



## COMUNE DI ORTONA

Titolo progetto

### "COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA"

APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD

CIG 7822604907 CUP D74B16000360001

Soggetto attuatore



AZIENDA REGIONALE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

### Azienda Regionale Attività Produttive

Via Nazionale SS 602 km 51+355, Centro Direzionale 2°

Piano - 65012 Villanova di Cepagatti (PE)

C.F. 91127340684 - P.I. 02083310686

arapabruzzo@pec.it - vasto@arapabruzzo.it

Data 12/08/2023 23 004 DT 006 - 0 M A R

Fase progettuale

### - PROGETTO DEFINITIVO -

Titolo elaborato

### B.05 STUDI IDRAULICI MARITTIMI QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE - PORTUALI

DIPARTIMENTO LAVORI &  
MANUTENZIONI - DL

Resp: Ing. Nicola BERNABEO

RESPONSABILE UNICO DEL  
PROCEDIMENTO

Arch. Sergio PEPE

#### Raggruppamento temporaneo di professionisti

Mandataria



MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 00195 Roma  
06.3269461 - www.modimar.it

Mandanti

Giovane Professionista

Dott. Ing. Myrta CASTELLINO

Geologo

Dott. Geol. Nicola TULLO

Prof. Ing. Alberto NOLI  
Dott. Ing. Paolo CONTINI  
Prof. Ing. Paolo DE GIROLAMO  
Dott. Ing. Giancarlo MILANA  
Dott. Ing. Alessia CURATOLO  
Dott. Ing. Giuseppe VELLA  
Dott. Ing. Valerio TRULLI

IL GRUPPO DI LAVORO

Ing. Tommaso IMPICCIATORE  
Arch. Lorenzo DI GIROLAMO  
Geologo Mattia IPPOLITO



**Azienda Regionale Attività Produttive**

*D.L. – DIPARTIMENTO LAVORI & MANUTENZIONI*

*DL2 – Servizio lavori Pubblici*

**Completamento interventi sul porto di Ortona (approfondimento  
dragaggio, prolungamento diga sud)**

**CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907**

**PROGETTO DEFINITIVO**

## **B.05 - Studi idraulici marittimi Qualità delle acque interne -portuali**

---

**PROGETTAZIONE:**



**MODIMAR S.r.l.**

VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA

**Dott. Ing. Myrta CASTELLINO**

ROMA

**Dott. Geol. Nicola TULLO**

ATESSA (CH)

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

## Indice

<b>Capitolo 1</b>	<b>Premesse .....</b>	<b>2</b>
	1.1 Obiettivi dello studio di ricambio idrico portuale .....	2
	1.2 Conclusioni .....	3
<b>Capitolo 2</b>	<b>Valutazione del ricambio idrico portuale.....</b>	<b>4</b>
	2.1 Tidal Prism.....	4
	2.2 Flushing time .....	4
	2.3 Efficienza del ricambio idrico .....	5
<b>Capitolo 3</b>	<b>Impostazione delle simulazioni numeriche.....</b>	<b>6</b>
	3.1 Modelli numerici utilizzati .....	6
	3.2 Griglie di calcolo per le tre configurazioni .....	6
	3.3 Condizioni al contorno e modalità esecutive delle simulazioni.....	8
<b>Capitolo 4</b>	<b>Circolazione idrica portuale .....</b>	<b>10</b>
	4.1 Validazione marea astronomica.....	10
	4.2 Risultati delle simulazioni idrodinamiche.....	10
	4.3 Ricambio idrico portuale .....	16

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

## Capitolo 1 Premesse

Il presente elaborato, redatto ai sensi dell'art. 25 del D.P.R. 207/2010, costituisce lo studio relativo alla qualità delle acque interne portuali relativo al Progetto Definitivo dei lavori per il "completamento interventi sul porto di Ortona (approfondimento dragaggio, prolungamento diga sud)" ed è redatto a supporto delle attività di progettazione.

### 1.1 Obiettivi dello studio di ricambio idrico portuale

L'obiettivo del presente studio è di analizzare il ricambio idrico portuale del Porto di Ortona in relazione alle seguenti configurazioni:

1. Situazione attuale (Figura 1-1)



Figura 1-1 - Porto di Ortona: configurazione attuale (2023).

2. configurazione di progetto con il solo prolungamento del molo Sud (evidenziato nella figura in verde) - Figura 1-2.

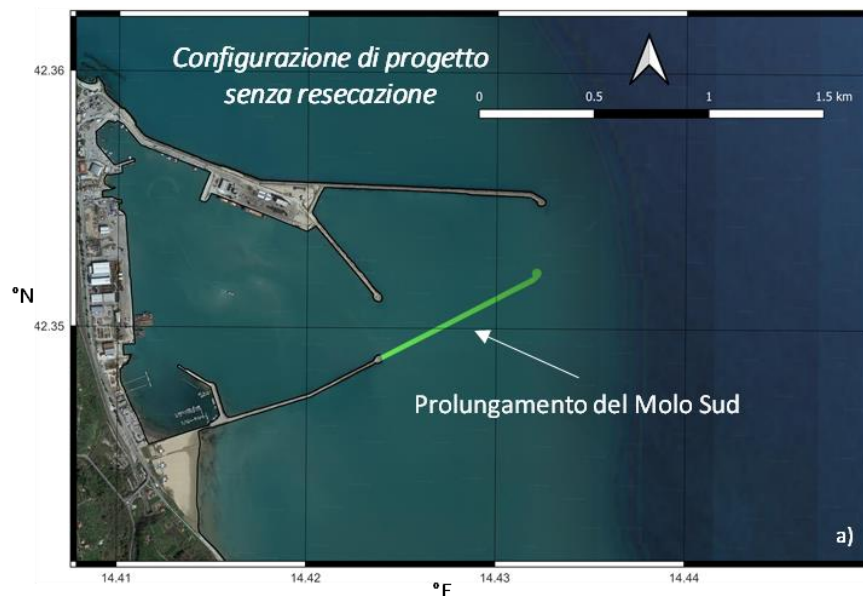


Figura 1-2 - Porto di Ortona: configurazione di progetto senza resecazione della testata del Molo Nord

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

3. configurazione di progetto con prolungamento del molo Sud e resecazione di circa 100 m del Molo Nord a partire dalla testata (evidenziata nella figura in rosso) - Figura 1-3.

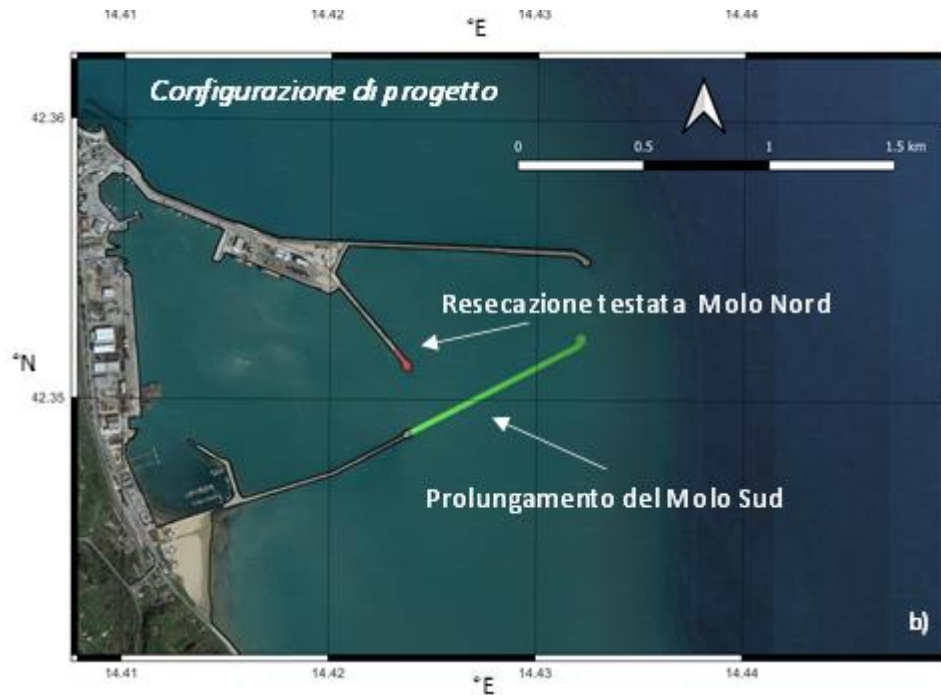


Figura 1-3 - Porto di Ortona: configurazione di progetto.

In via cautelativa, lo studio è stato condotto prendendo in esame come forzante idrodinamica la sola marea astronomica.

Per valutare la capacità di ricambio idrico dello specchio d'acqua portuale sono stati investigati i seguenti aspetti:

4. Analisi della circolazione idrica all'interno del bacino portuale dovuta alle variazioni di livello marino indotte dalla marea astronomica.
5. Analisi della diffusione di un inquinante, considerato come tracciante passivo.

## 1.2 Conclusioni

In conclusione, il presente studio conferma che il ricambio idrico portuale con la realizzazione del prolungamento del molo Sud, e la formazione di un nuovo avamposto peggiora passando dagli attuali 2 giorni a circa 3.5 giorni, mantenendosi quindi comunque al di sotto dei 4 giorni, valore limite comunemente accettato per assicurare buone condizioni di ricambio idrico di un porto.

La realizzazione della resecazione della testata del molo Nord migliora leggermente il ricambio idrico della configurazione di progetto riducendolo da 3,5 giorni a 3 giorni.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

## Capitolo 2 Valutazione del ricambio idrico portuale

Per valutare in maniera oggettiva il ricambio idrico all'interno di un porto, occorre fare riferimento ad alcuni parametri fisici, descritti brevemente di seguito.

### 2.1 Tidal Prism

L'evoluzione temporale dei livelli idrici determinati dalla presenza dell'azione indotta dalla marea astronomica, determina un flusso idrico che attraversa l'imboccatura portuale e collega il bacino portuale con il mare aperto. Durante la fase crescente della marea (fase di flusso o "flood"), un certo volume d'acqua (dipendente dalle caratteristiche della marea e dalla morfologia della zona in esame) entra nel bacino portuale per poi uscire durante la fase calante della marea (fase di riflusso o "ebb"). Tale movimento idrico oscillatorio determina il mescolamento dell'acqua contenuta nel bacino portuale con quella presente al suo esterno e quindi sostanzialmente determina il ricambio idrico del porto. L'efficienza  $E_{TP}$  di tale scambio può essere quantificata tramite il rapporto del volume fluido in ingresso nel porto (Tidal Prism,  $TP$ ) ed il volume totale dell'acqua contenuto nel porto ( $V_{tot}$ ):

$$E_{TP} = \frac{TP}{V_{tot}}$$

Si osserva che, alla luce della definizione di efficienza (globale) del ricambio, è possibile definire il tempo di ricambio ( $TR$ ) del bacino portuale, come il rapporto tra il volume fluido contenuto nel bacino e la portata media giornaliera in ingresso o in uscita ( $\bar{Q}$ ):

$$TR = \frac{V_{tot}}{\bar{Q}} = T \frac{V_{tot}}{TP}$$

nella quale il periodo  $T$  è la durata della fase di flusso (o riflusso).

Nell'ambito della valutazione dell'efficacia del ricambio è possibile caratterizzare il ricambio idrico anche tramite la valutazione dell'estensione del getto che accompagna l'entrata di fluido nel porto. Tale parametro può essere valutato determinando l'estensione dell'area interessata da velocità superiori ad una soglia prefissata. La valutazione dei parametri sopra descritti necessita dell'applicazione di un modello idrodinamico.

### 2.2 Flushing time

Il flushing time ( $FT$ ) è definito convenzionalmente come il tempo necessario a far scendere la concentrazione di una sostanza passiva (non reagente con il fluido e non influente sul campo cinematico), inizialmente presente nell'intero bacino da un valore pari all'unità o al 100%, ad un valore (medio) pari al 36,8% (corrispondente ad una frazione pari a  $0,368 = e^{-1}$ ):

$$FT = t(\bar{c} = 36.8\%) - t(\bar{c} = 100\%)$$

Per applicazioni di tipo portuale, normalmente si considerano accettabili tempi di lavaggio inferiori a quattro giorni. Per tempi di lavaggio compresi tra 4 e 10 giorni il ricambio idrico del porto è considerato scarso. Tempi di lavaggio superiori a 10 giorni indicano un ricambio idrico molto limitato. Questo parametro può essere stimato tramite l'utilizzo di un modello numerico

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

idrodinamico per il calcolo del campo cinematico e di un modello numerico in grado di risolvere le equazioni di diffusione e dispersione per valutare la variazione della concentrazione della sostanza passiva.

Si osserva che il tempo di lavaggio  $FT$  è correlato con il tempo di ricambio descritto precedentemente ( $TR$ ). Si consideri di porre una quantità nota ( $M_0$ ) di una sostanza in un volume di controllo  $V$  nell'istante  $t_0$  a cui corrisponde una concentrazione  $C_0$ . Nel caso di volume  $V$  e flussi al contorno costanti la concentrazione di sostanza  $C(t - t_0)$  è descritta dalla seguente relazione:

$$C(t - t_0) = C_0 e^{-(Q/V)(t-t_0)}$$

nella quale  $Q$  rappresenta il flusso di sostanza (entrante o uscente) attraverso i contorni del volume di controllo (bacino portuale). Dalle definizioni di tempo di lavaggio e di ricambio, ponendo  $t_0 = 0$  si ottiene:

$$0.368C_0 = \frac{C_0}{e} = C_0 e^{-(Q/V)FT}$$

da cui discende, ricordando la definizione del tempo di ricambio  $TR$ ,

$$FT = TR$$

Tale identità è valida considerando la portata di sostanza media uscente (o entrante) dal volume di controllo pari a quella del fluido, nel rispetto, dunque, dell'ipotesi per cui la sostanza sia considerata passiva (non reagente con il fluido e non influente sul campo cinetico). Si evidenzia che il calcolo di questo parametro viene effettuato tramite l'applicazione in successione di un modello di idrodinamica e di un modello che risolve le equazioni di dispersione (e diffusione) degli inquinanti.

### 2.3 Efficienza del ricambio idrico

L'efficienza del ricambio idrico ( $E$ ) per ogni ciclo di marea (o di brezza) viene definito come segue:

$$E(x) = 1 - \left[ \frac{C_i(x)}{C_0(x)} \right]^{1/i}$$

nella quale  $C_0(x)$  è la concentrazione iniziale di una sostanza passiva in corrispondenza della posizione  $x$ ,  $C_i(x)$  è la concentrazione della sostanza dopo un numero  $i$  di cicli di marea in corrispondenza della stessa posizione  $x$ . Si nota che tale parametro permette di valutare l'efficienza del ricambio idrico (e sue variazioni in caso di modifica della configurazione) in ogni punto del dominio di interesse. Tuttavia, è possibile definire l'efficienza del ricambio idrico anche di macro-aree (o dell'intero specchio portuale) utilizzando valori medi di concentrazione.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

## Capitolo 3 Impostazione delle simulazioni numeriche

### 3.1 Modelli numerici utilizzati

Per valutare la qualità delle acque portuali nelle tre configurazioni sono stati utilizzati i seguenti modelli numerici, facente parte della suite DELFT3D-FM (FM = Flexible Mesh) sviluppata da Deltares:

- **FLOW-FM** risolve le equazioni di Navier-Stokes utilizzando l'ipotesi di "acqua bassa" ("shallow water") con l'approssimazione di Boussinesq. Il modello è stato utilizzato nel presente lavoro nella sua formulazione integrata sulla verticale.
- **Water Quality** risolve le equazioni per calcolare processi di trasporto fisico, (bio)chimico e biologico di sostanze. Alla base del modello numerico viene usata un'equazione di avvezione-diffusione-reazione che viene risolta numericamente. Il modello è stato utilizzato nel presente lavoro nella sua formulazione integrata sulla verticale.

I due moduli sono applicati in modalità accoppiata "offline" in modo tale che FLOW-FM risolva il campo idrodinamico indotto da marea astronomica e Water Quality, utilizzando i risultati dell'idrodinamica calcolata da FLOW-FM, possa a sua volta calcolare la dispersione del tracciante passivo senza influenzare l'idrodinamica, requisito necessario per il calcolo del Flushing time e dell'Efficienza del ricambio idrico.

Il codice consente di schematizzare il dominio di calcolo mediante una griglia agli elementi finiti e quindi permette di aumentare la risoluzione spaziale nelle aree in cui si sviluppano i massimi gradienti di velocità e di seguire agevolmente i contorni "terra", costituiti dalla costa e dalle opere marittime, anche fortemente irregolari.

### 3.2 Griglie di calcolo per le tre configurazioni

Per l'esecuzione delle simulazioni numeriche si è fatto riferimento ai seguenti dati:

1. Database Emodnet per le curve batimetriche all'esterno del porto (estratto a Luglio 2023)
2. Rilievo di dettaglio topo-batimetrico eseguito per la redazione del progetto;
3. Planimetria portuale nelle configurazioni attuale e di progetto.

La griglia di calcolo è stata generata con un'estensione di 5 km x 4 km con una risoluzione spaziale variabile da un massimo di 10.0 m (lontano dal porto) ad un minimo di 4.0 m nella zona circostante e interna del bacino portuale. La griglia è ruotata di 30° rispetto all'asse delle ascisse in modo da avere un attacco della marea astronomica all'incirca perpendicolare alla linea di costa. Le caratteristiche di tutte le griglie sono esattamente le stesse cambiando la disposizione delle opere portuali come illustrato in Figura 3-1, Figura 3-2 e Figura 3-3. Per ogni griglia di calcolo è stata definita anche la sezione di controllo rappresentata in rosso dalla quale sono state



esportate le grandezze idrodinamiche (velocità della corrente). Come convenzione è stata utilizzato un valore positivo di velocità per un flusso entrante nel bacino portuale (FLOOD).

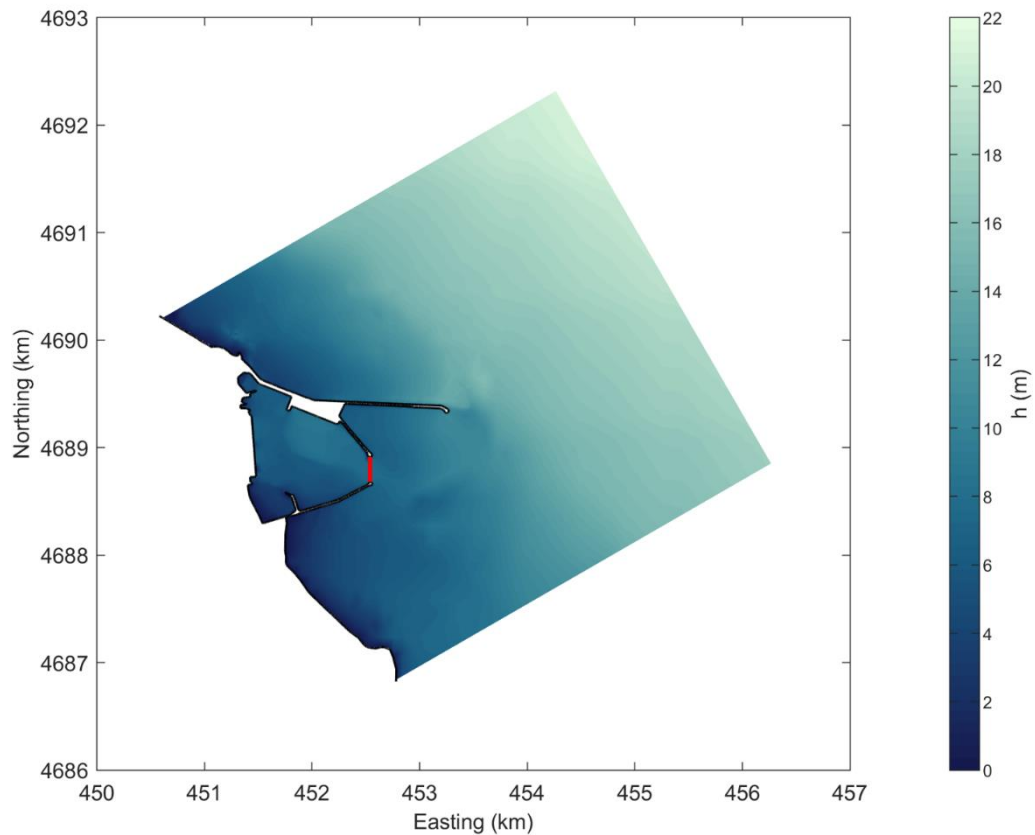


Figura 3-1 Configurazione attuale - Griglia di calcolo e batimetria

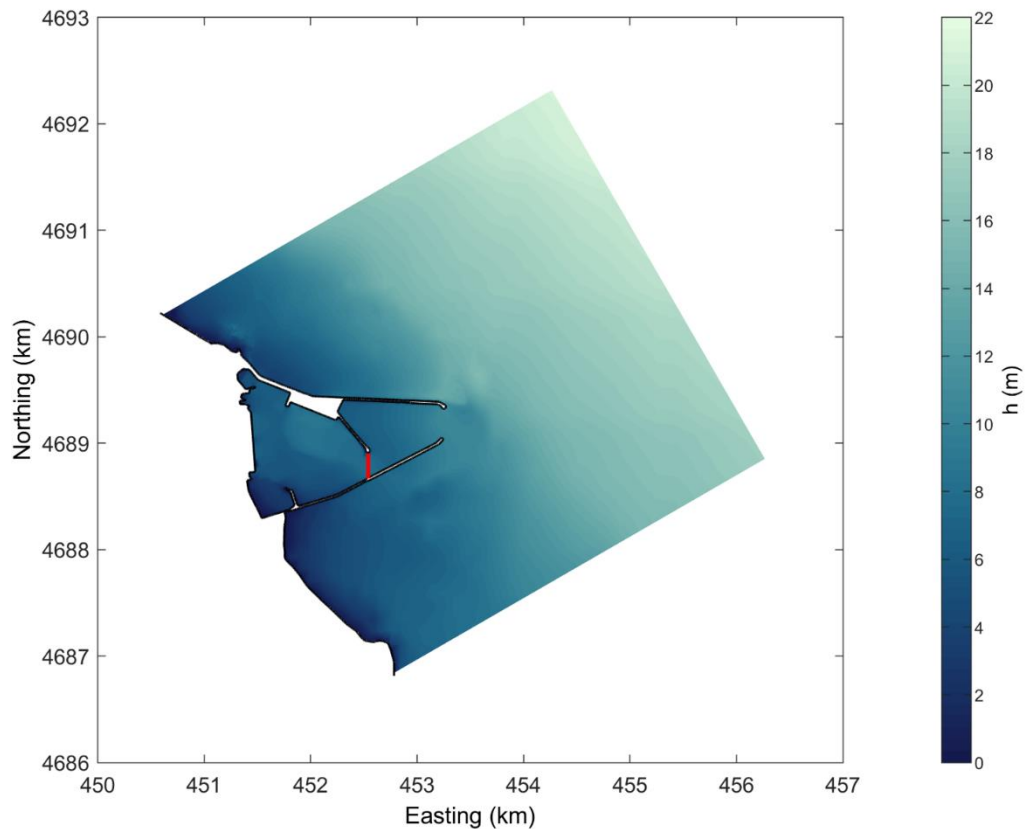


Figura 3-2 configurazione di progetto solo prolungamento del molo Sud - Griglia di calcolo e batimetria

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

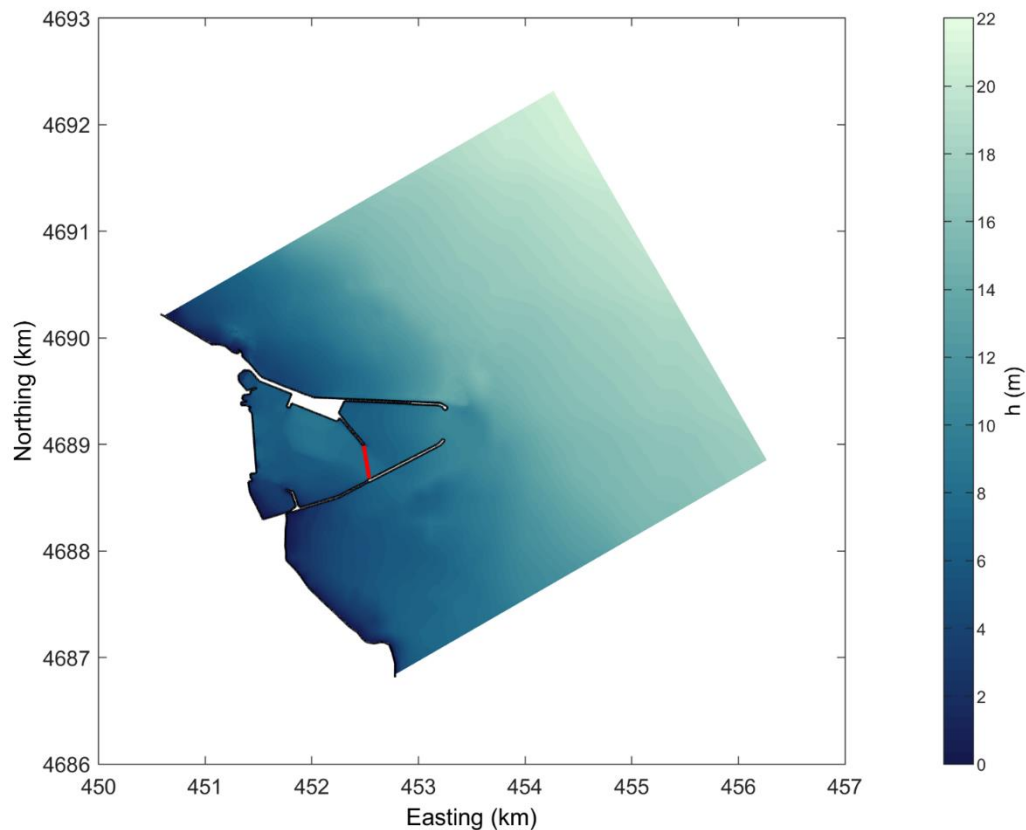


Figura 3-3 Configurazione di progetto con resecazione del Molo Nord - Griglia di calcolo e batimetria

### 3.3 Condizioni al contorno e modalità esecutive delle simulazioni

Per la definizione del campo idrodinamico nella zona litoranea, lungo il contorno offshore (NE) della griglia di calcolo è stata definita una condizione al contorno di variazione della superficie libera dell'acqua definendo fase e ampiezza con relative correzioni della marea astronomica determinata dall'analisi dei livelli del mareografo presente all'interno del porto di Ortona.

Per i rimanenti lati (NO, SE e SO) della griglia di calcolo sono state definite delle condizioni riflettenti in modo da evitare instabilità nel campo di velocità. L'utilizzo di condizioni completamente riflettenti anche nei contorni NO e SE, come di potrà poi vedere dalla validazione dell'andamento della superficie libera, non vanno ad introdurre riflessione all'interno del dominio di calcolo in quanto paralleli alla direzione di propagazione della marea astronomica.

Cautelativamente tutte le superfici delle opere portuali sono considerate senza attrito utilizzando una condizione di free-slip.

Per quanto riguarda le simulazioni relative alla dispersione di traccianti relativo al modello di Water Quality, sono state considerate particelle passive, ovvero non reagenti con il fluido, non influenti sul campo cinematico e non soggette a decadimento nel tempo.

Il Tracciante è stato introdotto all'inizio della simulazione all'interno del bacino portuale con una concentrazione di  $100 \text{ g/m}^3$  in modo da poterne valutare la dispersione utile per il calcolo di ricambio idrico portuale su base in centesimi.

<b>Azienda Regionale Attività Produttive</b>	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	<b>B.05 - Studi idraulici marittimi</b>					
		<b>Qualità delle acque interne -portuali</b>					
		23	004	DR	006	0	MAR

Il coefficiente di dispersione orizzontale è stato assunto pari a  $D = 10 \text{ m}^2/\text{s}$  definito dalla letteratura specializzata come valore minimo (e quindi applicando un approccio cautelativo) del range tipico da utilizzare per simulazioni integrate sulla verticale riprodotte fenomeni di mixing tra estuari e mare che sono condizioni simili a quelle simulate nel presente studio con i fenomeni di flusso e riflusso causati dalle oscillazioni di marea astronomica.

Per le simulazioni idrodinamiche si è definito un tempo di simulazione di circa 13 gg (da 11 settembre al 23 settembre 2020) di cui i primi 4 giorni sono stati poi scartati dalla simulazione effettuata con il modello di dispersione Water Quality in modo da garantire stabilità all'idrodinamica utilizzata dal modello di dispersione.

Per i rimanenti parametri e variabili che caratterizzano le simulazioni numeriche sono stati utilizzati valori "standard" suggeriti dalla letteratura specializzata in situazioni idrodinamiche simili.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.05 - Studi idraulici marittimi					
		Qualità delle acque interne -portuali					
		23	004	DR	006	0	MAR

## Capitolo 4 Circolazione idrica portuale

### 4.1 Validazione marea astronomica

La corretta propagazione della marea astronomica all'interno del dominio di calcolo è stata validata comparando la variazione della superficie libera nella simulazione in un punto all'interno del bacino portuale con la serie storica dell'anno 2020 ricostruita utilizzando le costanti armoniche ricavate dall'analisi dei livelli ed utilizzate come input per il modello idrodinamico FLOW-FM. Da Figura 4-1 si può notare un'ottima corrispondenza tra la serie temporale dell'elevazione della superficie libera simulata e quella ricostruita dalle misure del mareografo specialmente fino al 20 Settembre dove il phase-lag di una delle componenti armoniche di lungo periodo causa una diminuzione di alcuni massimi di marea. In ogni caso nella valutazione del Flushing time si raggiunge il valore di controllo ben prima del 20 Settembre rendendo questo effetto non influente sulla valutazione del ricambio idrico.

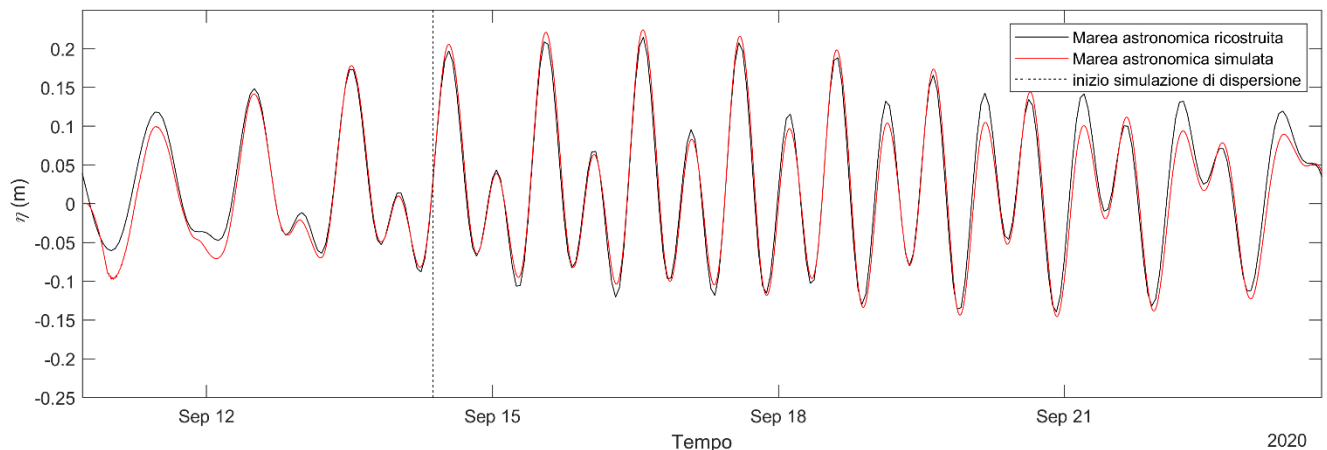


Figura 4-1 Comparazione della variazione dell'elevazione della superficie libera indotta da marea astronomica simulata e ricostruita.

### 4.2 Risultati delle simulazioni idrodinamiche

Nella presente sezione vengono mostrati i risultati del campo idrodinamico relativi alle simulazioni effettuate per le tre configurazioni portuali. Viene mostrata prima la velocità media lungo la sezione dell'attuale imboccatura portuale riportata per le tre configurazioni nella Figura 3-1, nella Figura 3-2 e nella Figura 3-3.

Nei diagrammi di velocità è evidenziata la velocità massima in fase di FLOOD e di EBB raggiunta durante la simulazione rispettivamente con un pallino nero ed uno rosso. Infine, è riportato il campo di velocità in tutta la griglia di calcolo nei due istanti in cui si verificano i massimi della velocità di Flood ed Ebb in modo da mostrare i massimi flussi entranti ed uscenti all'interno del bacino portuale.

#### 4.2.1 Configurazione attuale

La Figura 4-2 mostra la serie temporale della velocità media lungo la sezione di delimitazione del bacino interno. Le velocità sono modeste e si aggirano intorno a  $\pm 0.01$  m/s con picchi locali sempre inferiori a 0.02 m/s come si può vedere dalla Figura 4-3 e dalla Figura 4-4.

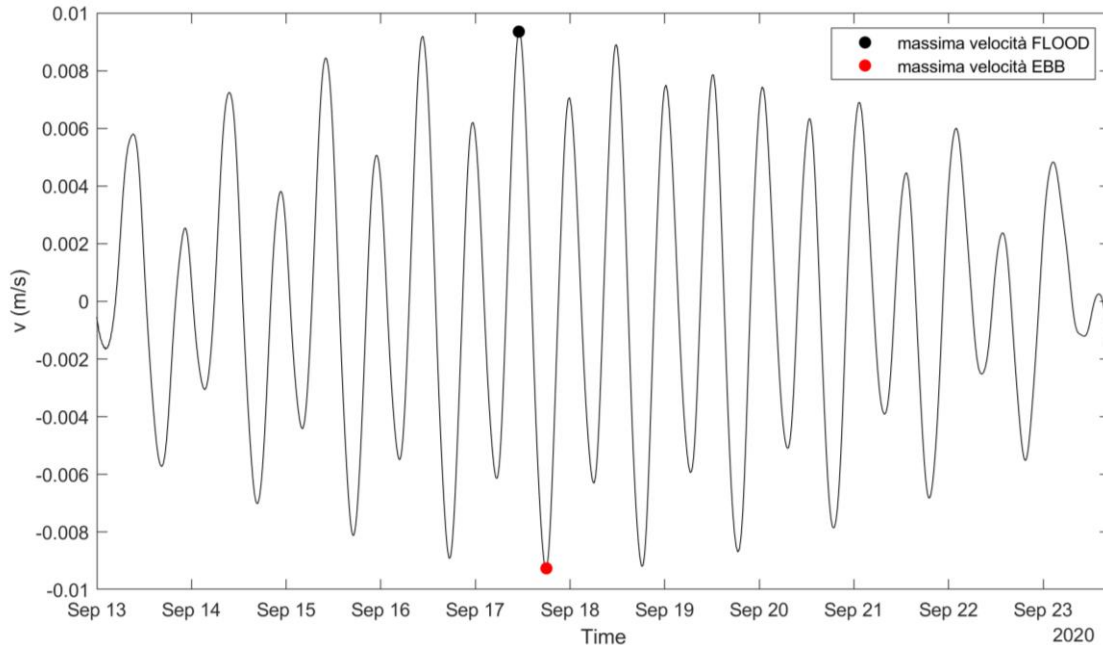


Figura 4-2 Configurazione attuale – Andamento della velocità media calcolata nella sezione di riferimento

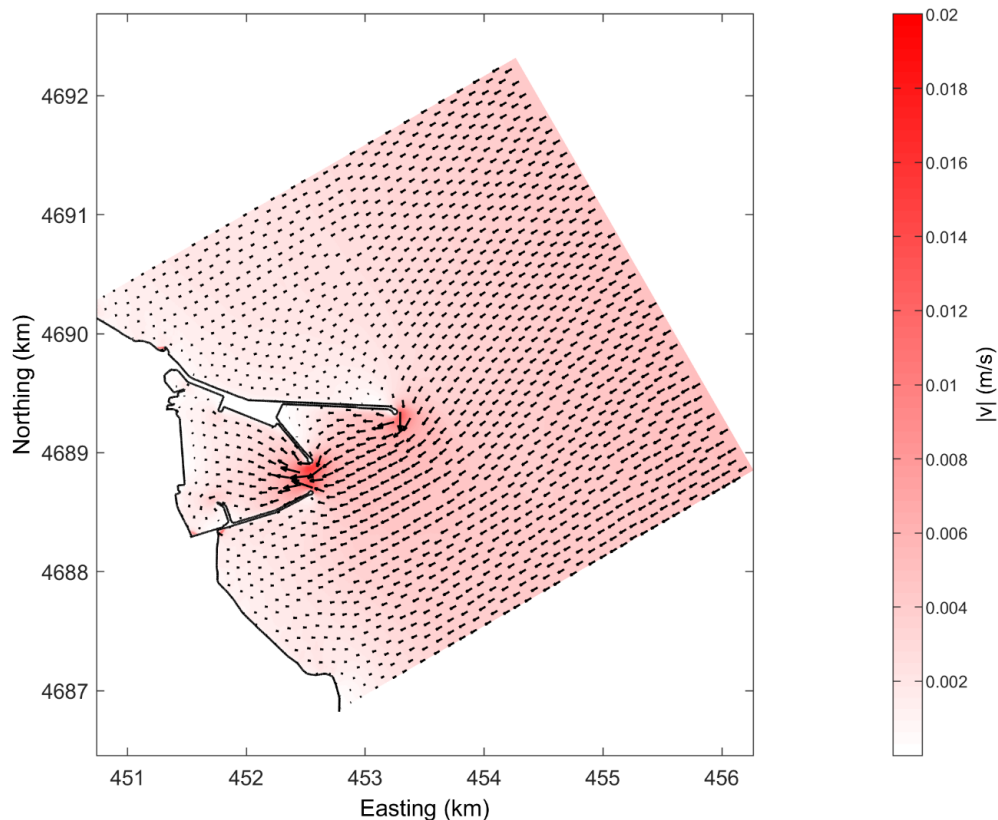


Figura 4-3 Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di flood durante la simulazione.

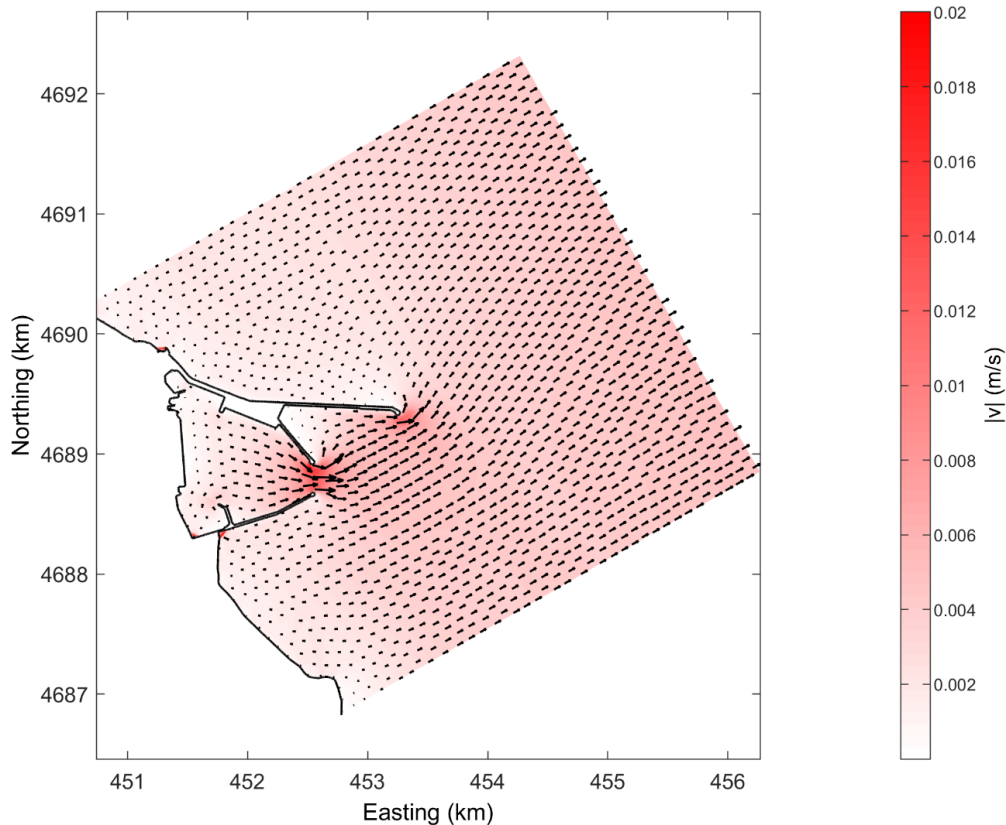


Figura 4-4 - Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di ebb durante la simulazione.

#### 4.2.2 Configurazione di Progetto senza resecazione del vecchio molo Nord

Le velocità medie calcolate lungo l'attuale imboccatura portuale sono identiche a quanto visto per la configurazione attuale. Tuttavia, localmente in prossimità del molo NORD si possono notare in Figura 4-6 e in Figura 4-7 delle velocità locali superiori rispetto a quanto visto nella configurazione attuale, pur non andando a modificare la velocità media entrante ed uscente dalla sezione di controllo. Infatti, è l'aggiunta del nuovo avamposto a causare la riduzione del ricambio idrico del bacino interno.

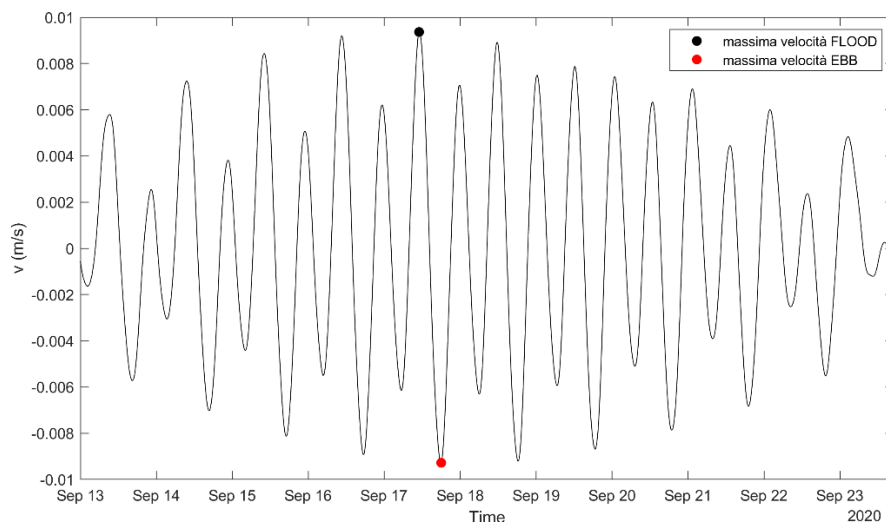


Figura 4-5 Configurazione di progetto senza resecazione  
Andamento della velocità media calcolata nella sezione di riferimento

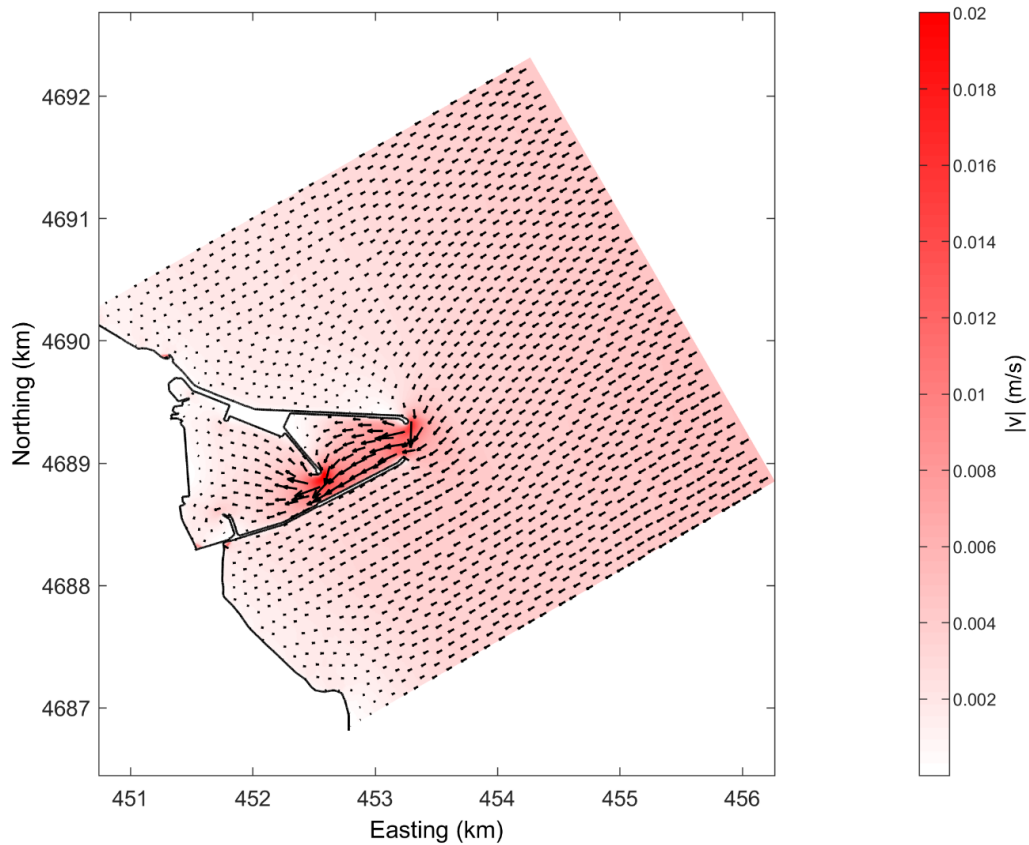


Figura 4-6 Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di flood durante la simulazione.

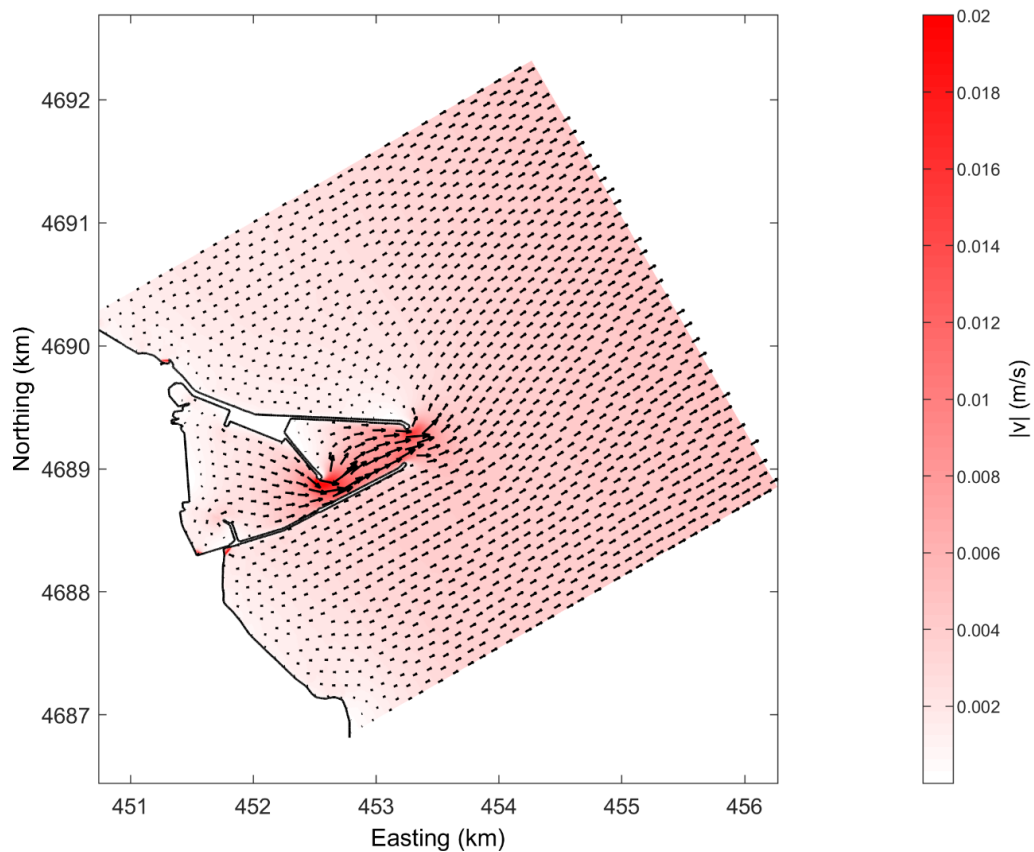


Figura 4-7 Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di ebb durante la simulazione.

#### 4.2.3 Configurazione di Progetto con resecazione del vecchio molo Nord

Nella configurazione di progetto resecato le velocità medie si riducono invece leggermente come si può vedere in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** ma, nonostante ciò, essendo la distanza tra le testate dei moli che delimitano il bacino interno aumentata, come si vedrà nel seguito, questo andrà a favorire il ricambio idrico all'interno dell'area portuale attuale rispetto alla configurazione di progetto non resecato.

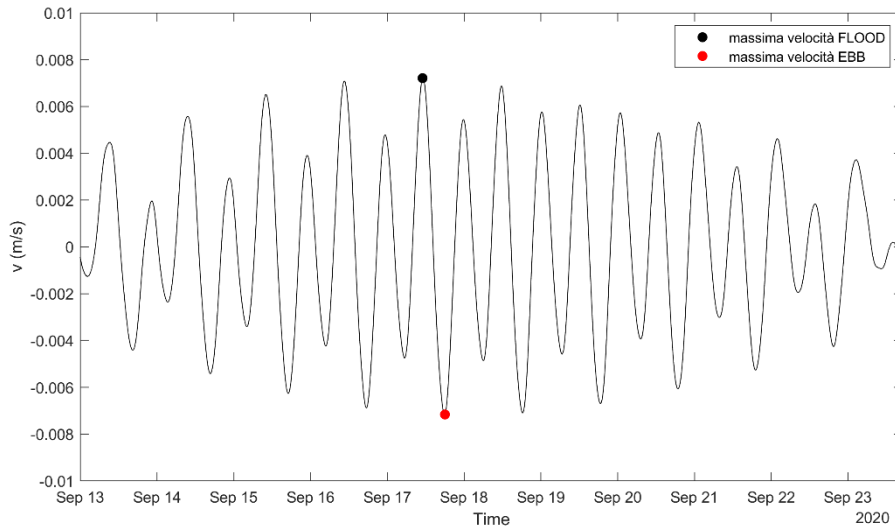


Figura 4-8 Configurazione di progetto con resecazione  
Andamento della velocità media calcolata nella sezione di riferimento

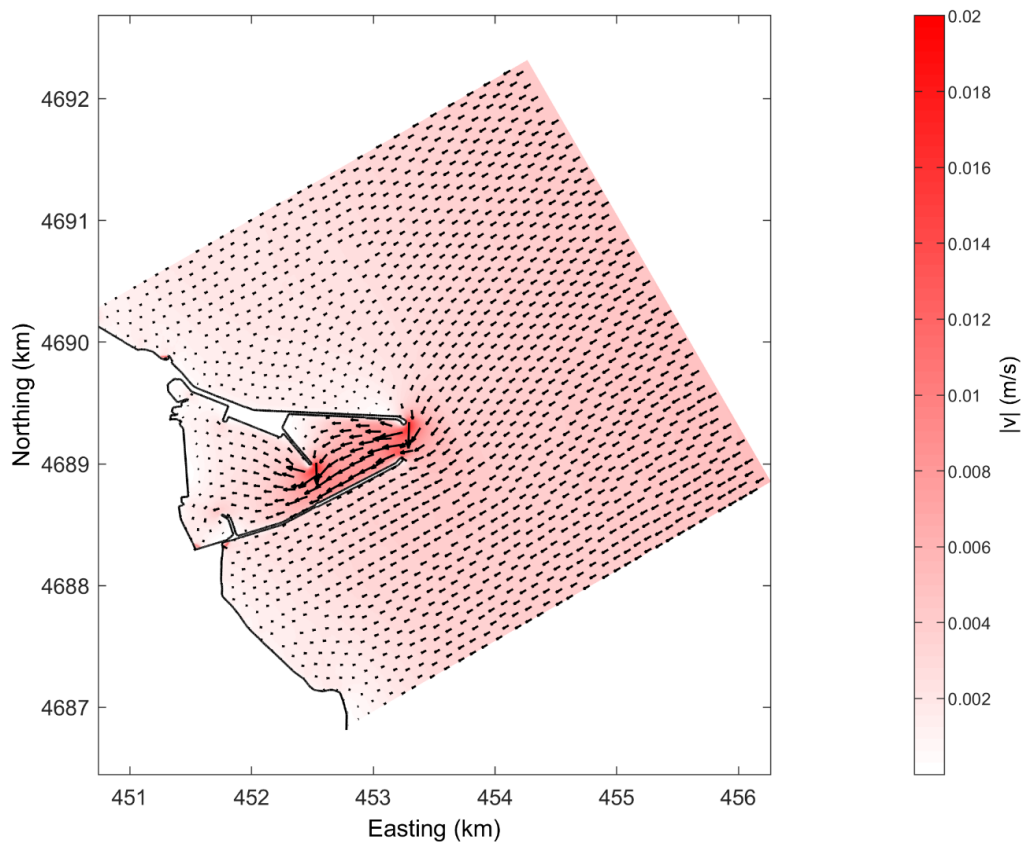


Figura 4-9 Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di flood durante la simulazione.



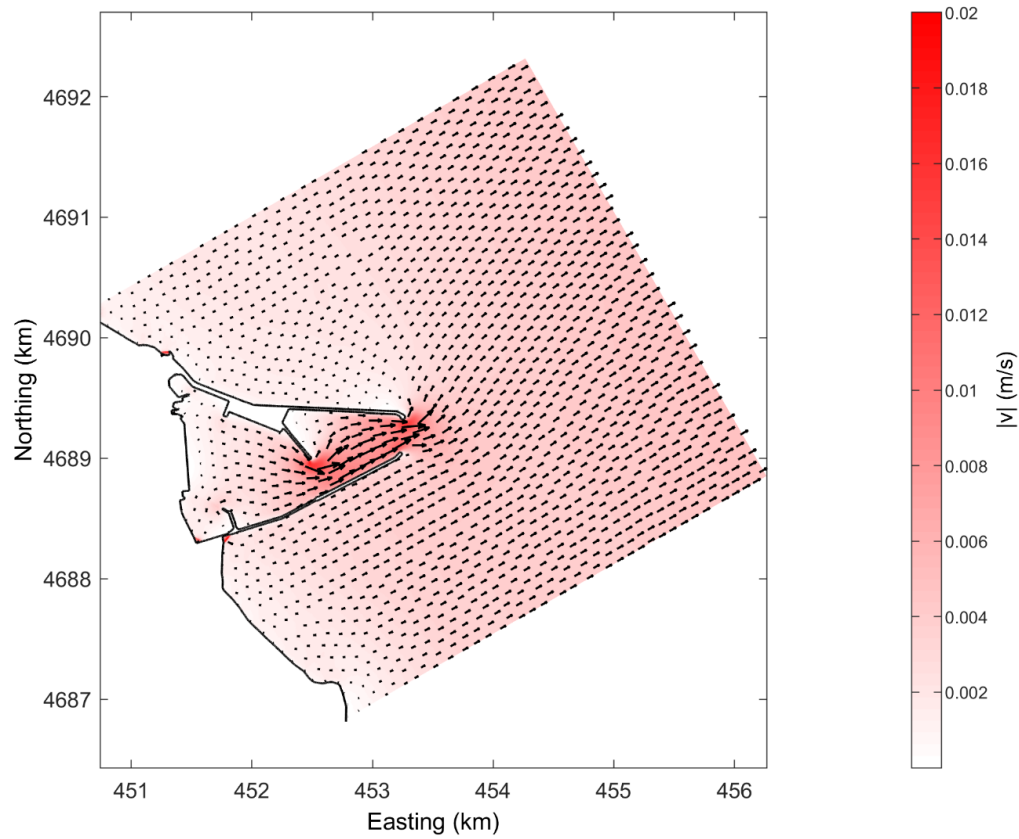


Figura 4-10 Mappa dei moduli della velocità omnidirezionale e direzioni di velocità per l'istante di massima velocità in fase di ebb durante la simulazione.

### 4.3 Ricambio idrico portuale

Qui di seguito sono mostrati i risultati elaborati sulla base delle simulazioni effettuate con il modello di dispersione di inquinanti Water Quality sulla base dei risultati idrodinamici delle simulazioni precedentemente mostrate. In ogni simulazione è stata definita la medesima area di controllo dalla quale sono state estratte le serie temporali di concentrazione del tracciante medie all'interno dell'area. I risultati della stessa area sono stati utilizzati sia per il calcolo del Flushing time (FT), sia per il calcolo dell'efficienza del ricambio idrico (E).

Il volume di controllo comprende l'intero bacino portuale interno.

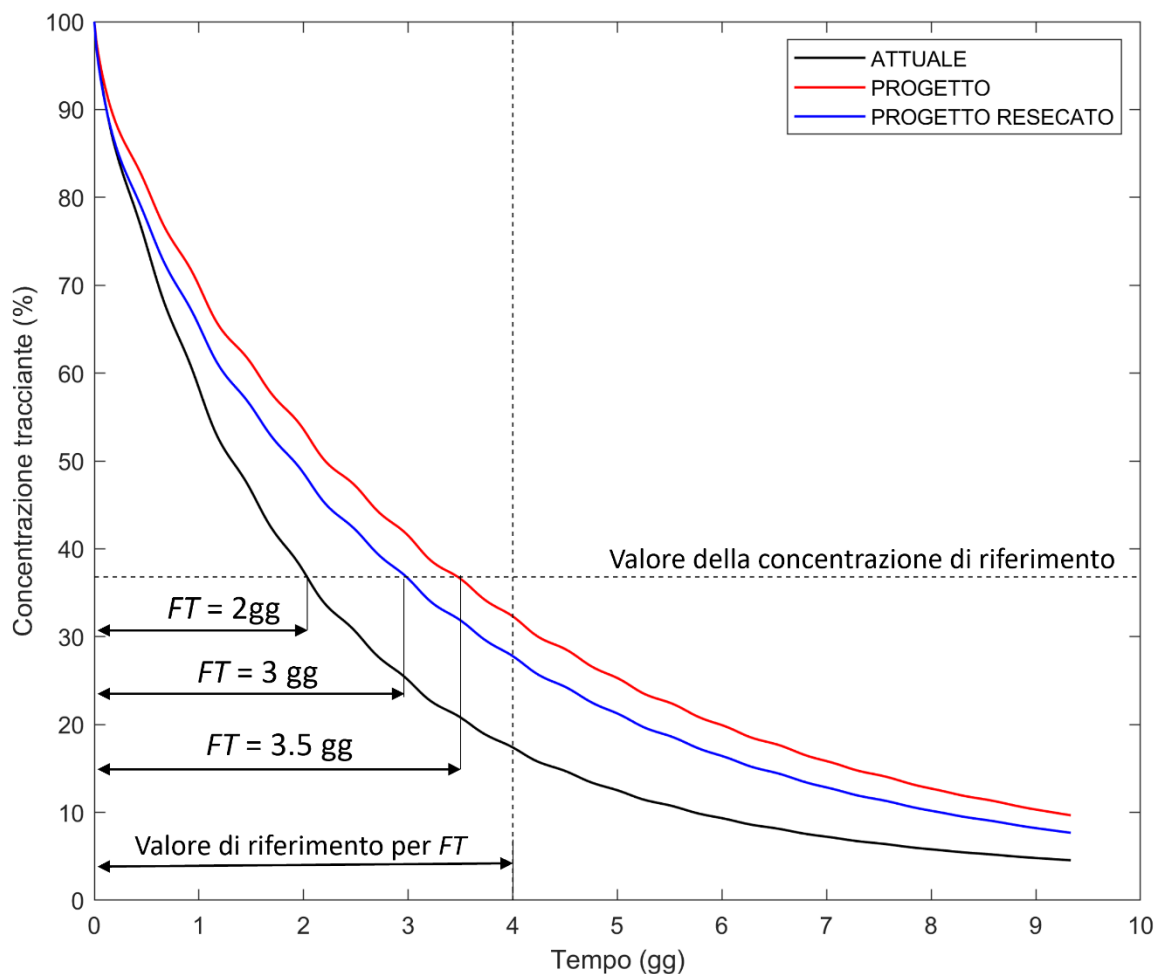


Figura 4-11 Curve di concentrazione di tracciante nel tempo all'interno del bacino portuale con definizione di FT per ogni configurazione analizzata.

Figura 4-11 mostra l'andamento nel tempo della concentrazione media nel tempo del tracciante non reagente all'interno del bacino portuale. La figura mostra anche i valori di FT per ogni configurazione analizzata. Per la configurazione attuale si è ottenuto un flushing time di 2 gg mentre per la configurazione di progetto resecato e di progetto senza resecazione si può notare rispettivamente un aumento a 3.0 gg e a 3.5 gg. Come era deducibile dall'idrodinamica la realizzazione del prolungamento del molo Sud, con la chiusura dell'avamposto esterno determina un aumento del flushing time del porto di Ortona che però rimane comunque inferiore ai valori minimi consigliati pari a 4 gg. La resecatura del molo NORD porta ad un miglioramento del tempo di lavaggio.

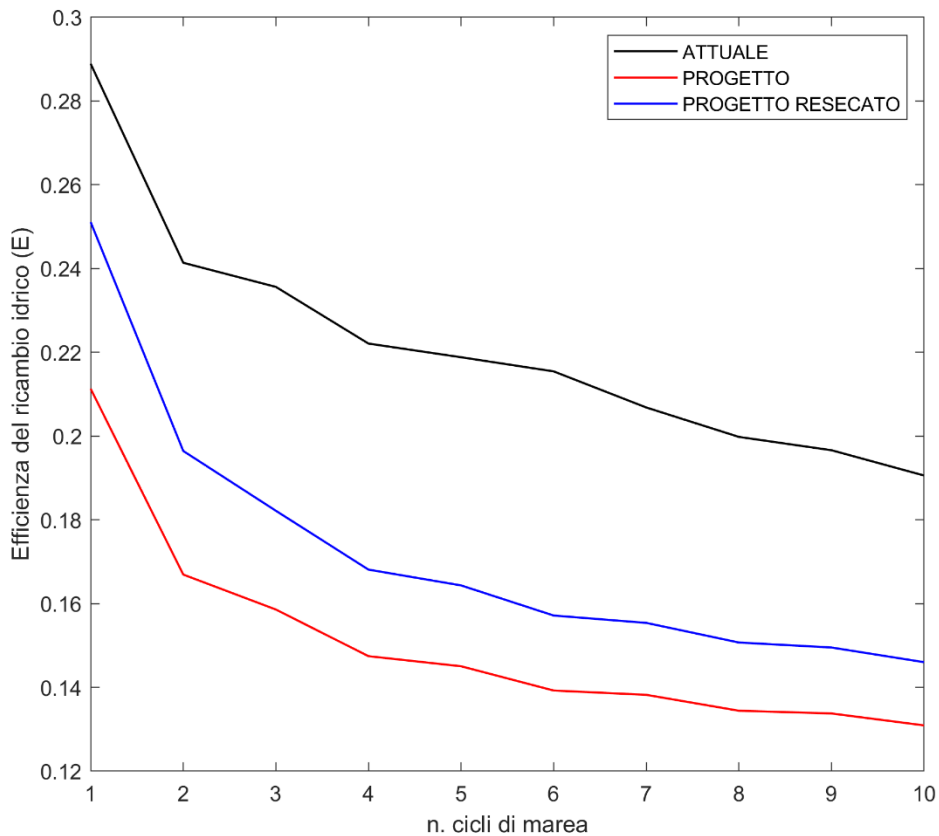


Figura 4-12 Curve di efficienza del ricambio idrico nel tempo del tracciate all'interno del bacino portuale con l'aumento di cicli di marea.

La Figura 4-12 mostra i valori di efficienza del ricambio idrico con l'avanzare dei cicli di marea. I risultati sono congruenti con quelli mostrati in Figura 4-11. In particolare, la configurazione attuale presenta una maggiore efficienza, rispetto a quella di progetto e a quella di progetto con la diga Nord resecato.

Si può notare come la differenza maggiore tra le tre configurazioni è molto più evidente nei primi 4 cicli di marea mentre, dal 5 al 10 ciclo la pendenza delle curve inizia a convergere a valori molto simili.