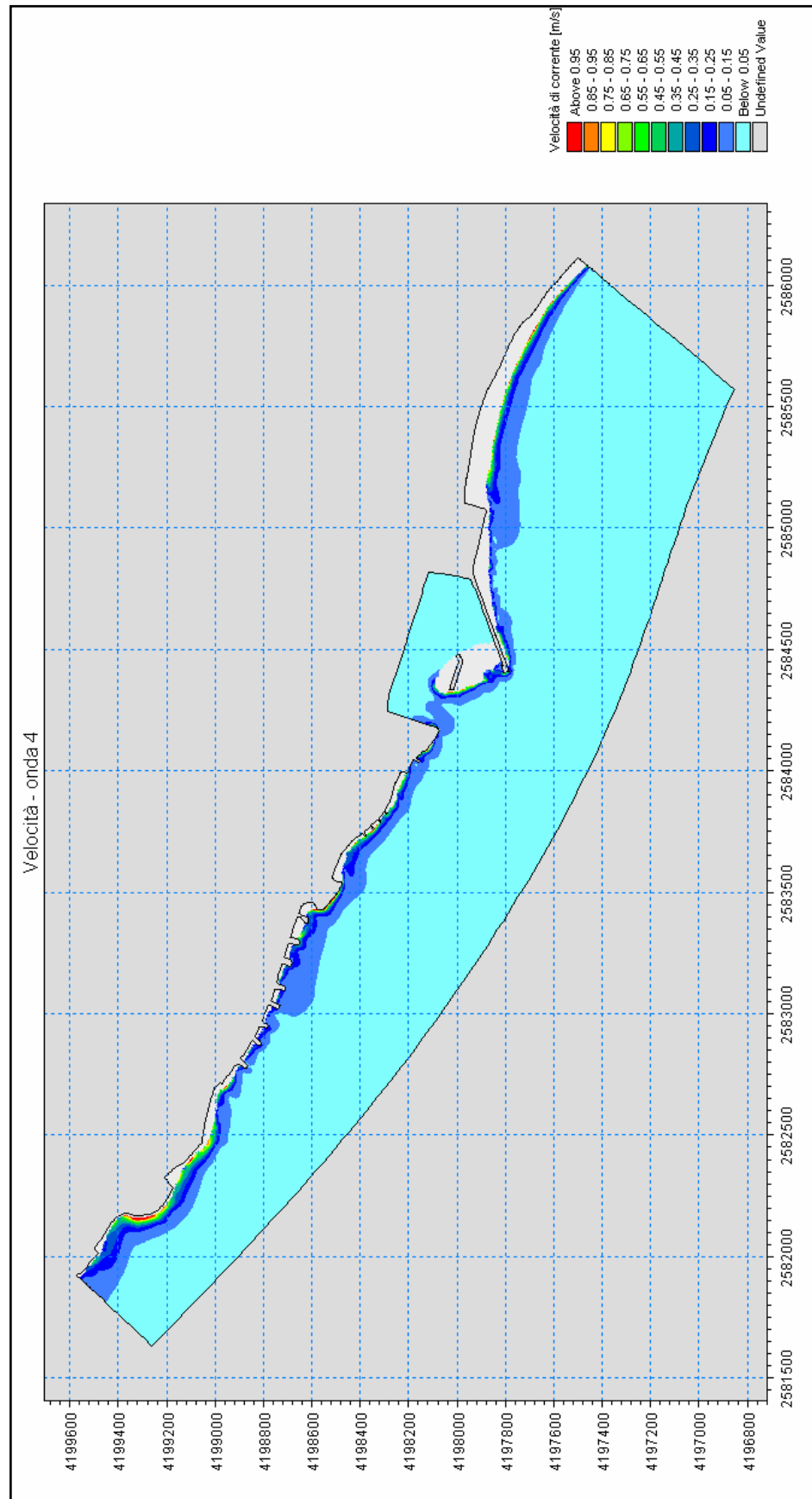


Figura 44 – Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°4 – stato attuale.

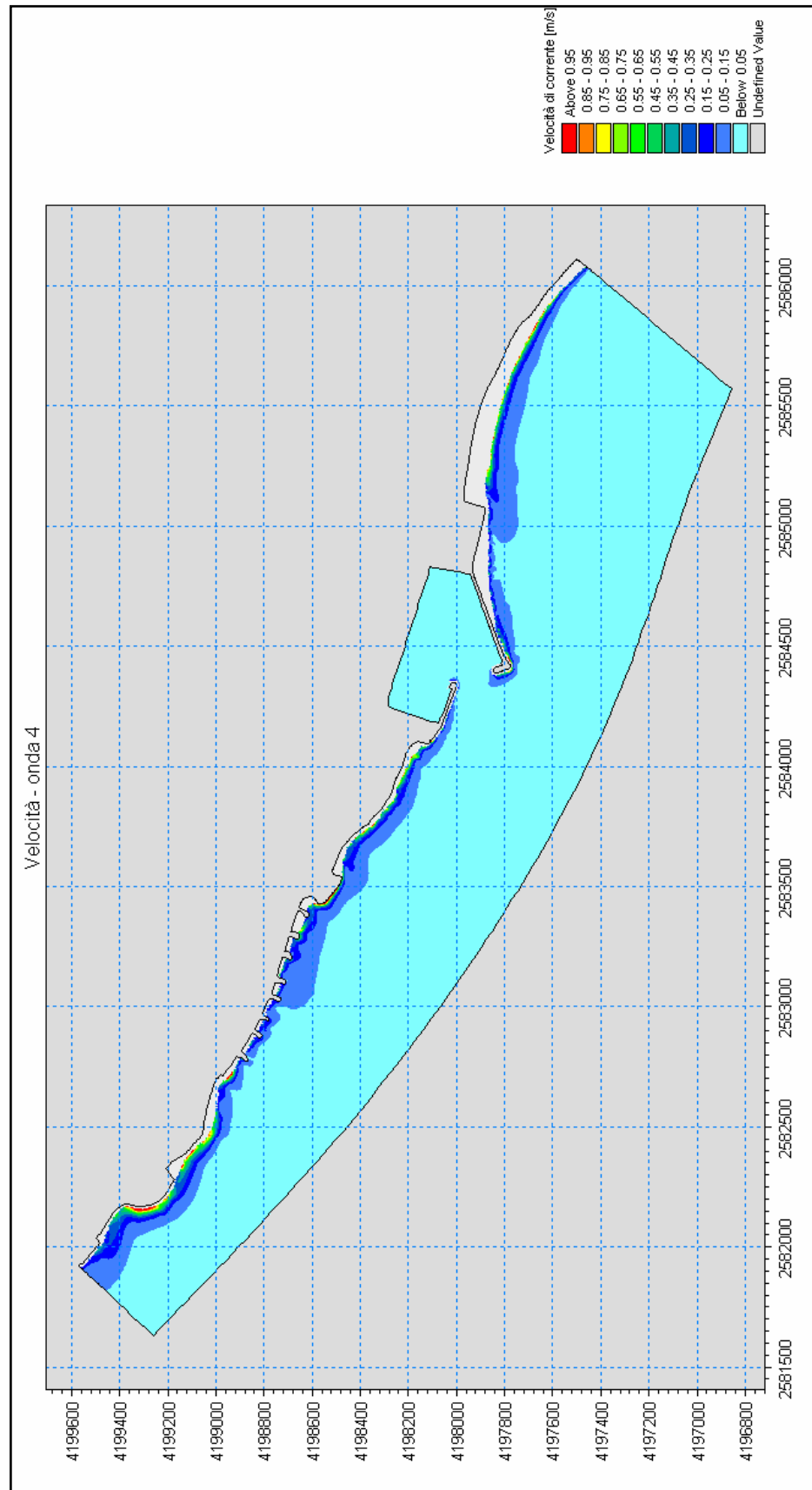


Figura 45 - Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°4 – stato di progetto.

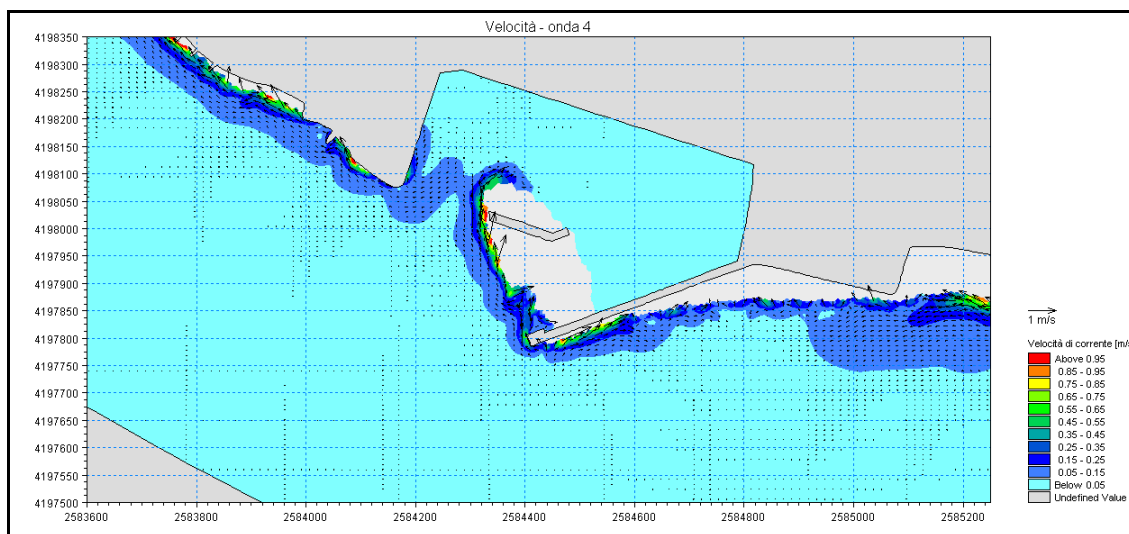


Figura 46 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

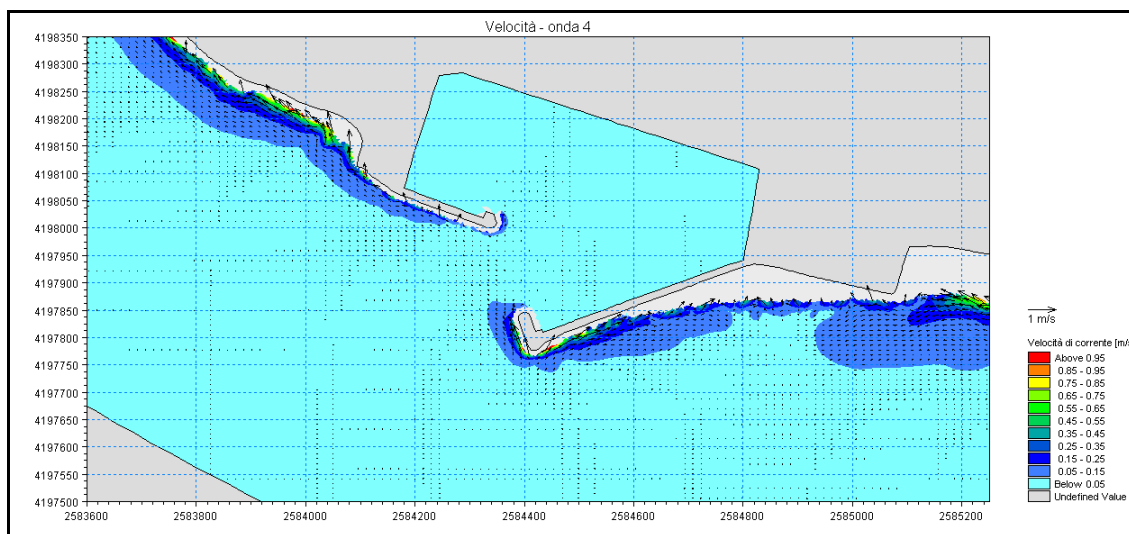


Figura 47 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

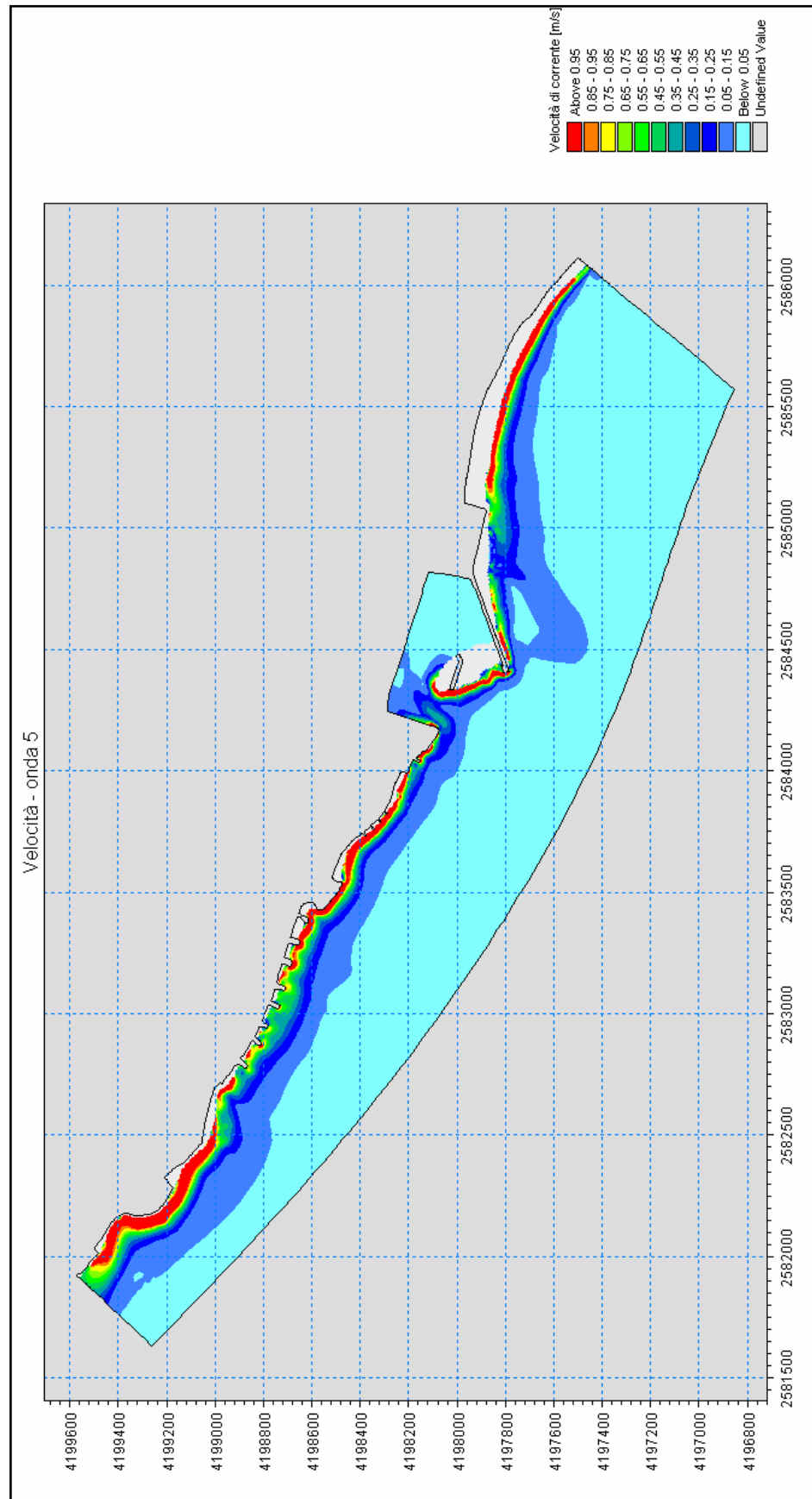


Figura 48 – Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°5 – stato attuale.

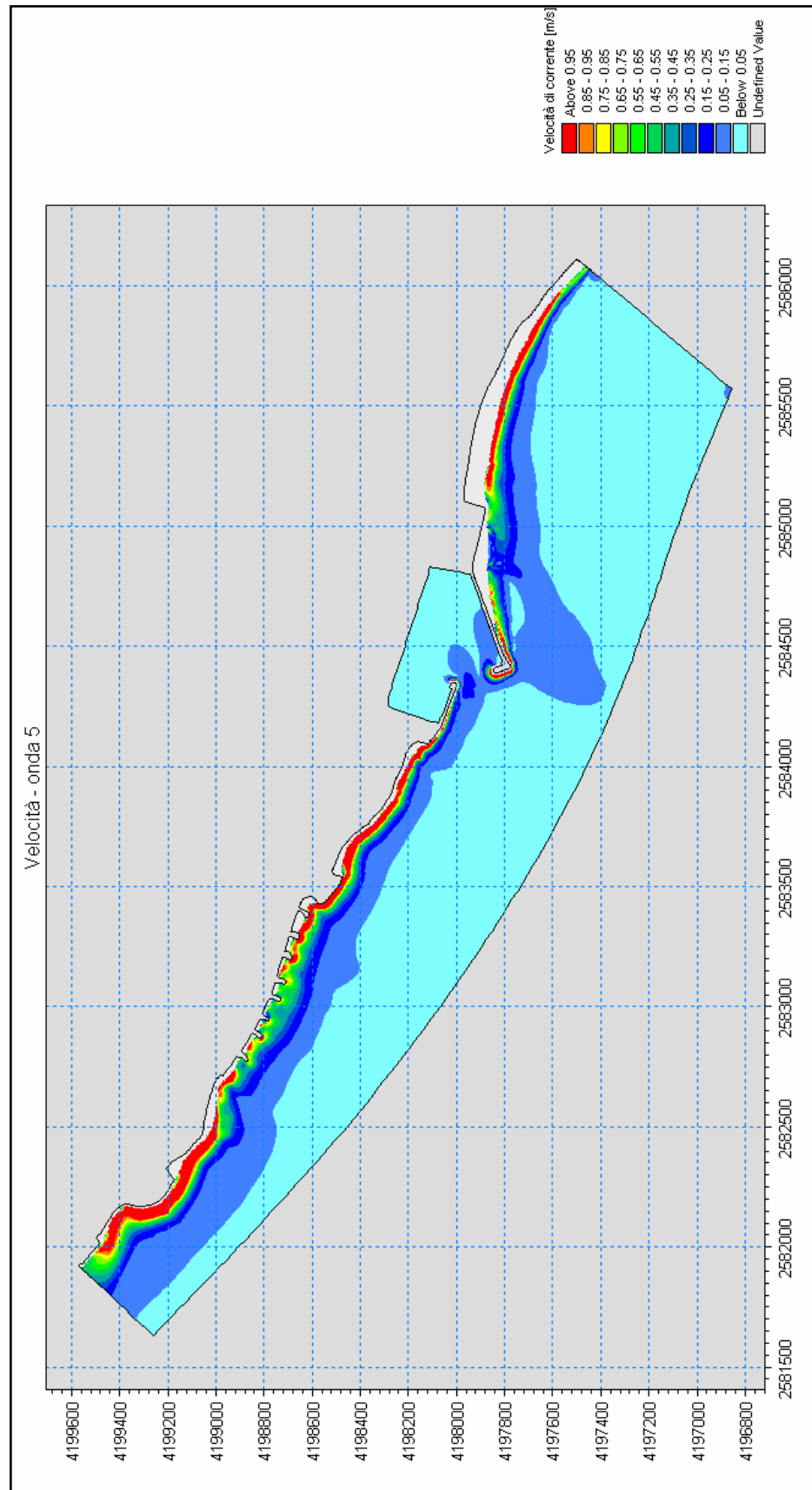


Figura 49 - Distribuzione delle velocità di corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°5 – stato di progetto.

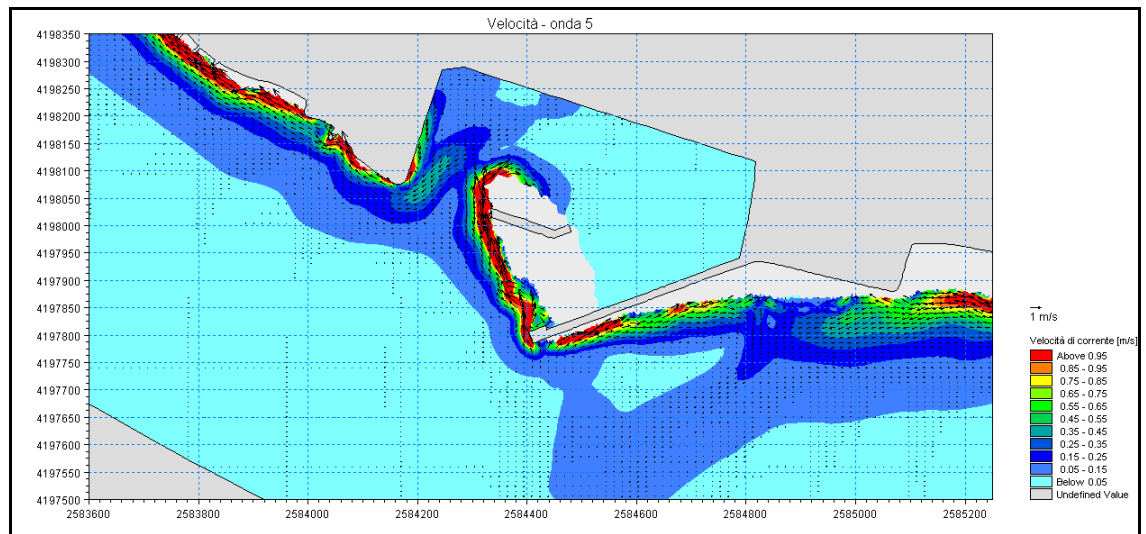


Figura 50 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

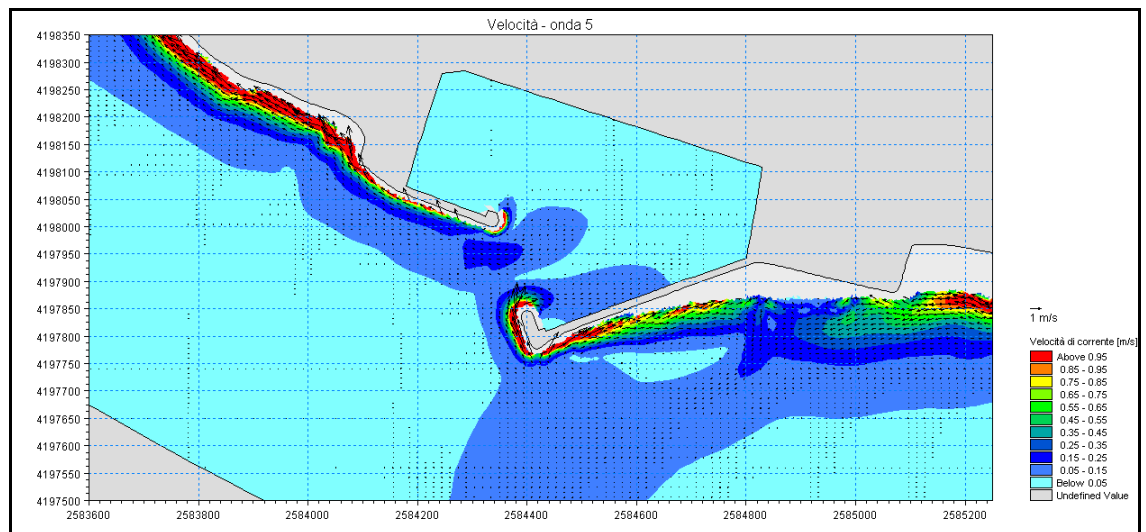


Figura 51 – Distribuzione delle velocità e delle direzioni della corrente nel dominio di calcolo indotte dall'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

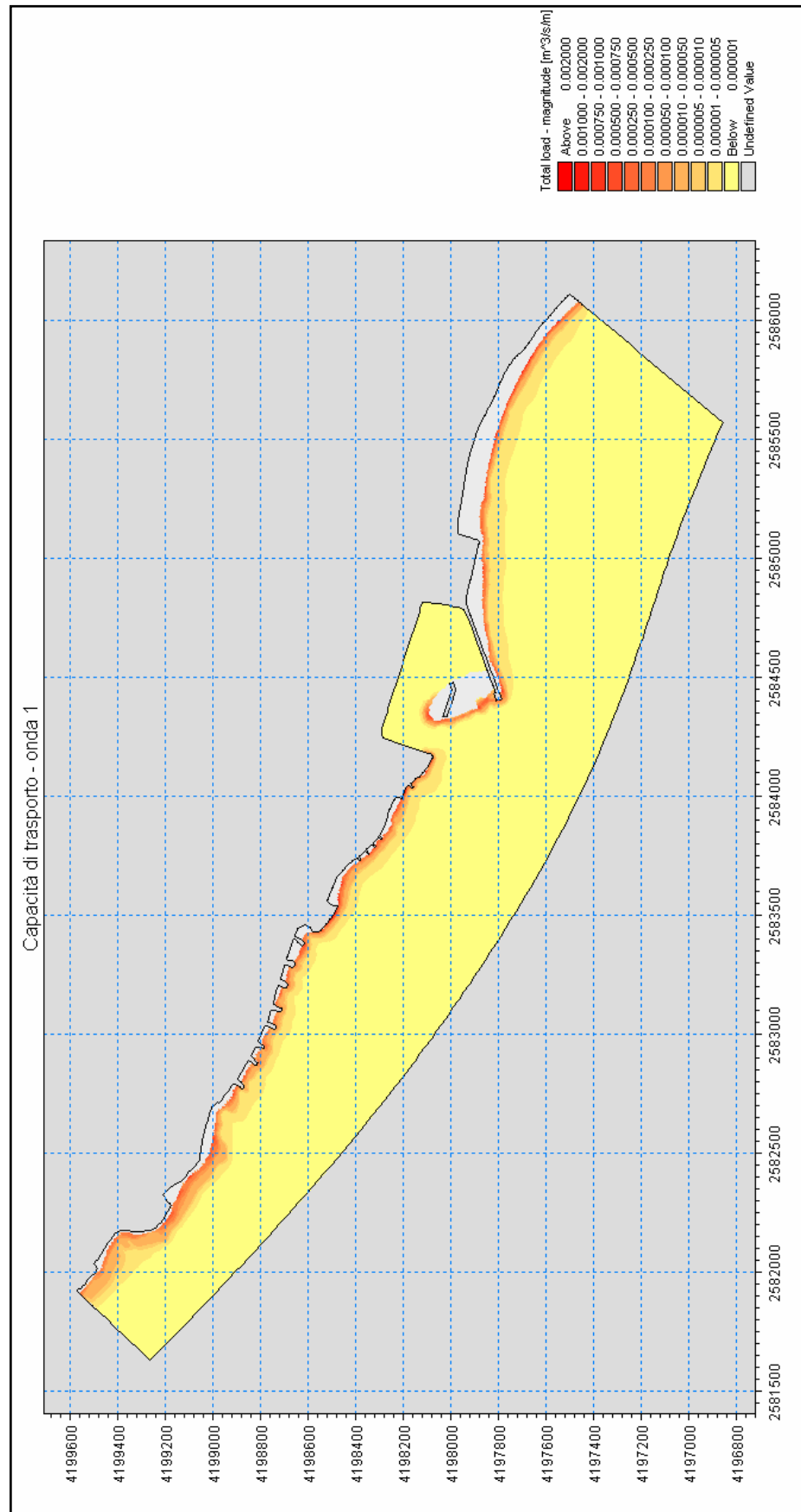


Figura 52 – Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°1 – stato attuale.

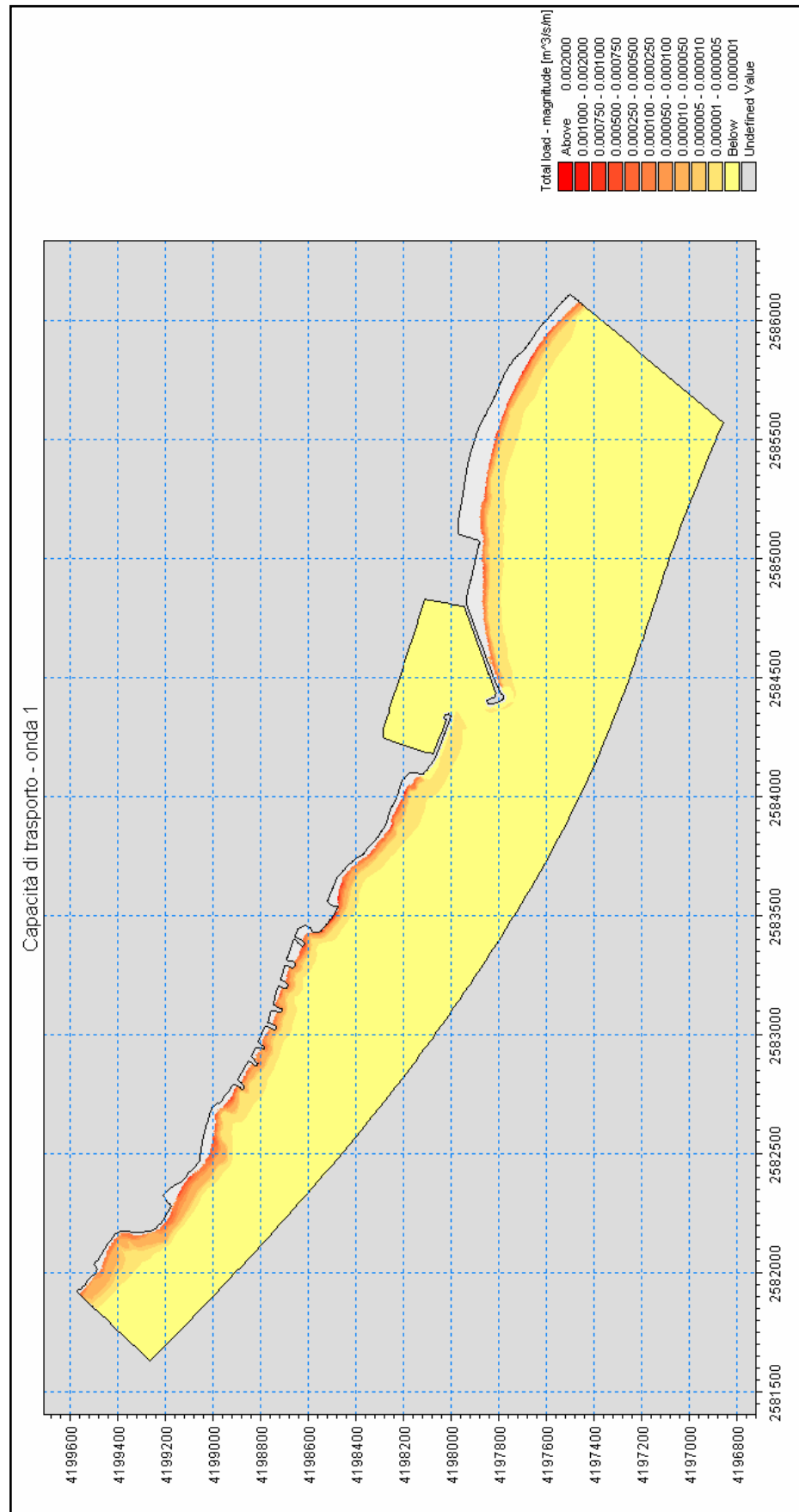


Figura 53 - Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°1 – stato di progetto.

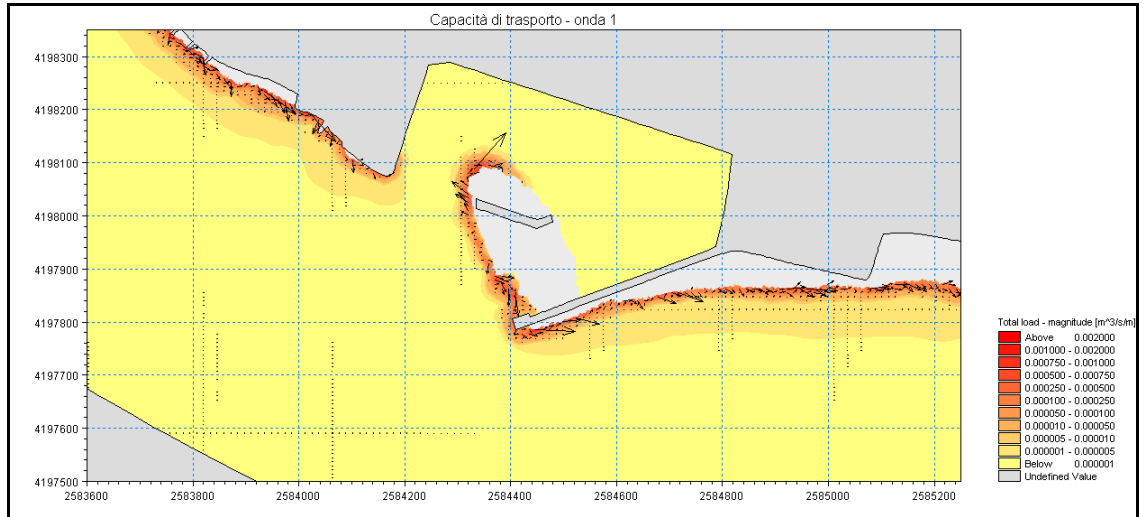


Figura 54 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

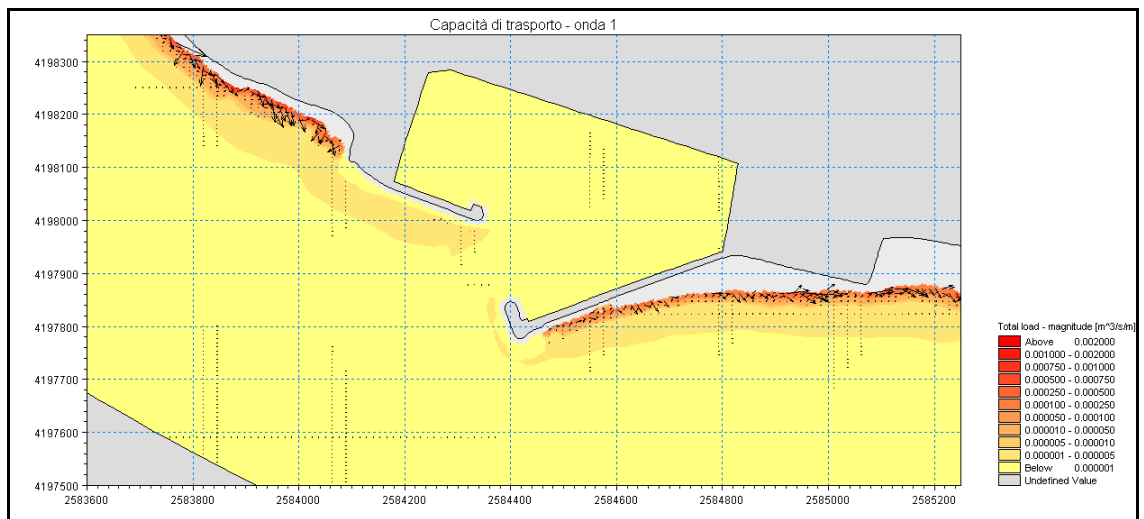


Figura 55 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°1 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

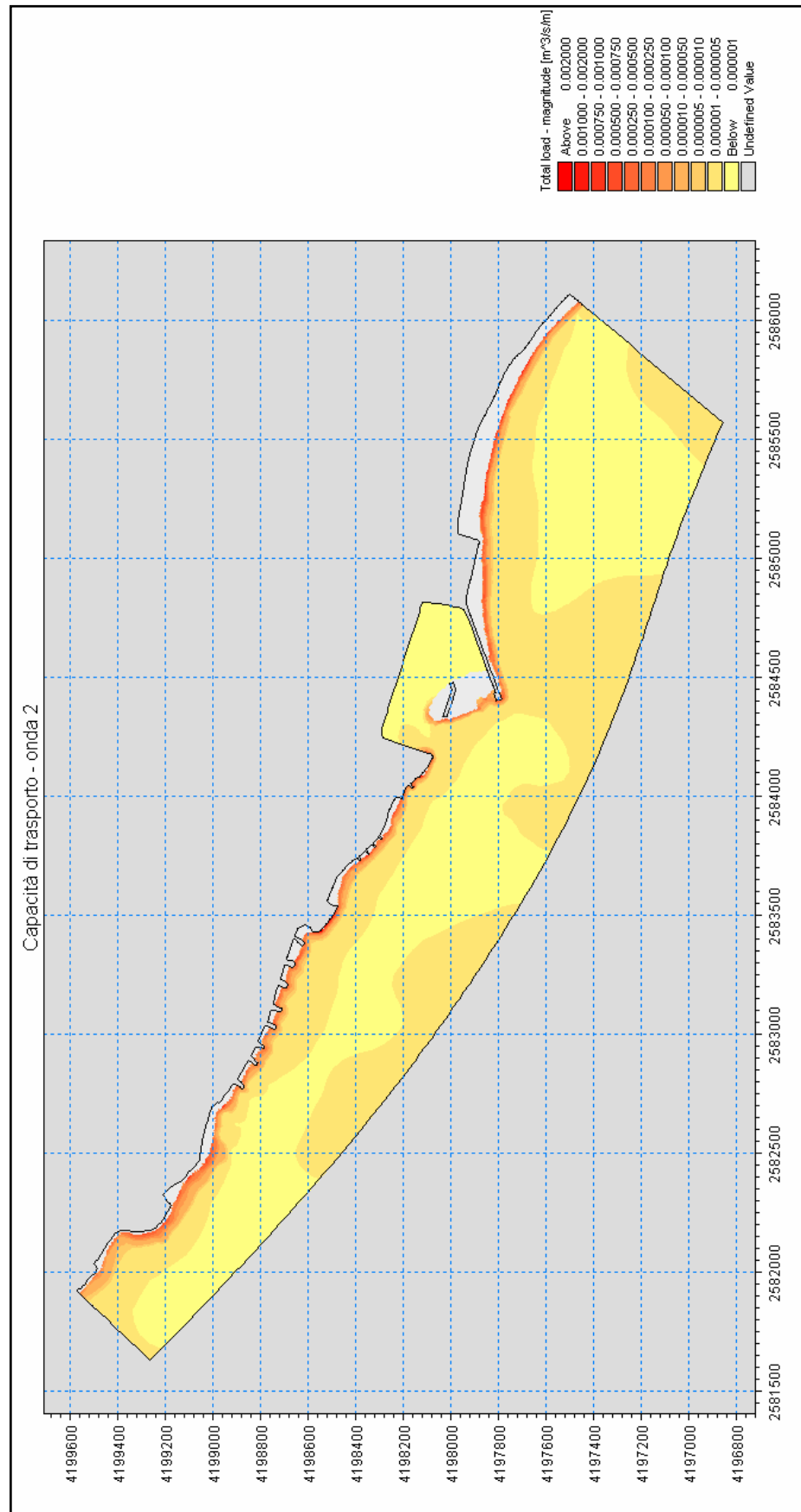


Figura 56 – Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°2 – stato attuale.

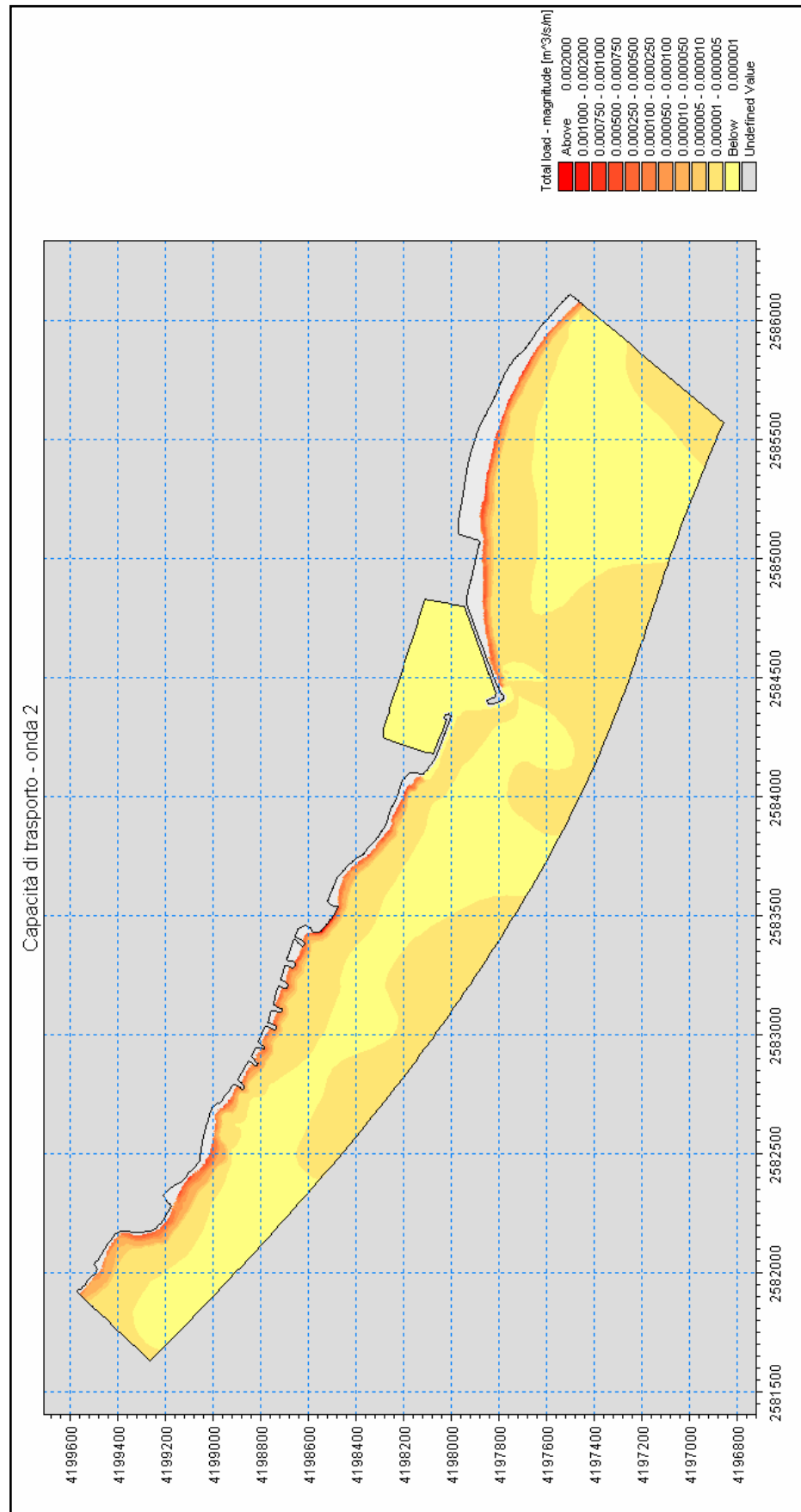


Figura 57 - Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°2 – stato di progetto.

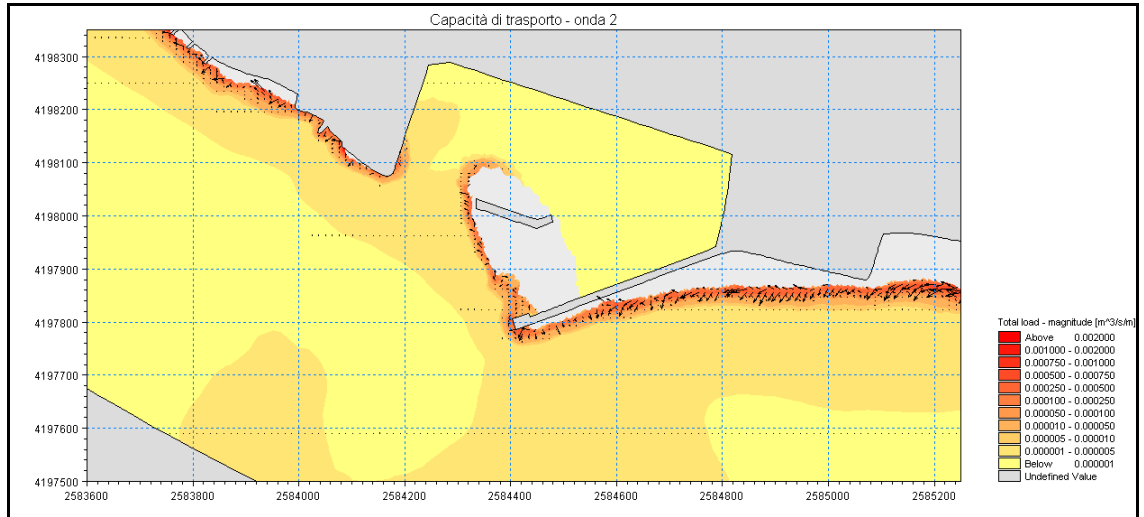


Figura 58 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

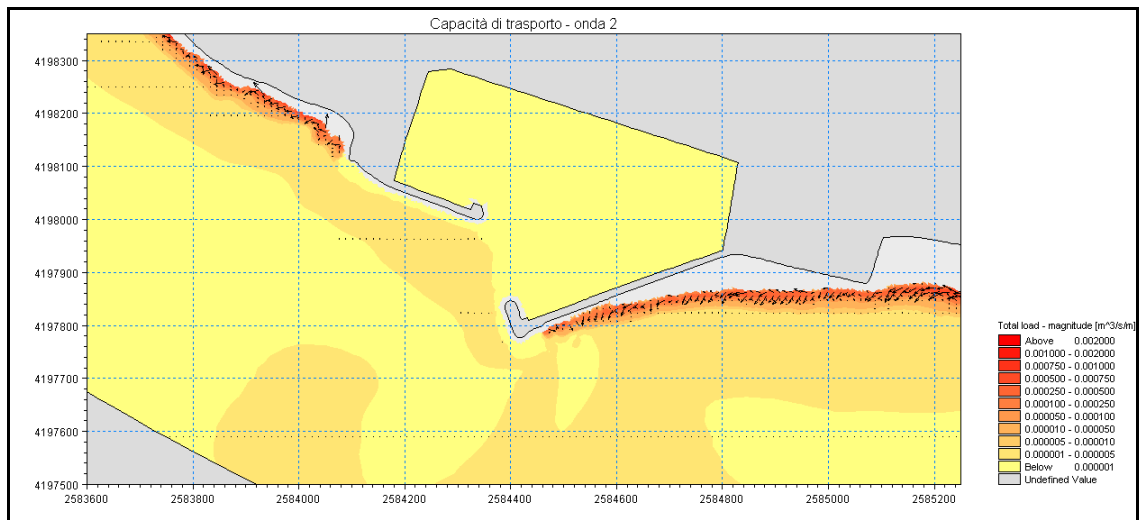


Figura 59 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°2 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

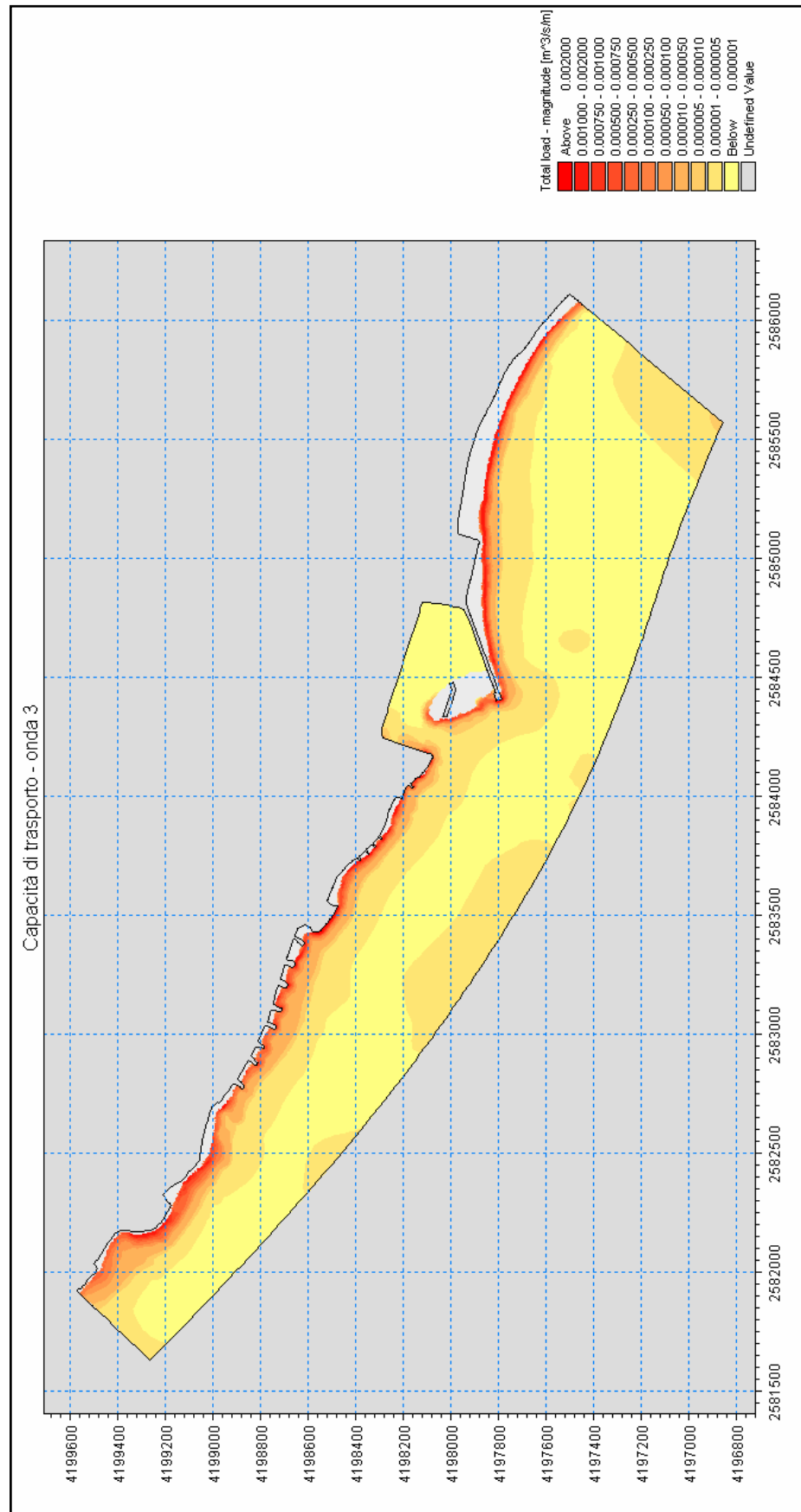


Figura 60 – Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°3 – stato attuale.

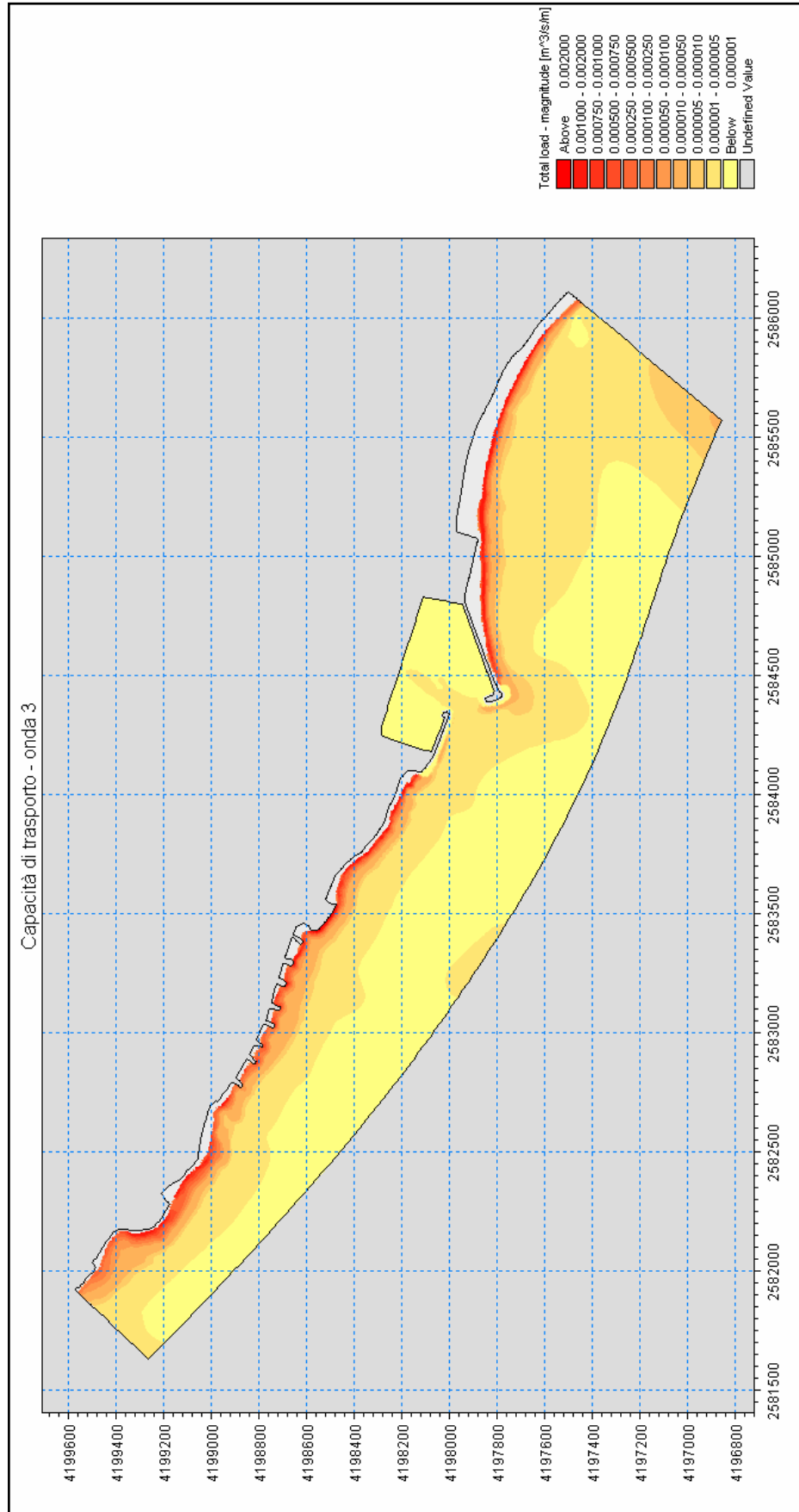


Figura 61 - Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°3 – stato di progetto.

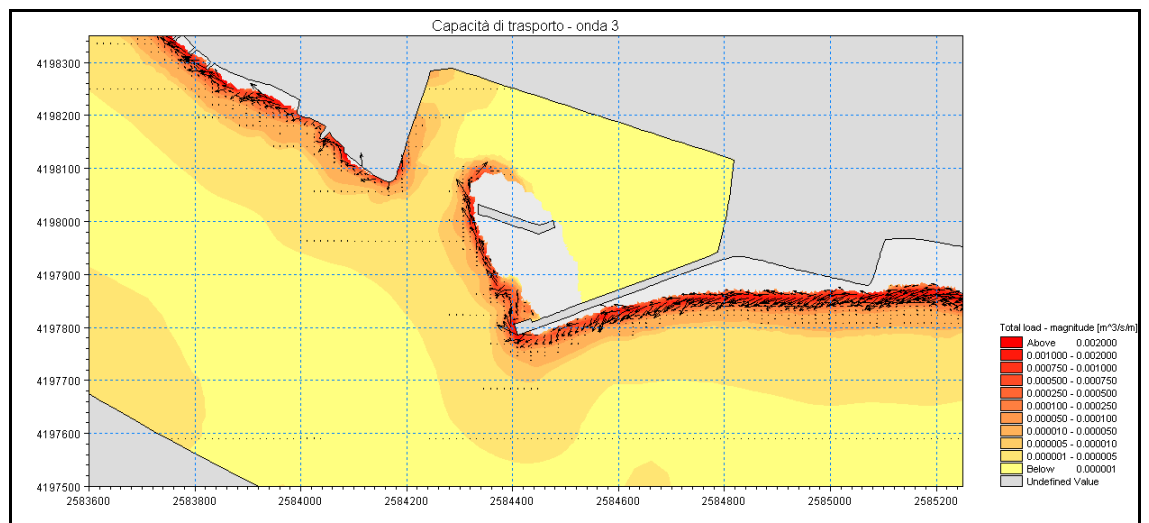


Figura 62 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

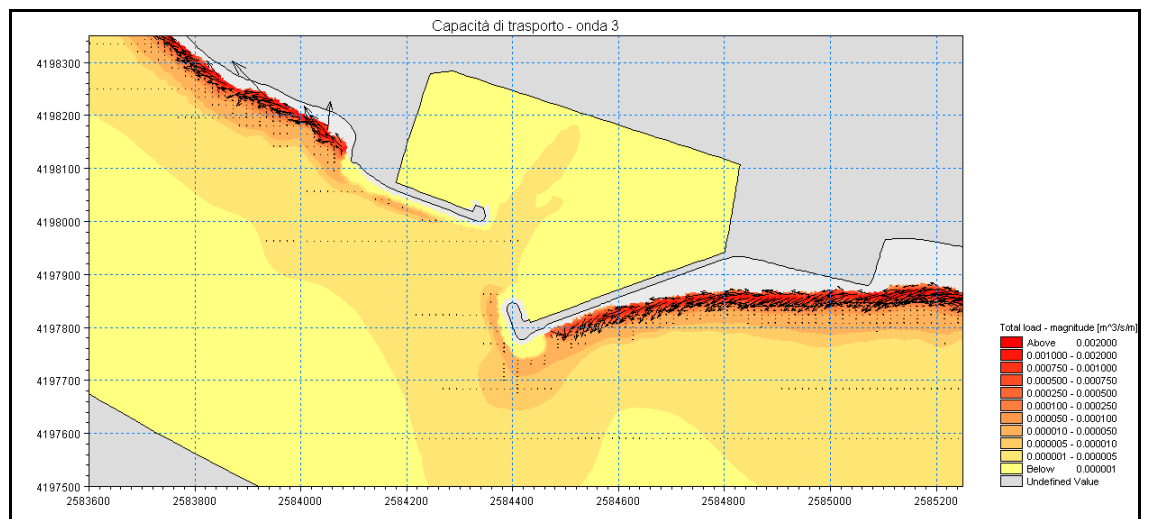


Figura 63 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°3 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

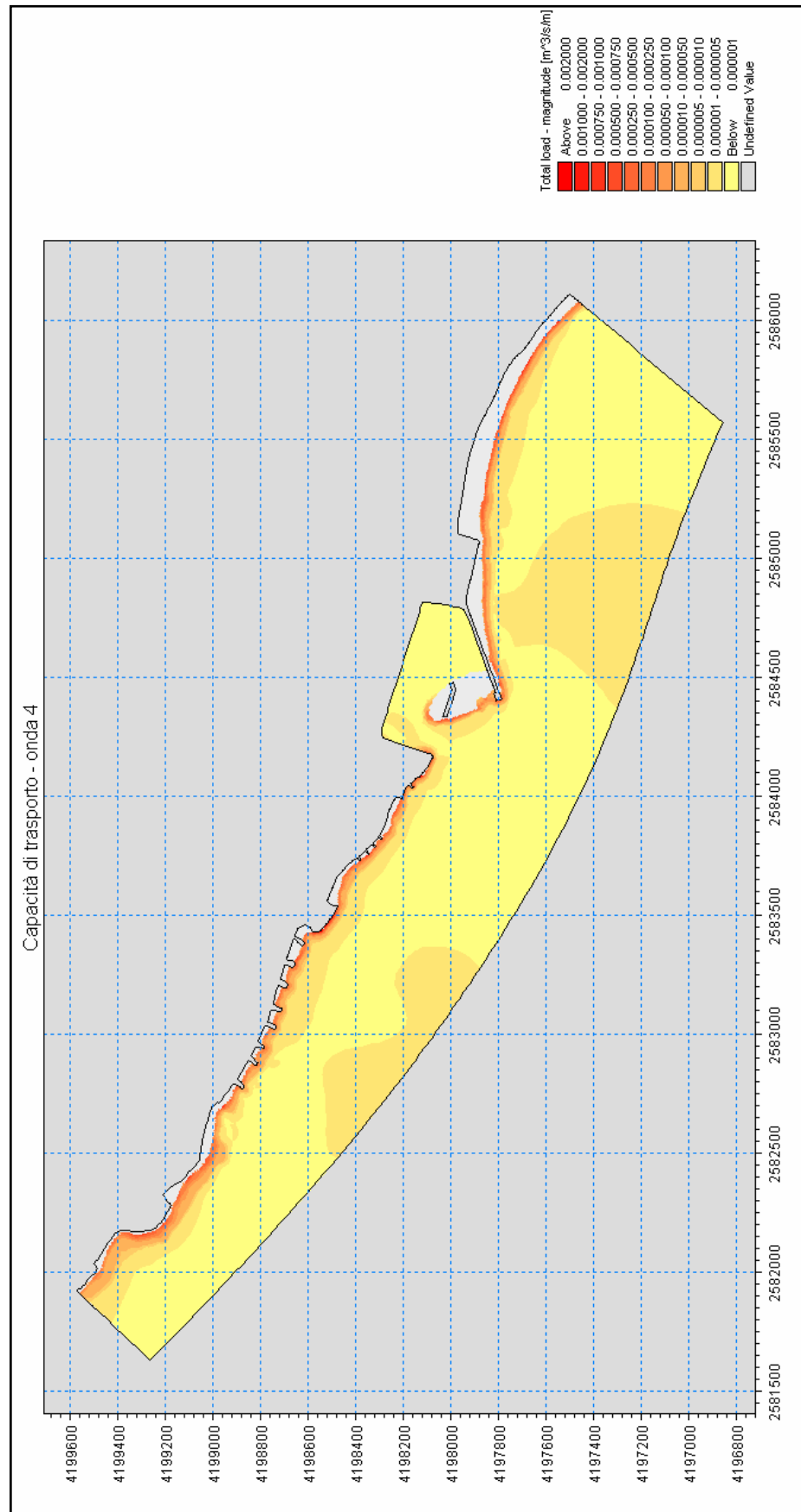


Figura 64 – Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°4 – stato attuale.

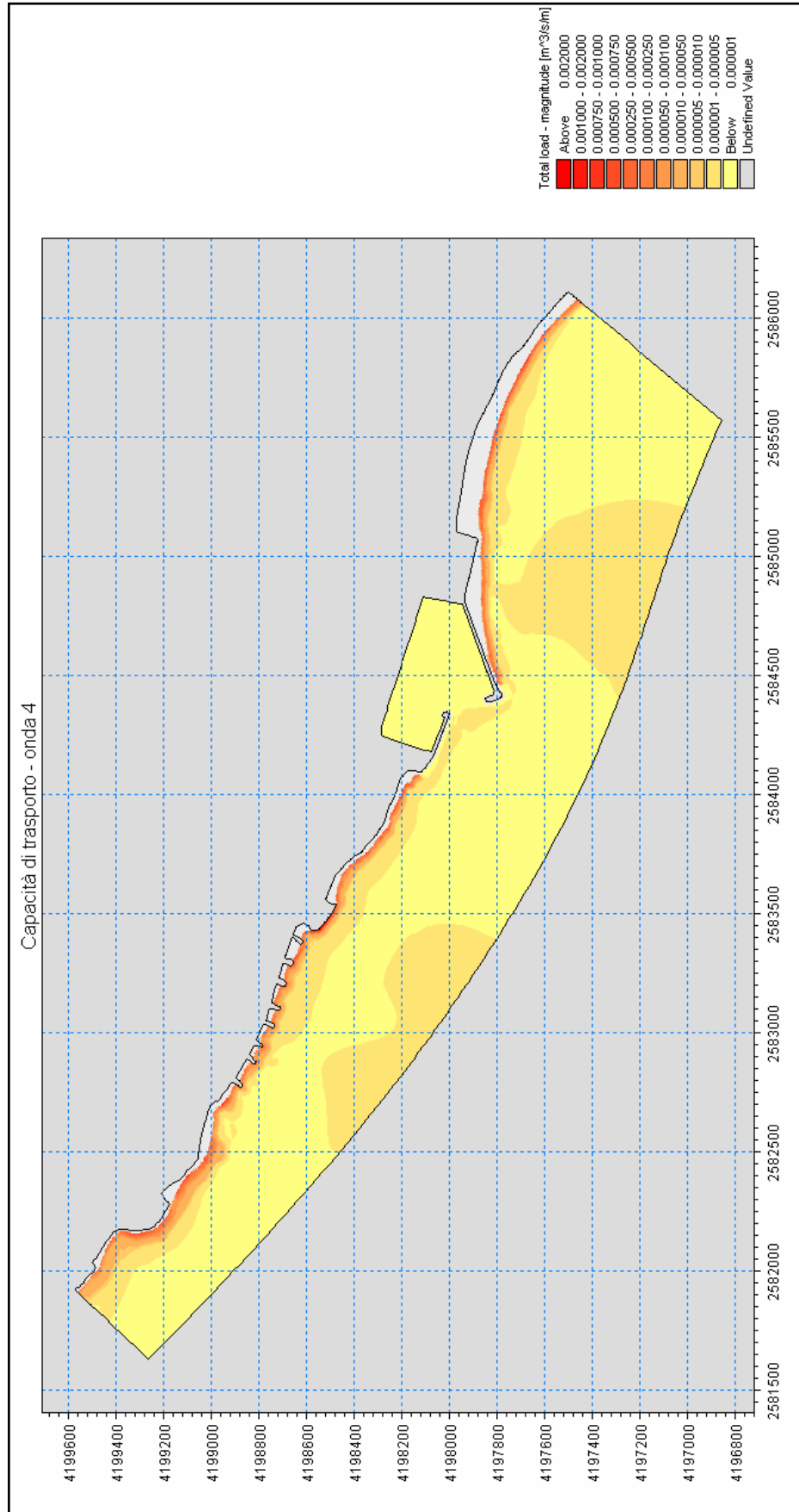


Figura 65 - Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°4 – stato di progetto.

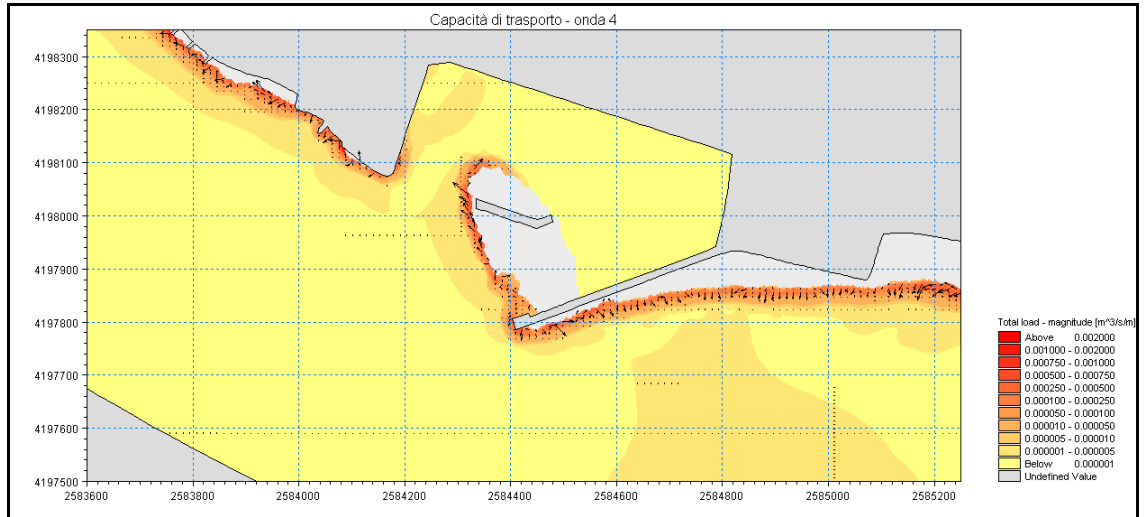


Figura 66 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

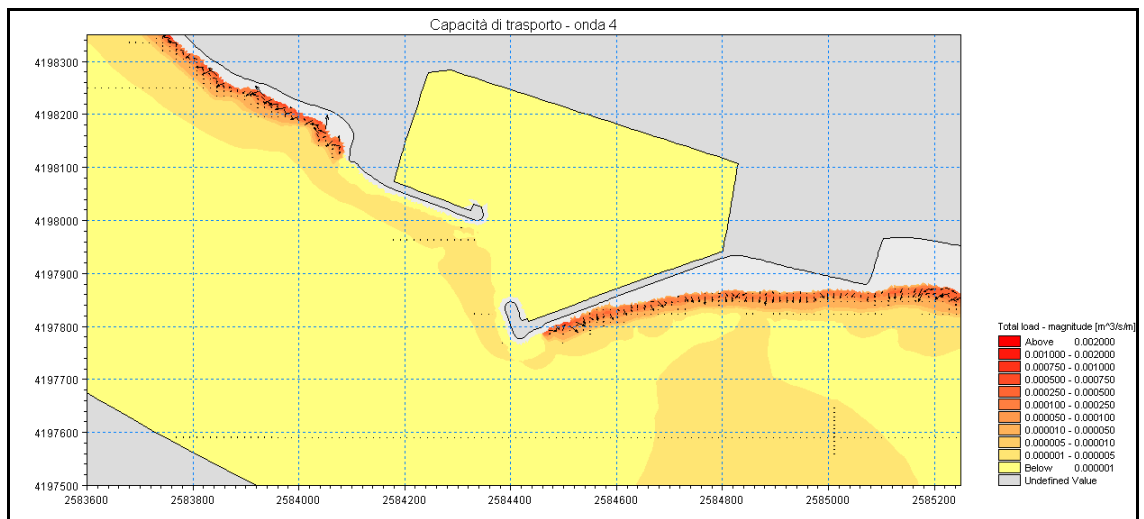


Figura 67 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°4 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

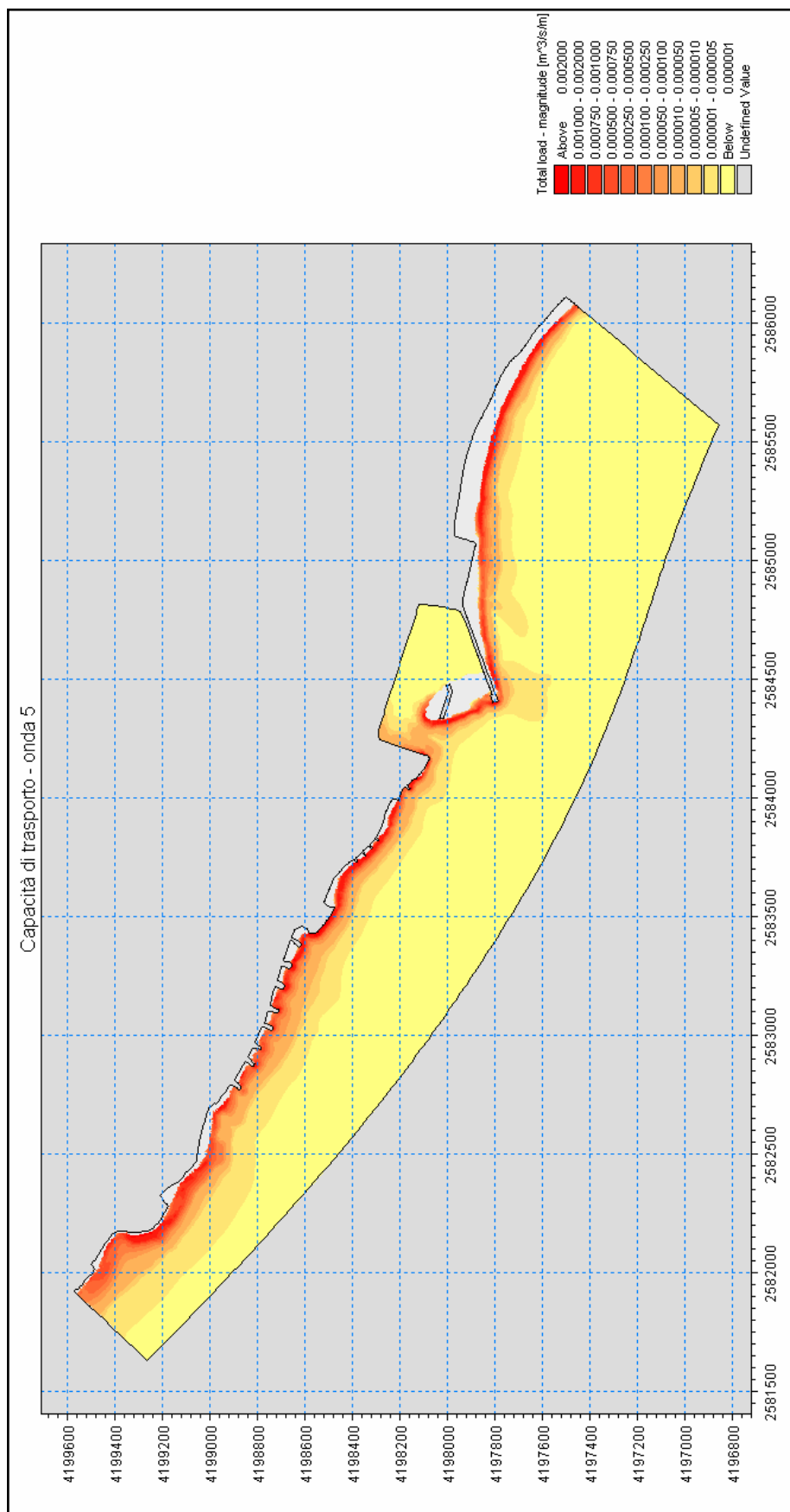


Figura 68 – Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°5 – stato attuale.

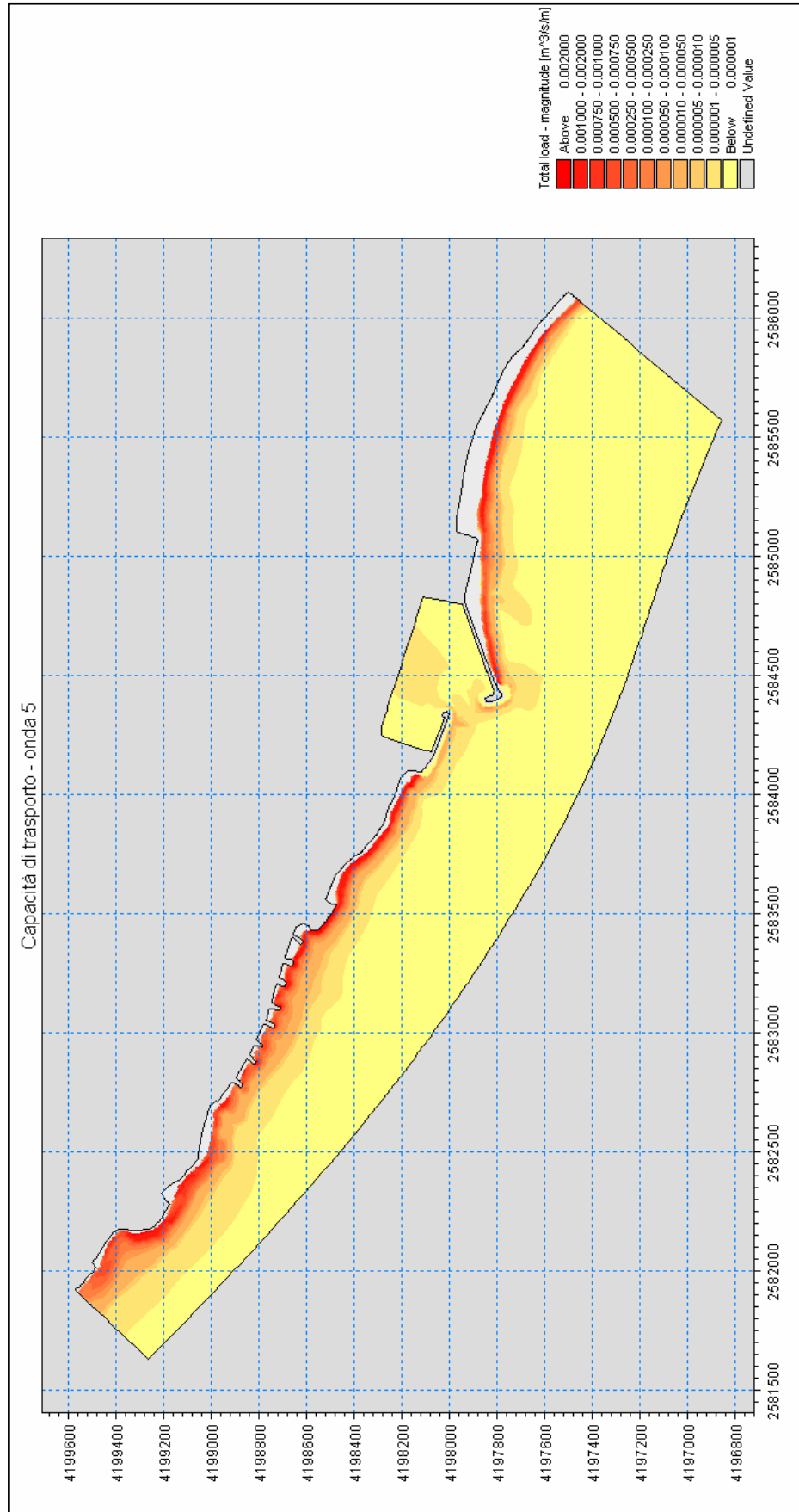


Figura 69 - Distribuzione della capacità di trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°5 – stato di progetto.

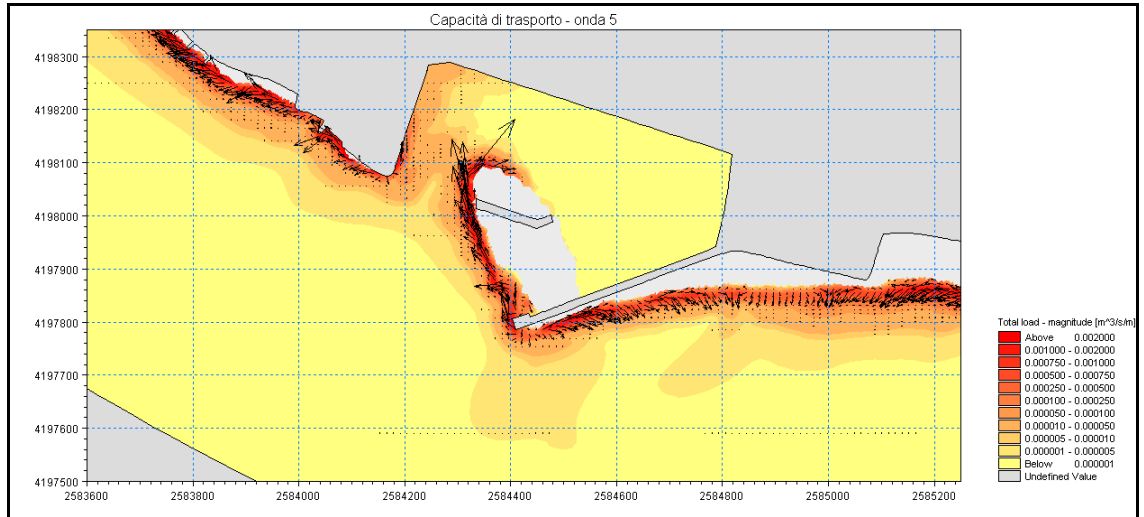


Figura 70 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato attuale.

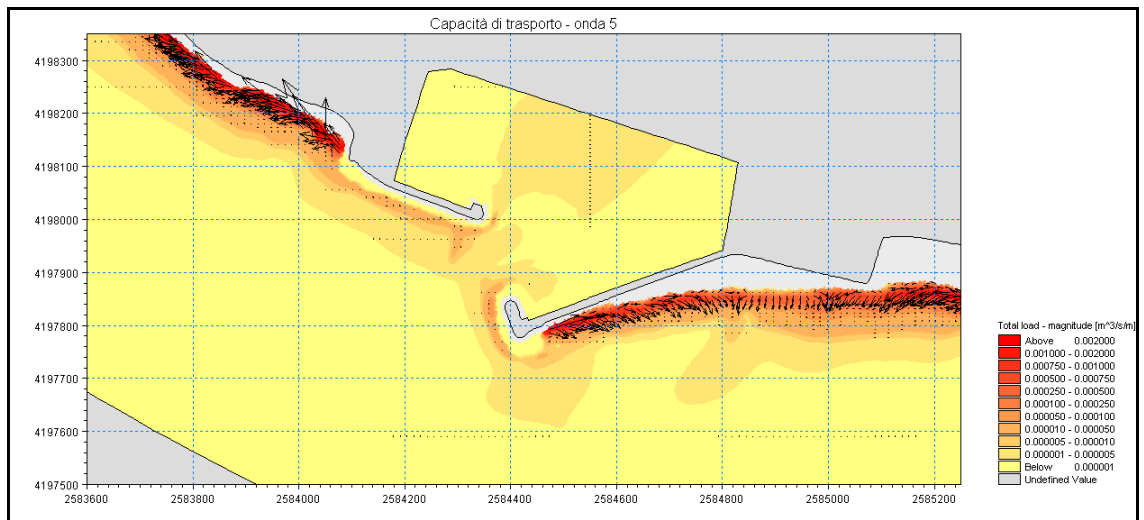


Figura 71 – Distribuzione della capacità e della direzione del trasporto nel dominio di calcolo indotta dall'onda n°5 – dettaglio dell'area del porto – stato di progetto.

2.1.5 **Calcolo del bypass naturale di trasporto solido attraverso il porto**

Sulla base dei risultati in termini di capacità di trasporto ottenuti attraverso l'applicazione del modello MIKE 21 ST precedentemente illustrato, si è proceduto a predisporre una stima della quantità di materiale che attraversa il porto nelle condizioni attuali (bypass attuale) e nelle condizioni di progetto (bypass di progetto) per le cinque onde rappresentative.

La procedura adottata consiste dapprima nell'individuazione di tre sezioni a sud est del porto (di riferimento in caso di trasporto diretto sud est – nord ovest) e a nord ovest dello stesso (di riferimento in caso di trasporto diretto nord ovest sud est). Successivamente viene effettuato il calcolo della capacità di trasporto in ciascuna sezione individuata per tutte e cinque le onde rappresentative. La capacità di trasporto associata a ciascuna onda è assunta pari alla media delle capacità di trasporto nelle tre sezioni considerate. Tale valore di capacità di trasporto viene quindi confrontato con quello calcolato in una sezione rappresentativa del porto, individuata in corrispondenza delle profondità più elevate.

Poiché la conformazione del layout attuale del porto è fortemente condizionata dalla presenza del banco di sabbia che ostruisce l'imboccatura e dalla breccia apertasi lungo il molo di sottoflutto è stato necessario, al fine di garantire una certa omogeneità di confronto, scegliere come rappresentative del porto due sezioni di calcolo differenti tra lo stato attuale e lo stato di progetto (cfr. Figura 72 e Figura 73)

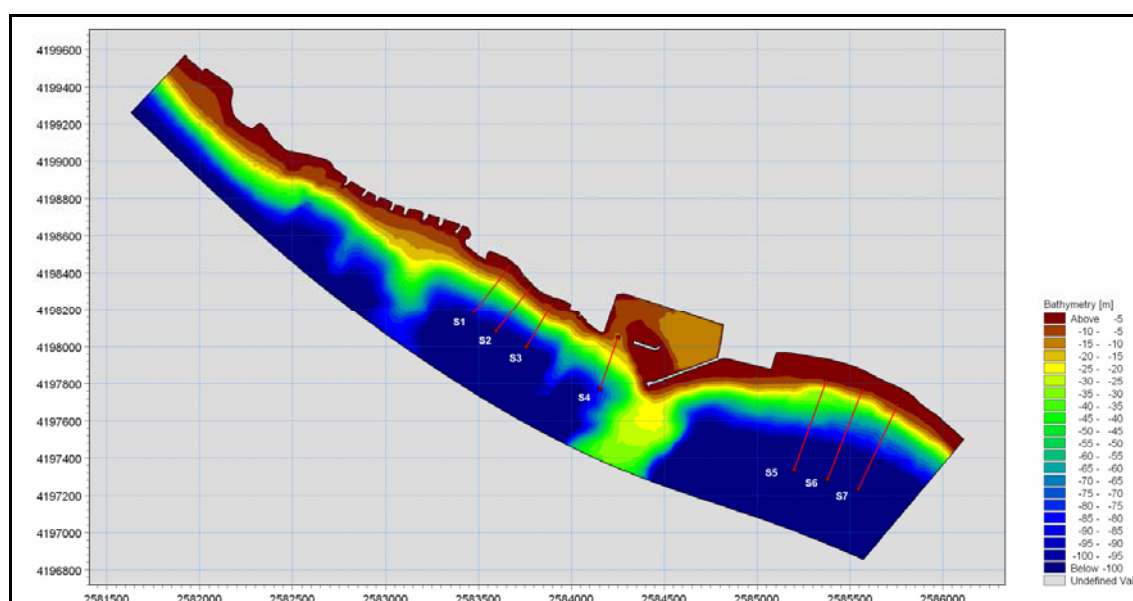


Figura 72 – Tracce delle sezioni trasversali per le quali è stata calcolata la capacità di trasporto – stato attuale.

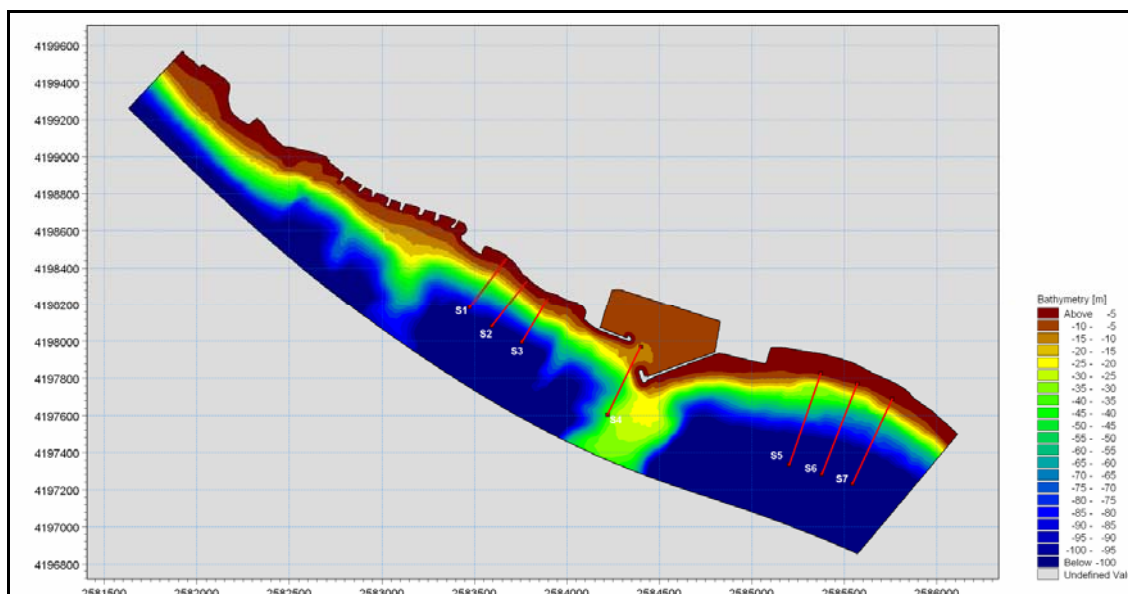


Figura 73 – Tracce delle sezioni trasversali per le quali è stata calcolata la capacità di trasporto – stato di progetto.

In Tabella 2 e Tabella 4 sono illustrati i risultati del calcolo. Per l'onda 1, caratterizzata da una direzione di provenienza occidentale, il bypass è calcolato come rapporto percentuale tra la capacità di trasporto media tra le sezioni S1, S2, S3 e la sezione S4. Per tutte le altre onde il bypass è invece calcolato come rapporto percentuale tra la capacità di trasporto media tra le sezioni S5, S6, S7 e la sezione S4.

Come si può osservare, il bypass si mantiene ben al di sotto del 5% per tutte le condizioni di onda simulate, sia per il layout attuale, sia per il layout di progetto. In particolare, come anticipato dall'analisi delle correnti precedentemente illustrata, non emerge alcuna tendenza all'incremento né alla diminuzione del bypass naturale di materiale associata alla nuova configurazione portuale.

Tabella 2 – Calcolo del bypass per le cinque onde rappresentative – stato attuale.

Onda	Capacità di trasporto media a monte [m ³ /day]	Capacità di trasporto media porto [m ³ /day]	Bypass [%]
1	-367 (S1,S2,S3)	-8 (S4)	2.3
2	447 (S5,S6,S7)	14 (S4)	3.1
3	1780 (S5,S6,S7)	36 (S4)	2.0
4	344 (S5,S6,S7)	5 (S4)	1.4
5	2783 (S5,S6,S7)	28 (S4)	1.0



Tabella 3 – Calcolo del bypass per le cinque onde rappresentative – stato di progetto.

Onda	Capacità di trasporto media a monte [m ³ /day]	Capacità di trasporto media porto [m ³ /day]	Bypass [%]
1	-349 (S1,S2,S3)	-6 (S4)	1.7
2	471 (S5,S6,S7)	17 (S4)	3.7
3	1870 (S5,S6,S7)	45 (S4)	2.4
4	314 (S5,S6,S7)	8 (S4)	2.6
5	2702 (S5,S6,S7)	17 (S4)	0.6

3 ANALISI DI IPOTESI PROGETTUALI ALTERNATIVE

Tra le richieste di integrazione allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) inoltrate dal Ministero al proponente il progetto, una in particolare fa riferimento all'analisi di ipotesi progettuali alternative per il layout portuale: *"...di realizzare studi di modellazione ad hoc, laddove non realizzati, al fine di verificare se l'adozione di soluzioni alternative alla modificazione del molo di sottoflutto possano determinare effetti benefici rispetto al ripascimento della costa a nord del porto"*;

Nell'ambito dello *Studio 2005*, il Genio Civile Opere Marittime per la Calabria ha esplicitamente indagato il potenziale effetto benefico in termini di bypass naturale di sedimento in caso di layout alternativi al porto. Si riporta di seguito, per comodità di consultazione, un estratto dello *Studio 2005* per la parte riguardante il bypass naturale di sedimento *"Fase 3- Analisi del campo di agitazione interna al Porto di Saline Joniche"*

"Il porto di Saline Joniche, nato come porto industriale, presenta le caratteristiche per ospitare navi di dimensioni ragguardevoli, sia dal punto di vista delle quote del fondale mediamente presenti all'interno del bacino (anche superiori ai dodici metri), sia dal punto di vista della profondità dell'imboccatura portuale originariamente prevista.

La profondità notevole dell'imbasamento della testata del molo di sovrflutto ha determinato l'interruzione pressoché totale del trasporto di sedimenti costiero che, in questo tratto di litorale, presenta una direzione prevalente SE-NO.

Il porto ha inoltre subito nel corso degli anni un pesante processo di insabbiamento dell'imboccatura.

In virtù delle considerazioni sopra riportate, concordemente con il Genio Civile Opere Marittime è stata eseguita un'analisi preliminare finalizzata a valutare la possibilità di ripristinare un certo by-pass nella corrente litoranea ripensando il layout portuale, ipotizzando una nuova imboccatura nell'attuale molo di sottoflutto, oggi danneggiato, riducendo la lunghezza del molo di sovrflutto imbasando così la nuova testata ad una profondità minore di quella attuale.

A tale scopo è stato ipotizzato un layout alternativo del porto, denominato layout "B", con due differenti opzioni, "B1" e "B2". La prima prevede il totale smantellamento del molo di sovraflutto esistente e la sua ricostruzione su profondità minori, la seconda prevede il mantenimento del primo tratto del molo ed uno smantellamento parziale dello stesso. Le due opzioni sono rappresentate in Figura 74 e Figura 75.

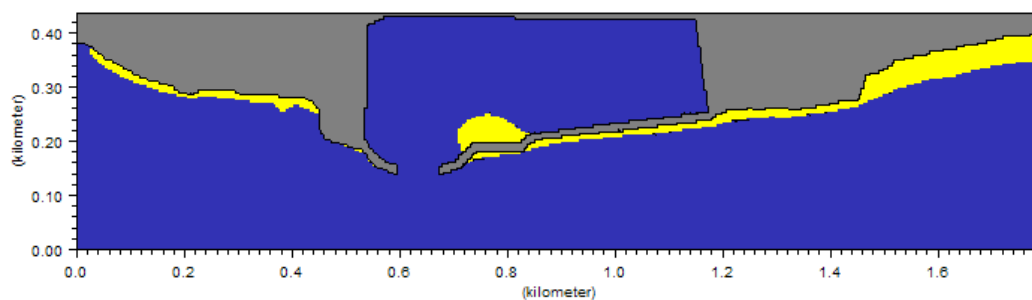


Figura 74 – Ipotesi di layout progettuale alternativo, opzione "B1"

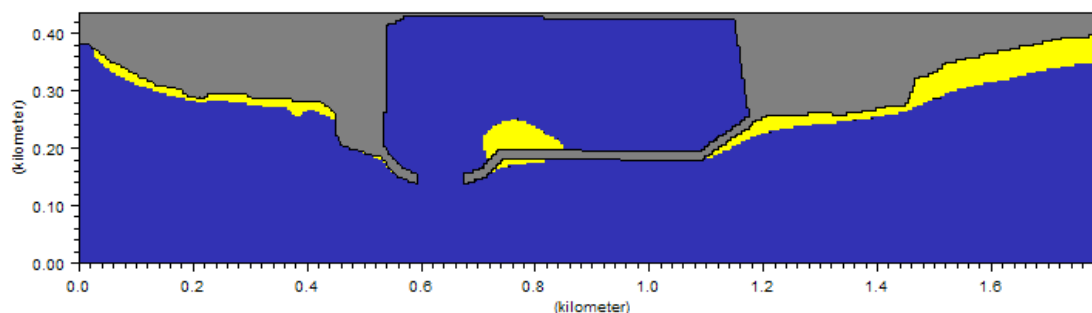


Figura 75 – Ipotesi di layout progettuale alternativo, opzione "B2"

Le batimetrie già utilizzate nel corso della fase 2 dello studio, che tratta l'analisi mediante modellistica bidimensionale dei processi costieri del litorale di Saline Joniche in termini di propagazione del moto ondoso, andamento delle correnti litoranee e del trasporto costiero, sono state qui impiegate per uno studio locale di dettaglio del fenomeno del trasporto costiero a cavallo del porto di Saline.

Dall'elaborato di fase 2, tratto Saline Joniche - Riace Marina, sono state estratte due onde, complessivamente rappresentative di più del 50% del trasporto solido litoraneo annuale per quel tratto di costa. Le due onde assunte per la modellazione di dettaglio sono le seguenti:

Tabella 4 – Dati relative alle due onde scelte per la modellazione di dettaglio del trasporto solido nel caso di layout alternative.

Numero	Hs (m)	Tm (s)	MWD (deg)	Occ. (%)	Peso (%)
1	1.28	6.4	153	17.4	32.2
2	2.37	6.8	151	0.8	24.1
			Totale	18.2	56.3

Le immagini in Figura 76 e Figura 77 evidenziano l'andamento delle correnti litoranee generate rispettivamente dall'onda 1 e dall'onda 2 per le due opzioni considerate. Come si può osservare, la corrente litoranea generata da un'onda relativamente bassa ma frequente come l'onda 1 viene pressoché completamente interrotta in corrispondenza della nuova imboccatura prevista per il porto. Solo in corrispondenza di onde elevate, ma assai poco frequenti, il layout preso in considerazione garantirebbe una certa continuità al flusso costiero.

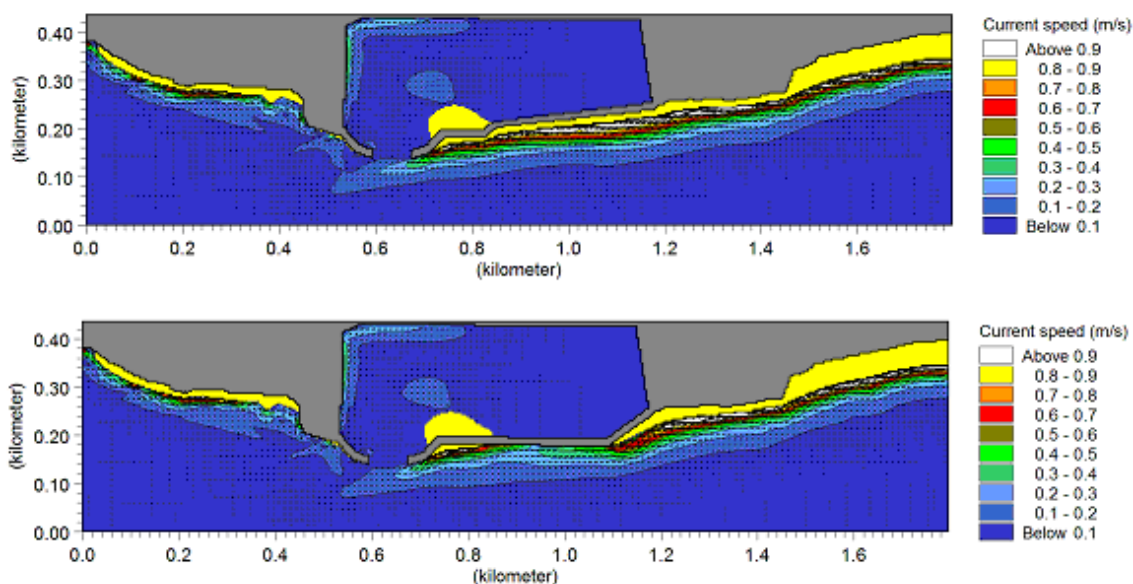


Figura 76 – Andamento della corrente litoranea generata dall'onda 1 nelle due opzioni del layout "B".

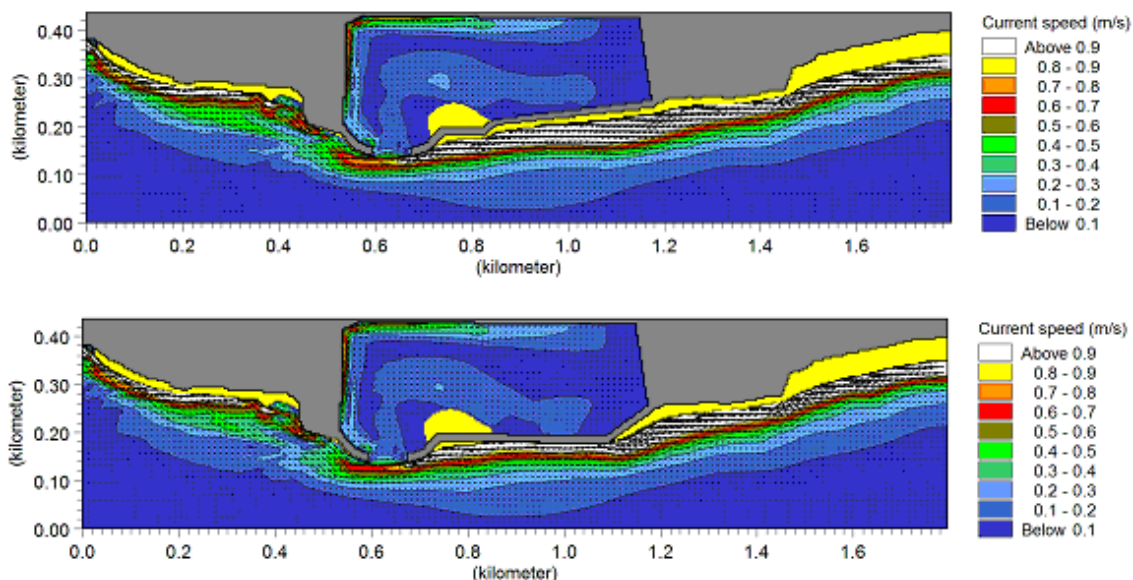


Figura 77 – Andamento della corrente litoranea generata dall'onda 2 nelle due opzioni del layout "B".

Le immagini illustrate in Figura 78 e Figura 79 riportano la rappresentazione della capacità di trasporto relativamente alle due onde e alle due opzioni considerate.

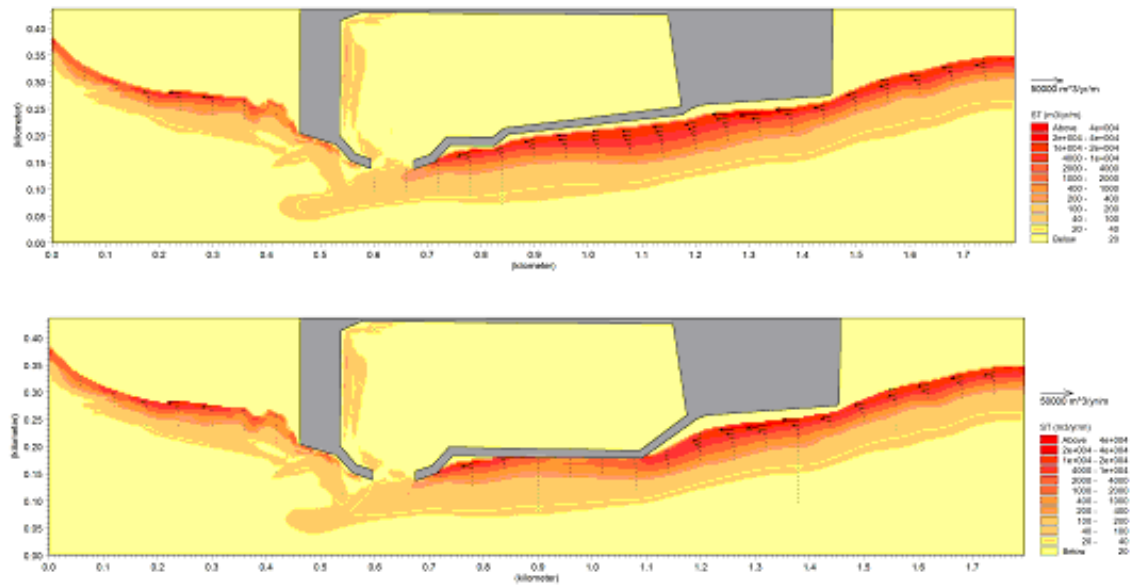


Figura 78 – Andamento della capacità di trasporto determinata dall'onda 1 nelle due opzioni del layout "B".

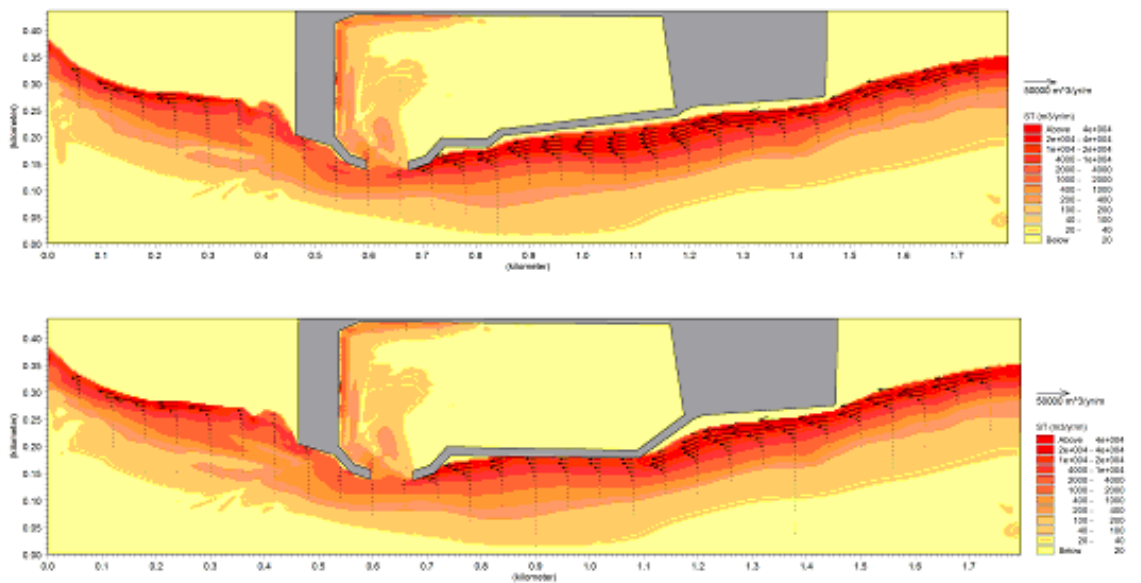


Figura 79 – Andamento della capacità di trasporto determinata dall'onda 2 nelle due opzioni del layout "B".

Con riferimento ai profili riportati in Figura 80, in Tabella 5 sono riportate le percentuali di by-pass relativamente alle due onde e alle due opzioni considerate.

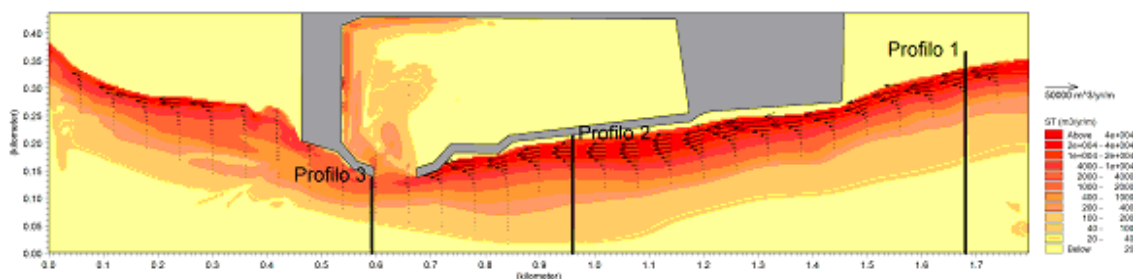


Figura 80 – Localizzazione dei tre profili trasversali utilizzati nel calcolo del by-pass.

Tabella 5 – Capacità di trasporto a cavallo del Porto di Saline Joniche.

		Profilo 1 [mc / yr]	Profilo 2 [mc / yr]	Profilo 3 [mc / yr]	% by-pass tra monte e valle del porto
Onda 1	B1	278533	286485	4441	1.6
	B2	278533	28527	2919	1.0
Onda 2	B1	1006200	1127450	85719	8.5
	B2	1006200	397751	67820	6.7

Come si può osservare dai valori riportati nella Tabella 5, la percentuale di by-pass che si riesce ad ottenere, anche variando radicalmente la localizzazione del molo di sovraflutto, rimane molto bassa, inferiore al 2% nel caso delle onde più frequenti e comunque sempre inferiore al 10% anche nel caso di onde estreme. Tali percentuali risultano simili nelle due opzioni "B1" e "B2", seppur con un risultato migliore nel caso dell'opzione "B1".

I risultati ottenuti nell'ambito dello *Studio 2005* rivelano pertanto che anche qualora il layout del porto fosse modificato in misura sostanziale, con il rifacimento del molo di sovraflutto ed un suo imbasamento su profondità più limitate (e pertanto non compatibili con le profondità necessarie ad un porto industriale) il beneficio in termini di bypass naturale sarebbe trascurabile. Si ritiene pertanto che piccole variazioni nella disposizione dei due moli non potrebbero portare ad un beneficio sostanziale in termini di bypass naturale del sedimento dalle spiagge a sud est del porto di Saline a quelle a nord ovest dello stesso.

4 MISURE DI MITIGAZIONE DEI FENOMENI EROSIIVI

Tra le richieste di integrazione allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) inoltrate dal Ministero al proponente il progetto, una in particolare suggerisce di "individuare opportune misure di mitigazione dei fenomeni erosivi e prevedere idonee misure di compensazione."

Lo studio integrativo sopra illustrato ha evidenziato come la sistemazione prevista per il porto di Saline Joniche non comporti sostanzialmente alcuna modifica al regime del trasporto litoraneo, ed in particolare nessun effetto è previsto in termini di bypass naturale di sedimento.

Ciò premesso, è indubbio che la presenza del porto, realizzato a metà degli anni '80, ha determinato e continua a determinare la sostanziale interruzione del



trasporto solido costiero netto diretto lungo la direttrice sud est – nord ovest stimato, nell'ambito dello Studio 2005, in circa 25-30 mila m³/anno. Nei decenni, centinaia di migliaia di metri cubi si sono accumulati sia a sud del molo di sovraflutto, determinando la formazione di un'ampia spiaggia (trasversalmente alcune centinaia di metri di arenile), sia in corrispondenza dell'imboccatura, già da anni completamente insabbiata. Oggi la spiaggia in corrispondenza del molo di sovraflutto continua a crescere, indice del notevole deposito di materiale che ancora interessa il sito.

Parte della sabbia accumulatasi nel corso degli anni e destinata originariamente al ripascimento naturale del tratto di costa a nord del porto di Saline, indicativamente fino al promontorio di Riace Marina, sarà oggetto di dragaggio (almeno nell'area dell'imboccatura ed in prossimità della testata del molo di sovraflutto). Il materiale dragato potrà così essere movimentato meccanicamente in modo da ripristinare una sorta di bypass (in questo caso artificiale) che la presenza delle opere foranee inibisce.

L'impiego del materiale dragato con scopi di ripascimento artificiale delle spiagge a nord del porto di Saline Joniche potrà essere concordato con gli Enti competenti, ed in particolare con l'Ufficio del Genio Civile Opere Marittime per la Calabria che, nell'ambito dello *Studio 2005*, ha già individuato le aree di destinazione preferenziali per le operazioni di ripascimento e di difesa della costa a nord del porto di Saline Joniche.

5 CONCLUSIONI

Le attività oggetto del presente elaborato fanno riferimento ad approfondimenti modellistici nell'ambito del progetto di adeguamento del porto di Saline Joniche, comune di Montebello Jonico (RC) in relazione alla realizzazione di una centrale termoelettrica a carbone da 2x660 MW nell'area industriale "ex Liquichimica".

In particolare, in fase di Studio di Impatto Ambientale dell'opera (SIA), sono emerse da parte del Ministero dell'Ambiente alcune richieste di integrazione, alcune delle quali riferite all'approfondimento degli eventuali effetti indotti sul trasporto litoraneo a seguito delle modifiche previste al Porto di Saline Joniche.

Per una serie di cinque onde rappresentative della dinamica costiera del sito, ricavate dai risultati dello "Studio di erosione costiera nel tratto tra Lazzaro e Melito di Porto Salvo (RC)" effettuato dal gruppo DHI per conto del Genio Civile Opere Marittime per la Calabria nel 2005, sono stati predisposti modelli di trasformazione del moto ondoso, di generazione della corrente litoranea e del trasporto costiero.

I risultati dei modelli relativamente allo stato attuale ed allo stato di progetto mettono sempre in evidenza che la dinamica costiera non viene modificata nelle due configurazioni, se non localmente in corrispondenza del porto.

E' da sottolineare che la profondità alla quale è imbasato il molo di sovraflutto, sia nelle condizioni attuali, sia nelle condizioni di progetto, non è evidentemente in grado di "sostenere" la corrente proveniente da sud est, quella più significativa ai fini del trasporto costiero, garantendole energia sufficiente per bypassare il porto e trasportare materiale da una parte all'altra dello stesso: su profondità più elevate di quella "di chiusura" (profondità entro la quale intervengono i processi attivi di dinamica costiera), l'onda non è in grado di determinare correnti litoranee significative.



Il bypass naturale di sedimenti si mantiene ben al di sotto del 5% per tutte le condizioni di onda simulate, sia per il layout attuale, sia per il layout di progetto. In particolare, non emerge alcuna tendenza all'incremento né alla diminuzione del bypass naturale di materiale associata alla nuova configurazione portuale.

I risultati ottenuti nell'ambito dello *Studio 2005* rivelano inoltre che anche qualora il layout del porto fosse modificato in misura sostanziale, con il rifacimento del molo di sovraflutto ed un suo imbasamento su profondità più limitate (e pertanto non compatibili con le profondità necessarie ad un porto industriale) il beneficio in termini di bypass naturale sarebbe trascurabile.

Indubbio beneficio al ripascimento delle spiagge a nord ovest del porto potrà derivare dall'impiego del materiale dragato all'imboccatura del porto ed in prossimità della testata del molo di sovraflutto.



ALLEGATI



A L L E G A T O A

Descrizione del modello MIKE 21 SW



A L L E G A T O B

Descrizione del modello MIKE 21 HD FM



A L L E G A T O C

Descrizione del modulo MIKE 21 ST FM