



*Municipio della Città di Francavilla al Mare*  
*Medaglia d'Oro al Valore Civile*  
*Provincia di Chieti - Abruzzo*

SETTORE III  
ATTIVITA' TECNICHE ED AMBIENTALI

Prot. n. 6653

li 19-02-2018

Alla Giunta Regionale d'Abruzzo  
Dipartimento Opere Pubbliche,  
Governato del Territorio e Politiche Ambientali  
Servizio Tutela, Valorizzazione del Paesaggio e  
Valutazione Ambientale  
CCR-VIA - Autorità competente in materia di VIA

C.A. Ing. Domenico Longhi, Ing. Patrizia De Iulis

P.E.C.: [dpc002@pec.regione.abruzzo.it](mailto:dpc002@pec.regione.abruzzo.it)

OGGETTO: Masterplan Abruzzo – Settore Prioritario Ambiente – PSRA n. 44 “Interventi di difesa idraulica ed idrogeologica del suolo dell'intero territorio regionale” – Attuazione DGR n. 34 del 02/02/2017 – “Interventi di difesa della costa nel Comune di Francavilla al Mare (CH), litorale a nord del fiume Alento”.  
Verifica di assoggettabilità ambientale ai sensi dell'art. 20 del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. - INTEGRAZIONE.

Con riferimento al Giudizio n. 2862 del 08.02.2018 di Codesto Comitato, in allegato alla presente si trasmette la seguente documentazione integrativa:

- Relazione sulla morfodinamica ed idrodinamica costiera;
- Note integrative allo studio di prefattibilità ambientale e verifica di assoggettabilità.

Distinti saluti.

**IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**  
**Arch. Maurizio BASILE**





## Registro protocollo Regione Abruzzo

Archivio	Codice Registro	Tipo Documento	Progressivo Annuo	Data Protocollo	Trasmissione	Mittente/Destinatari	Annullato
PROTOCOLLO UNICO RA	RP001	Posta in arrivo	0049308/18	20/02/2018	PEC	<b>Mittente:</b> PROTOCOLLO@PEC.COMUNE.FRANCAVILLA.CH.IT	

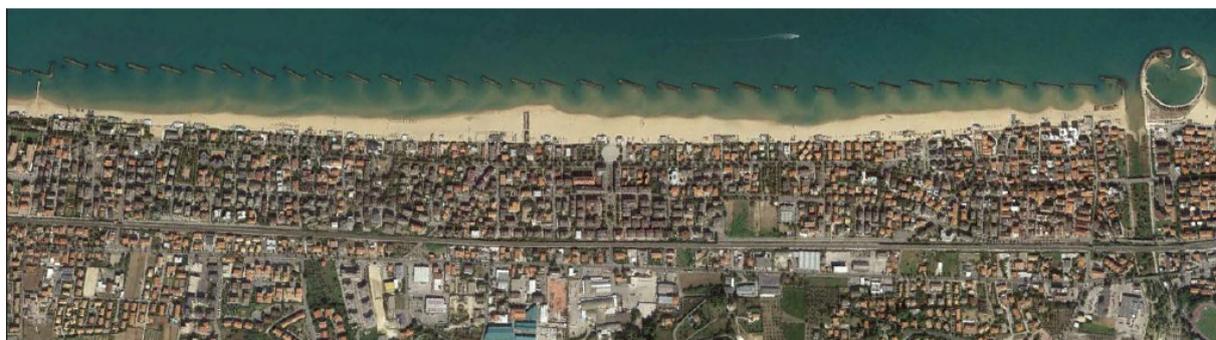
**Oggetto:** MASTERPLAN ABRUZZO-SETTORE PRIORITARIO AMBIENTE-PSRA 44 "INTERVENTI DI DIFESA IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA DEL SUOLO DELL'INTERO TERRITORIO REGIONALE"-  
ATTUAZIONE  
DGR 34 DEL 2.2.17 - INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA NEL COMUNE DI  
FRANCAVILLA AL MARE (CH) LITORALE NORD DEL FIUME ALENTO. VERIFICA  
ASSOGGETTIBILITA' AMBIENTALE AI SENSI DELL'ART. 20 DEL DLGS 152/2006 E  
SS.MM.II., INTEGRAZIONE [PROTOCOLLO N.RO 2018-PROT-6653]

**Impronta:** E1A5655797988E875391A5869160B801D7E1FDF498F36F9538AB9BA74C4825A1



# COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)

Centrale Unica di Committenza  
CUC FRANCAVILLA  
SETTORE III  
Attività Tecniche e Ambientali



## PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA

N.:		Titolo elaborato:	Scala:
3.1	R.03/1	<b>NOTE INTEGRATIVE Allo Studio di Prefattibilità Ambientale e Verifica di Assoggettabilità</b>	—
			Data: LUGLIO 2017

#### Progettista:

**S.A.I.L.** - Studio Associato d'Ingegneria Linguiti  
ing. Fabio Linguiti  
ing. Antonio Fabozzi  
ing. Pietro Forno



#### Il R.U.P.:

arch. Maurizio Basile

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE AGGIORNAMENTO	REDATTO	CONTROLLATO
1	13/09/2017	Note redatte in risposta verbale 08/02/2018 CCR VIA		

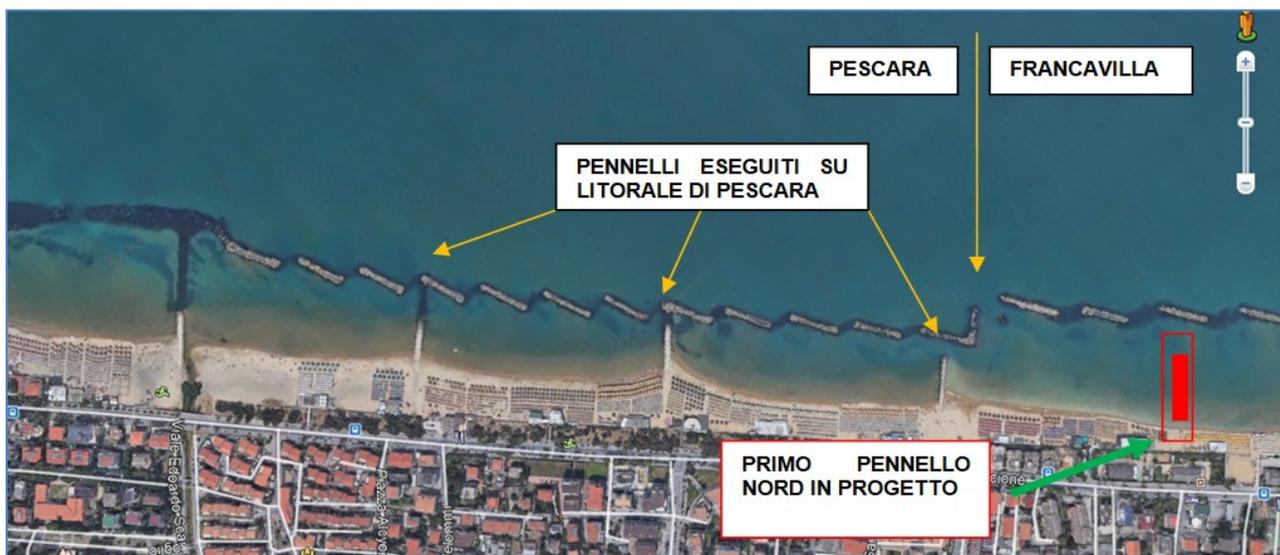
Riproduzione vietata ai sensi di legge se non autorizzata dal progettista

COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA

I documenti progettuali sono stati integrati con Relazione Specialistica (che si allega alla presente) in cui sono esposti i risultati degli studi idrodinamici e morfologici eseguiti sull'ambito costiero oggetto di intervento, condotti tramite modelli matematici secondo consolidate procedure tecniche-scientifiche.

Il progetto in esame, che come già documentato, costituisce un primo lotto di un intervento complessivo (articolato in tre lotti) che ha lo scopo di realizzare l'assetto costiero programmato dallo studio di fattibilità regionale.

Il progetto di primo lotto, oggetto di valutazione, verrà realizzato secondo i medesimi principi e finalità con cui sono stati eseguiti n.3 pennelli sul limitrofo litorale di Pescara tra il 2000 e 2013. In particolare, i suddetti tre pennelli sono stati eseguiti senza rimuovere le scogliere longitudinali esistenti e senza eseguire il ripascimento, cioè costituiscono anch'essi il medesimo schema di difesa proposto nel presente primo lotto, e solo successivamente (si presume) saranno integrati negli interventi di completamento previsti dalla programmazione regionale.



Su detti tre pennelli si è già ampiamente esposto nei documenti finora prodotti, ed è importante richiamare ancora l'attenzione su di essi, in quanto costituiscono la prova effettiva e non basata su un modello matematico virtuale, di come il litorale risponde agli interventi di progetto di un primo lotto, oggetto della presente procedura di assoggettabilità.

In merito si invita a tenere sempre in considerazione che il più avanzato modello matematico, o fisico in scala ridotta, costituisce sempre una simulazione, quindi una finzione della realtà, che risulta invece sempre più complessa rispetto alle ipotesi che sono a base di qualsiasi modello.

Questo è il motivo per cui le simulazioni con modello sono eseguite sempre ipotizzando le condizioni peggiori di sollecitazione, ad esempio un calcolo strutturale si esegue sulle più gravose condizioni di carico che la struttura supporterà nella sua vita, incrementando i cementi e decrementando le resistenze. Anche nelle simulazioni su modelli idraulici si considerano le condizioni più penalizzanti in modo da avere risposte cautelative, ad esempio nella simulazione per stimare i ricambi idrici si considerano le sole componenti di marea, omettendo il contributo del moto ondoso – *che sempre esiste* - proprio per stimare le peggiori condizioni.

**COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)**  
**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA**

Nel caso specifico si ha la possibilità di prendere atto direttamente della risposta reale (e non virtuale) del litorale all'intervento in progetto. Infatti, a conferma della validità delle scelte progettuali prospettate si può prendere atto che, per il litorale di Pescara:

- l'arenile a tergo dei suddetti pennelli risulta stabilizzato e non soggetto a processi erosivi;
- lo specchio acqueo delimitato dai suddetti pennelli e dalle scogliere longitudinali non presenta problemi di insufficienti ricambi idrici, infatti da interviste dirette eseguite presso i gestori degli stabilimenti ivi ubicati non risultano lamentele sull'argomento anzi sono pienamente soddisfatti di come l'utenza balneare apprezzi l'assetto dell'arenile;
- detti tre pennelli hanno innescato un processo erosivo sul litorale limitrofo a sud in comune di Francavilla, perché la loro realizzazione è stata eseguita in un tratto limitato all'area a sopraflutto della sub unità fisiografica che è delimitata a sud dai pennelli di foce dell'Alento. Invece il progetto in esame delle opere del primo lotto risulta esteso all'intera sub-unità fisiografica e non può innescare alcun processo erosivo.

Ciò premesso, si espone nel seguito in merito alle conclusioni riportate nel verbale del 08/02/2018 che richiama la nota prot. 29571 del 01.02.2018 con la quale il Servizio Opere Marittime e Acque Marine ha espresso il proprio parere favorevole con prescrizioni al "Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica".

In merito alla sopra citata nota del Servizio OO.MM., vista la propria competenza della materia e la conoscenza degli elaborati prescritti dal Codice e dal Regolamento, si evidenzia, in primo luogo, la valutazione positiva del progetto di fattibilità tecnica ed economica, rimandando gli studi specialistici alla successiva fase progettuale, con le seguenti quattro prescrizioni che di seguito vengo testualmente riportati:

1. *Nei tratti di costa in cui il passo dei pennelli del progetto discosta significativamente da quello indicato dal piano di difesa della costa della Regione Abruzzo, dovrà essere valutato con uno studio locale gli effetti che tale variazione può determinare;*
2. *Considerato che il progetto non prevede la rimozione delle barriere esistenti, va verificato che tale impostazione garantisca un efficace ricambio di acqua;*
3. *Dovrà essere eseguito lo studio morfodinamico per la verifica dell'efficacia del presente progetto;*
4. *nella fase progettuale definitiva/esecutiva dovrà verificarsi la compatibilità strutturale-realizzativa del presente assetto dei pennelli con il futuro completamento previsto dal piano.*

Con la presente relazione integrativa si rappresenta quanto segue:

1. Il piano di difesa della costa della Regione Abruzzo prevede n.12 pennelli disposti ad interasse 300 m. Allo stato ne sono stati eseguiti n.3 nel Comune di Pescara ad interasse 290 ml e 330 ml (quindi ad interasse diverso rispetto ai 300 ml indicati). Il progetto in esame prevede n.11 pennelli ad interasse minimo 165 ml e massimo 320 ml.

Per verificare l'efficacia dell'intervento è stato eseguito uno studio morfologico con simulazioni su modello matematico in grado di stimare la evoluzione della linea di riva a lungo termine (10 anni). Le simulazioni hanno confortato circa la positività delle soluzioni progettuali, ed indicato l'assenza di effetti negativi e, specialmente, irreversibili sull'arenile. Le simulazioni sono state eseguite su un dominio di calcolo esteso all'intera sub-unità fisiografica, e riguardano lo stato dei luoghi relativo alle opere di primo lotto (11 pennelli), a quelle di secondo lotto (realizzazione di opere a T –a completamento dei pennelli- in luogo delle attuali scogliere longitudinali), e di terzo lotto (ripascimento di 20 m). Poiché il comune di Francavilla al Mare esegue

**COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)**  
**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA**

stagionalmente dei ripascimenti sui tratti di maggiore criticità, è stata eseguita anche una simulazione –relativamente allo stato dei luoghi dopo le opere di primo lotto- tesa verificare la stabilità di un ripascimento di circa 10 m di larghezza, quindi di dimensioni ridotte rispetto a quanto previsto al terzo lotto.

Ai fini di una conferma in merito alle conclusioni dello studio morfodinamico allegato alle presenti note integrative, si invita a prendere atto di quanto avvenuto sul litorale di Pescara, nel tratto di arenile dove i pennelli sono stati eseguiti ad interasse diverso dai 300 m prospettati nel piano regionale. Si prende atto che ivi l'arenile è stabile e non vi sono problemi arrecati dalla diversa disposizione dei pennelli, rispetto ai 300 m prospettati dal piano regionale;

2. La verifica dei ricambi idrici è stata eseguita sulla base di condizioni di sola marea, stimando i volumi cumulati in entrata ed in uscita dallo specchio acqueo protetto, arrivando alla conclusione che il completo ricambio delle masse d'acqua avviene in 4-5 giorni. Come ulteriore studio, è stata eseguita una simulazione idrodinamica con modello agli elementi finiti, introducendo all'interno di una cella tra due pennelli uno scarico di una portata idrica caratterizzato da un tracciante di elevata concentrazione per una durata di circa 12 ore. Dopo 8 ore dalla cessazione dello scarico detta concentrazione risulta del tutto annullata. Come esposto, le simulazioni sono state eseguite utilizzando come forzante il solo fenomeno di marea, in quanto è l'unico fenomeno sempre persistente, quindi nelle condizioni più gravose, e pertanto cautelative. Infatti, la presenza di ulteriori forzanti, quali moto ondoso e/o vento indurrebbero contributi al sistema di correnti e quindi i ricambi idrici sarebbero più celeri;
3. Per verificare l'efficacia dell'intervento sono stati eseguiti studi specialistici di idrodinamica e di morfodinamica costiera con simulazioni condotte su modello matematico sia nello stato attuale dei luoghi, sia nello scenario con opere di progetto eseguite.

Lo studio idrodinamico relativamente allo stato attuale dei luoghi ha fornito spiegazioni sulla genesi e cause delle criticità che inducono i processi erosivi. Le simulazioni condotte per lo stato di progetto documentano come i pennelli costituiscono un elemento stabilizzante che intercetta il flusso longitudinale costiero diretto verso sud e che induce erosione.

Lo studio morfodinamico ha fornito conclusioni positive circa la efficacia delle soluzioni progettuali, ed indicato la stabilità, l'assenza di effetti negativi e, specialmente, irreversibili sull'arenile. Come già anticipato al precedente punto 2, le simulazioni sono state eseguite stimando l'evoluzione dell'arenile a lungo termine (10 anni) relativamente a 4 scenari, di cui tre rappresentano i tre diversi lotti, una quarta, intermedia temporalmente tra il primo e secondo lotto, è invece relativa alla verifica del ripascimento stagionale che il comune di Francavilla esegue sui tratti di maggiore criticità. Nello specifico si è ipotizzato un ripascimento tra i primi due pennelli a nord dove è maggiore il processo erosivo, eseguito per circa 10 m di larghezza, quindi di dimensioni ridotte rispetto a quanto previsto al terzo lotto.

4. Le simulazioni eseguite con modello morfodinamico hanno fornito risposte nel lungo termine sulla stabilità dell'arenile e la efficacia delle opere di difesa termine, per ognuno dei tre scenari dei luoghi relativi ai tre citati lotti, che saranno eseguiti per il completamento delle previsioni del piano regionale.

Circa la esatta perimetrazione del S.I.R., di cui si è preso atto, essa riguarda gli ultimi due pennelli del tratto sud del litorale, per la cui esecuzione ci si atterrà alle

**COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)**  
**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA**

indicazioni contenute nelle “Linee guida del SIR”, delle normative e dei regolamenti vigenti, ed in particolare si eviteranno scavi.

Infine, si pone in evidenza che gli unici impatti potenziali che sono connessi alle opere in progetto riguardano la “condizione di esercizio” delle stesse relativamente alle sole componenti acqua (per quanto concerne i ricambi idrici) e Paesaggio (linea di riva ed ingombri opere).

In merito alla componente *acqua* sono stati eseguiti studi con modelli i cui risultati sono riportati nella Relazione Specialistica -allegata alla presente. Nello specifico i risultati mostrano che, nelle condizioni più gravose e cioè in presenza di sola marea (assenza di moto ondoso e vento), avviene un ricambio idrico totale in 4-5 giorni.

Come ulteriore verifica si è simulata, in una cella tra due pennelli, l'immissione di una portata idrica di 1 mc/s caratterizzata da un tracciante di concentrazione 1.000.000 mg/l, scaricato in mare con continuità per una durata di 12 ore. La simulazione idrodinamica, sulla base della sola forzante di marea documenta che nella cella in esame, nonché in quelle adiacenti, la concentrazione del tracciante si annulla dopo 8 ore dal termine dell'efflusso. In definitiva, gli studi eseguiti dimostrano che gli impatti potenziali possono considerarsi contenuti.

Per quanto concerne la componente *paesaggio*, i pennelli in progetto sono di dimensioni ridotte rispetto a quelli previsti nel piano regionale, e quindi meno invasivi, ma specialmente sono funzionali alla realizzazione di uno schema finale che prevede la trasformazione delle esistenti scogliere longitudinali in soffolte e la esecuzione di un ripascimento, con conseguente miglioramento paesaggistico, essendo eliminate le scogliere emergenti attuali dalla prospettiva da mare e da terra.

Le rimanenti componenti (*aria, atmosfera, ....*) possono essere interessate da potenziali impatti nella sola fase di costruzione delle opere, e trattasi di impatti temporanei e reversibili, quindi contenuti. Tali impatti saranno ulteriormente mitigati da specifiche azioni, già descritte nelle precedenti relazioni.

Ing. Fabio Linguiti





# COMUNE DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)

Centrale Unica di Committenza  
CUC FRANCAVILLA  
SETTORE III  
Attività Tecniche e Ambientali



## PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA

N.:		Titolo elaborato:	Scala:
11	R.05	<b>RELAZIONE SULLA MORFODINAMICA ED IDRODINAMICA COSTIERA</b>	--
			Data: LUGLIO 2017

#### Progettista:

**S.A.I.L.** - Studio Associato d'Ingegneria Linguiti  
ing. Fabio Linguiti  
ing. Antonio Fabozzi  
ing. Pietro Forno



#### Il R.U.P.:

arch. Maurizio Basile

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE AGGIORNAMENTO	REDATTO	CONTROLLATO
1	14/02/2017	INTEGRAZIONE RICHIESTA PER V.A		

Riproduzione vietata ai sensi di legge se non autorizzata dal progettista

<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>1 DESCRIZIONE DEL LITORALE E FINALITA' PROGETTUALI.....</b>	<b>3</b>
<b>2 ANALISI DELL'EVOLUZIONE STORICA DELLA LINEA DI RIVA.....</b>	<b>9</b>
<b>3 FLUSSI ENERGETICI E DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI ONDA MORFOLOGICA .....</b>	<b>15</b>
3.1 ONDA MORFOLOGICA.....	15
3.2 FLUSSI ENERGETICI CONNESSI AL MOTO ONDOSI.....	16
<b>4 DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DI CHIUSURA. ....</b>	<b>20</b>
<b>5 SIMULAZIONI CON MODELLISTICA NUMERICA .....</b>	<b>22</b>
5.1 MODELLO IDRODINAMICO .....	25
5.1.1 <i>Circolazione indotta dal moto ondoso incidente.</i> .....	27
5.1.2 <i>Ricambi idrici indotti da marea</i> .....	40
5.2 MODELLO MORFOLOGICO AD UNA LINEA .....	53

## PREMESSA

Nel presente elaborato si espone in merito ai regimi morfodinamico e idrodinamico costieri, la cui caratterizzazione è stata eseguita tramite studi specialistici di idraulica marittima sviluppati anche con l'ausilio di modellistica numerica. La caratterizzazione viene eseguita nelle condizioni attuali dei luoghi e di progetto.

L'analisi del regime idrodinamico costiero viene eseguita valutando le correnti litoranee indotte dalle condizioni di onda morfologica . A tale scopo si è ricorso a simulazioni con il modello matematico bidimensionale **TELEMAC 2D**.

Lo studio morfologico costiero viene eseguito attraverso simulazioni con modello matematico del tipo ad una linea GENESIS (**GENE**ralized model for **SI**mulating **Sh**oreline change), tarato sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi cronologica della linea di costa.

Nel seguito, preliminarmente ai risultati delle simulazioni tramite modelli matematici , si espone in merito ad indagini ed elaborazioni propedeutiche alle simulazioni stesse, riguardanti:

- evoluzione storica della linea di riva;
- determinazione delle condizioni di onda morfologica e della profondità di chiusura sulla base dei risultati dello studio del clima ondoso.

La determinazione delle condizioni di onda morfologica è indicativa delle caratteristiche medie annue del clima ondoso incidente sul litorale e fornisce una prima indicazione sul regime delle correnti costiere indotte dal moto ondoso in termini tipologici (prevalenza di correnti trasversali o longitudinali alla costa) nonché sull' orientamento delle correnti longitudinali.

## **1 DESCRIZIONE DEL LITORALE E FINALITA' PROGETTUALI.**

La fase preliminare di uno studio sul regime evolutivo di un litorale si fonda sul confronto di documenti storicamente successivi, da cui evincere l'evoluzione cronologica della linea di riva ed eventualmente la relativa risposta alla realizzazione di opere di difesa costiera.

Tali documenti sono generalmente costituiti da planimetrie storiche, aerofotogrammetrie, aerofoto e ortofoto, dalla cui sovrapposizione si rilevano i fenomeni evolutivi del litorale, nonché il relativo stato di equilibrio, ovvero di erosione o di accrescimento. In linea generale, dal confronto storico dell'evoluzione della linea di riva, oltre che a definire lo stato del litorale, si attingono altresì indizi rilevanti sulla tipologia del regime evolutivo dello stesso. Tale informazioni si evincono in particolare a ridosso delle singolarità morfologiche e in corrispondenza delle opere di difesa costiera.

La parte di litorale oggetto di intervento fa parte della fascia costiera centro meridionale della Regione Abruzzo, che si sviluppa con omogenea continuità dal Porto Turistico di Pescara a nord verso sud fino a Punta Ferruccio nel Comune di Ortona (CH), ed è caratterizzato da costa bassa e sabbiosa, protetta con continuità da opere di difesa costiera longitudinali e trasversali nel tratto a Nord fino al confine tra i comuni di Pescara e Francavilla e solo opere longitudinali distaccate nel comune di Francavilla.

Originariamente, prima dell'antropizzazione della fascia costiera, il litorale era parte integrante di un'unica ampia unità fisiografica che si estendeva dalla falesia a nord di Ortona verso settentrione fino al promontorio del Conero nelle Marche. Tale unità fisiografica veniva alimentata dai sedimenti fluviali di vari corsi d'acqua di cui i principali sono il Pescara ed il Vomano.

Attualmente, con la costruzione di strutture portuali e con l'armatura di alcune foci fluviali, l'originaria ampia unità fisiografica risulta frazionata artificialmente da detti interventi antropici. Per cui, allo stato, il litorale oggetto di intervento rientra in unità fisiografica delimitata a nord dal porto di Pescara ed a sud dalla falesia posta a nord di Ortona (Punta Ferruccio). All'interno di tale unità si può distinguere una sub-unità fisiografica delimitata a sud dai pennelli di Foce dell'Alento. Infatti la deriva dei sedimenti nello specchio acqueo protetto dalle difese longitudinali –per stati del mare ordinari e non estremi (che generano rip current con fuga di materiale oltre le scogliere) – è appunto limitata a sud dalle difese dell' Alento.

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

Come esposto, il litorale è difeso con continuità da varie tipologie di opere di difesa costiera. In dettaglio a sud del sottoflutto del porto di Pescara sono presenti delle opere a T, di cui la parte longitudinale è del tipo soffolto. A sud di tale tratto iniziano una serie opere costiere longitudinali distaccate, del tipo a cresta bassa, costruite in massi naturali. Tali manufatti hanno lunghezza di 60-80 m e sono disposti con asse longitudinale inclinato rispetto alla costa in senso orario, in direzione delle mareggiate provenienti da nord est. Tra le opere a T e il confine tra i comuni di Pescara e Francavilla al mare (sul territorio comunale di Pescara), a tergo di tali scogliere sono presenti dei pennelli.

Oltre il confine tra detti comuni, nel litorale prospiciente il comune di Francavilla al Mare le scogliere longitudinali risultano traslate verso largo di circa 50 m verso largo rispetto a quelle poste nel territorio di Pescara, e in corrispondenza del varco ampliato tra le due testate delle scogliere a confine tra i comuni, la maggiore energia ondosa che penetra ha determinato un arretramento dell'arenile. In corrispondenza della foce dell'Alento, in destra idraulica è in corso di costruzione un porto turistico. L'analisi diacronica della linea di riva, che si riporta nel successivo paragrafo, documenta che tra il 1989 ed il 2014 vi è stato un arretramento mediamente variabile tra 20 e 30 m. Il litorale di Pescara, a sud del porto turistico fino al confine con il comune di Francavilla, è stato nell'ultimo decennio interessato da una serie di interventi che hanno razionalizzato le opere di difesa pre-esistenti, eseguendo – nel tratto nord- delle scogliere soffolte longitudinali a tergo delle quali sono ubicati dei pennelli. Nel tratto sud, fino al confine con il Comune di Francavilla al mare, sono stati realizzati dei pennelli emersi nella parte radicata alla riva e sommersi nella successiva, fino ad intersecare le scogliere longitudinali. Inoltre le testate delle scogliere longitudinali sono state congiunte con opere soffolte. L'intervento ha determinato localmente risultati positivi, infatti dalle foto satellitari del portale Google Earth si evince che la linea di riva a tergo risulta avanzata in modo consolidato e stabile. Si deve pertanto dedurre che le opere realizzate ben svolgono la dissipazione dell'energia ondosa a cui sono deputate, garantendo sia la protezione dalle mareggiate estreme, sia e la crescita della spiaggia per dinamica diffrattiva.

L'intervento suddetto è stato eseguito tra il 2004 ed il 2014, procedendo da nord verso sud, e con la progressione delle opere si manifestavano a sottoflutto (lato sud) dei processi erosivi, mentre –come descritto- nel tratto protetto (a nord) avveniva invece la stabilizzazione dell'arenile.

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

Allo stato essendo i lavori completati fino all'estremo sud del comune di Pescara, il processo erosivo è migrato sull'arenile del Comune di Francavilla al mare, ed è particolarmente evidente nel tratto immediatamente a sud del confine tra i due comuni. Il fenomeno è oggettivamente generato dall'azione di contenimento dei flussi sedimentari (già modesti), che dal litorale di Pescara migravano verso quello di Francavilla, e che le opere descritte hanno consistentemente ridotto.

Vi è un ulteriore aspetto, legato alle opere esistenti, queste infatti non sono orientate parallelamente alla costa, bensì sono ruotate in senso orario verso est, e, in riscontro a quanto dedotto dallo studio meteomarinario e confermato in altri studi eseguiti sul medesimo litorale, attraverso i varchi esistenti avviene una maggiore penetrazione dei flussi energetici proprio alle mareggiate dominanti provenienti dal settore settentrionale, che inducono la deriva meridionale dei sedimenti. Quindi tale carenza di protezione, cumulata all'ulteriore recente limitazione dei flussi sedimentari da nord (causata dagli interventi descritti eseguiti nel comune di Pescara) ha accentuato uno stato di criticità pregresso, storicamente causato dal deficit sedimentario dovuto alla riduzione degli afflussi solidi del Fiume Pescara .

Per completare il quadro degli interventi eseguiti sul litorale in argomento, si espone che nel 2015 la Regione è intervenuta sul litorale di Francavilla, realizzando delle soglie soffolte con quota di sommergenza posta a -1.50 m s.l.m.m., che collegano gli estremi delle difese longitudinali esistenti. L'intervento ha avuto lo scopo di ridurre l'energia ondata che penetra a tergo delle opere esistenti. I lavori sono stati eseguiti su tre zone della fascia costiera comunale, ed hanno interessato tra l'altro le prime cinque opere a nord, prossime con il confine con il Comune di Pescara.

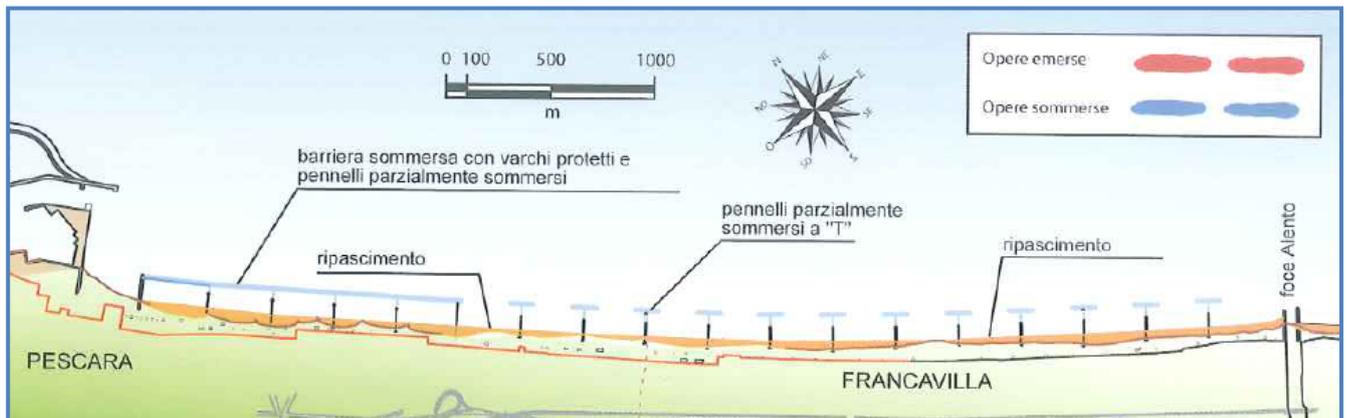
La regione Abruzzo ha redatto uno studio di fattibilità sull'intera fascia costiera regionale (*"Gestione integrata dell'area costiera, piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale"*), il quale è stato in parte eseguito a sud del porto turistico nel comune di Pescara (celle delimitata da opere longitudinali soffolte e pennelli). Il medesimo studio per prevede per il litorale a sud di tali celle, fino alla foce dell' Alento la realizzazione di 11 opere a "T", costituite da una poarte longitudinale sommersa ed una trasversale, emersa per il tratto radicato alla riva e sommersa fino alla parte longitudinale.

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

Più specificamente, detto documento prevede per il litorale di Francavilla al mare compreso tra il confine con il comune di Pescara a Nord e la foce del fiume Alento a Sud (Vedi Paragrafo 5.3.5 Pescara Sud-Francavilla):

- La realizzazione di n.9 pennelli a "T", costituiti da un primo tratto emergente e pedonabile radicato a terra e da un secondo tratto sommerso, disposti ad interasse di circa 300m;
- Il salpamento delle opere di difesa esistenti e recupero dei massi salpati per la realizzazione delle nuove opere di difesa e di contenimento della sabbia di ripascimento;
- Un ripascimento con avanzamento medio di circa 27m.

La figura che segue è tratta dal documento di programmazione sopracitato e riporta lo schema di intervento ipotizzato

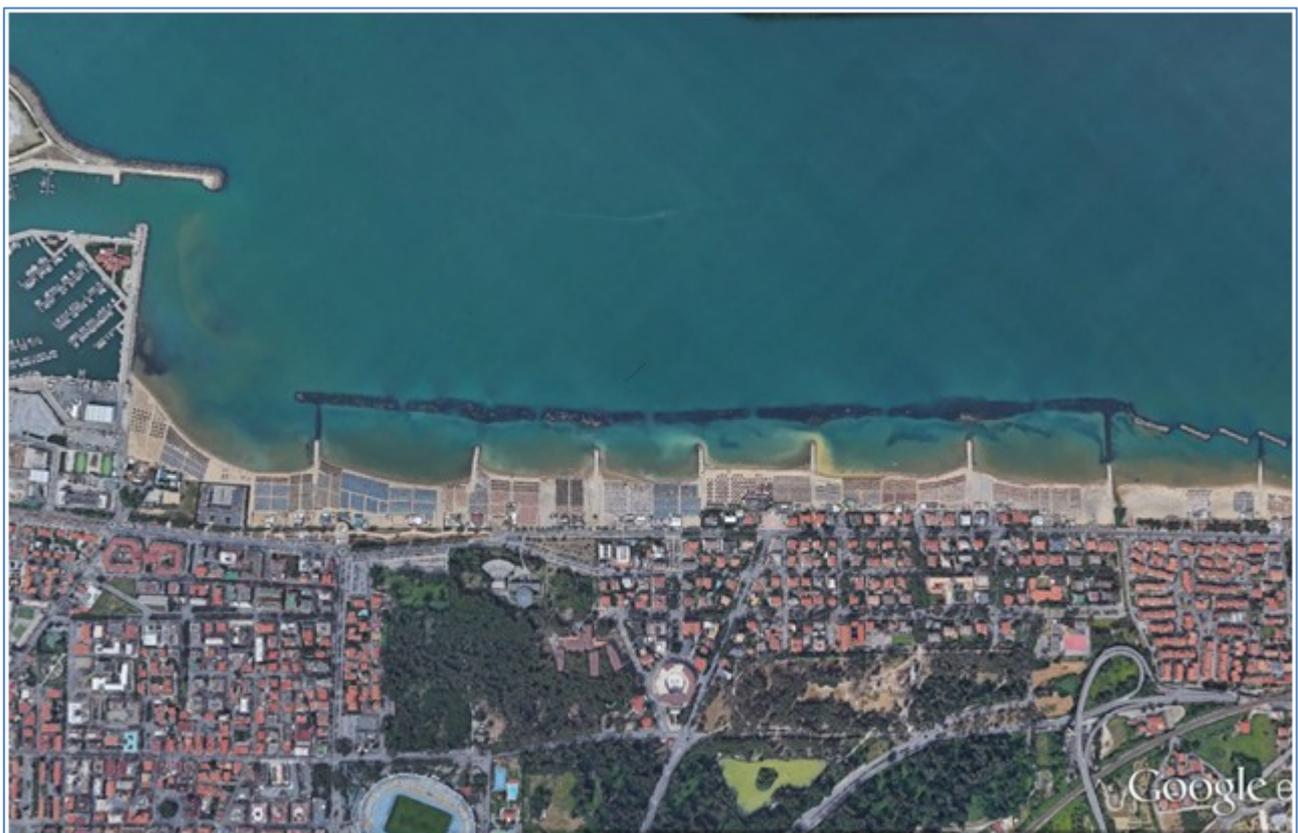


**Fig. 1- schema di intervento ipotizzato nel Progetto di fattibilità di cui al Piano Organico delle Aree Vulnerabili della regione Abruzzo.**

Il progetto in esame sottoposto a V.A., prevede la realizzazione di n.11 pennelli, di cui 5 del tipo misto (primo tratto emergente e secondo tratto sommerso) e 6 del tipo emersi. Detto progetto –limitato per disponibilità economiche- costituisce di fatto il primo lotto esecutivo degli interventi di difesa costiera e ripascimento previsti dalla programmazione regionale per il litorale compreso tra le foci del Pescara e dell’alento . L’allegato grafico illustra la possibile suddivisione dell’intervento di difesa costiera previsto dalla Regione Abruzzo in n.3 lotti. In dettaglio, con il primo lotto saranno eseguiti i pennelli , con il secondo saranno eseguite le opere longitudinali soffolte salpando quelle esistenti emerse e l’eventuale completamento dei pennelli (potrebbe non essere necessario) , con l’ultimo lotto sarà eseguito il ripascimento dell’arenile fino alla estensione prevista nella programmazione regionale (27 ml). Eventualmente , un primo ripascimento potrebbe essere eseguito anche in un lotto successivo a quello del progetto in esame.

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

Nel presente progetto sono stati previsti n.11 pennelli in luogo dei n.9 previsti nello schema di intervento della Regione Abruzzo. Tale numero è scaturito dall'aver assunto un interasse medio (di circa 260m) dello stesso ordine di grandezza di quello assunto tra i pennelli realizzati a tergo della barriera sommersa sul litorale di Pescara immediatamente a sud del Porto, proprio in virtù del risultato positivo avutosi su detto litorale limitrofo a Nord di quello di intervento. Inoltre, si fa osservare che anche su tale litorale nord, e nello specifico immediatamente a sud del porto turistico di Pescara, a tergo della scogliera soffolta è stato realizzato un maggior numero di pennelli rispetto a quelli preventivati (Vedi Fig. 2), e specificamente ne sono stati realizzati n.7 in luogo dei 6 preventivati nello schema di intervento programmatico regionale. Quanto dedotto attesta che la previsione del progetto in argomento di un numero maggiore di pennelli è conforme con la programmazione regionale e non ne snatura i contenuti e le finalità.



**Fig. 2- sistema di difesa realizzato sul litorale di Pescara costituito da una barriera sommersa e da n.7 pennelli.**

Per quanto tutto sopra esposto si ritiene che gli interventi previsti nel progetto “Intervento di difesa della costa del Comune di Francavilla al Mare litorale Nord del fiume

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

Alento” sono conformi al piano regionale *“Gestione integrata dell’area costiera, piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale”*.

In definitiva , il presente progetto ha la finalità di fronteggiare le criticità rilevate, sulla base delle indicazioni riportate nel richiamato studio di fattibilità dalla regione Abruzzo . Attese le limitate risorse economiche disponibili, risulta necessario valorizzare le risorse economiche disponibili attraverso opere che offrono un immediato riscontro alle criticità attuali e che possono essere integrate in futuro nei successivi interventi di completamento, per cui i lavori in progetto costituiranno un primo lotto degli interventi indicati nel richiamato studio di fattibilità. Si prevede infatti di realizzare dei pennelli dal confine con il Comune di Pescara fino alla Foce del fiume Alento. Tali opere trasversali (pennelli) saranno successivamente integrate nelle opere di sistemazione finale del litorale, che prevede, come descritto opere a T con parte longitudinale soffolta, nonché l'esecuzione di un ripascimento.

Nella pianificazione del primo lotto, l'intervento è stato esteso fino al limite sud della sub unità fisiografica, che è compresa tra porto turistico di Pescara e Foce Alento, in tal modo, poiché il trasporto solido ha risultante verso sud, non si arrecheranno processi erosivi a sottoflutto del tratto di intervento, perché esso è già limitato dai pennelli di foce dell' Alento.

## **2 ANALISI DELL'EVOLUZIONE STORICA DELLA LINEA DI RIVA**

Tramite l'analisi della successione cronologica delle foto aeree e satellitari pubblicate sul portale cartografico italiano e Google Earth si sono acquisite informazioni sull'evoluzione storica del litorale sia per effetto delle correnti costiere sia in seguito agli interventi di difesa costiera eseguiti a sottoflutto del porto turistico di Pescara fino al confine con il territorio di Francavilla, nonché alla foce del Fiume Alento.

Le foto acquisite riguardano gli anni 1989, 1999, 2004, 2008, 2013, 2015 e sono riportate nelle seguenti figure (da Fig. 3 a Fig. 7).

Al 1989 la difesa in opere longitudinali inclinate iniziava ad una distanza di circa 1 km a sud del sottoflutto del porto turistico di Pescara. Più a sud, la foce del Fiume Alento era libera da manufatti. In tutte le foto in quota, si rileva molto nitidamente la tipica batimetria che caratterizza i bassi fondali a tergo delle opere di difesa, che richiama la dinamica diffrattiva. In particolare si deduce che le suddette tracce indicano che la zona di massima tendenza alla sedimentazione non è simmetrica rispetto all'asse trasversale passante per il punto medio della scogliera (pressoché allineato verso nord est), bensì risulta ruotata in senso antiorario, secondo un asse nord nord est. Tale asimmetria denuncia che le scogliere hanno una dislocazione errata, in quanto consentono una maggiore penetrazione dei flussi energetici dominanti del moto ondoso, che –come desunto dallo studio meteomarinario preliminare - provengono da nord nord est.

Sul litorale di Francavilla tra il confine Nord e la foce dell'Alento, la linea di riva a sud (a ridosso della foce) è molto più prossima alle opere di difesa, mentre quella nord appare più arretrata. Si rileva inoltre che, le tipiche morfologie a tombolo, che si formano in presenza di regimi litoranei prevalentemente trasversali alla costa sono presenti –in modo neanche maturo- unicamente a tergo delle ultime tre scogliere a sud prima dell' Alento, a sud, e a tergo delle prime tre scogliere a nord. Tra tali estremi, la linea di riva è sostanzialmente regolare e priva di cuspidi. Tale risultato può indicare due cose, la prima è che le scogliere esistenti, che sono del tipo a cresta bassa, consentono la trasmissione di un cospicuo tasso energetico a tergo, la seconda è che esiste un flusso longitudinale che limita la formazione di cuspidi. Dal punto di vista della morfologia del paesaggio, un

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

litorale regolare e privo di cuspidi (dovuti da salienti e tomboli) rappresenta una condizione tutt'altro che negativa.

Nella ortofoto del 1999, il litorale presenta due sostanziali nuovi interventi antropici rispetto al 1989. A nord, a sottoflutto del porto turistico, è stata costruita una lunga difesa longitudinale soffolta distaccata alla riva. Tale opera, iniziando a stabilizzare l'arenile a tergo, ha altresì innescato un processo erosivo a valle. Il secondo intervento è rappresentato dai due pennelli posti ad armatura delle foci del Fiume Alento. Le ovvie conseguenze di una foce armata sono quelle di recapitare le portate solide del fiume su fondali più profondi, e quindi di limitare la possibilità che i sedimenti possano essere ridistribuiti verso riva ed entrare nel bilancio volumetrico degli arenili.

La foto del 2004 documenta che, in seguito alla realizzazione della difesa soffolta a sottoflutto del porto turistico, nella parte sud dell'arenile di Pescara, a nord del confine con Francavilla, si è innescato un processo erosivo con conseguente arretramento della linea di riva, ma il fenomeno non ha ancora interessato l'arenile di Francavilla.

Nel 2008 la scogliera soffolta è stata estesa verso sud, consolidando l'arenile a tergo ma, come già avvenuto, innescando l'erosione di quello a sottoflutto.

Nel 2013, sempre nella parte di arenile del Comune di Pescara sono state eseguite degli interventi fino al confine comunale a sud, consistenti nella realizzazione di 3 pennelli e nel riempimento parziale dei varchi tra le testate delle scogliere longitudinali. L'effetto dell'intervento è di generare il ripascimento naturale dell'arenile a tergo, e nel contempo di innescare l'arretramento nel tratto a sud, rientrando nel comune di Francavilla al Mare.

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA  
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

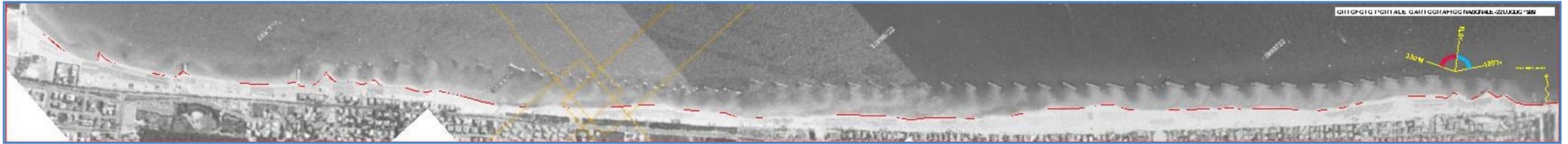


Fig. 3- anni 1989



Fig. 4- 1999



Fig. 5- Anno 2004: Nella parte nord dell'arenile è in corso di realizzazione una longitudinale soffolta.. A tergo di tutto le opere longitudinali è presente una sedimentazione per dinamica diffrattiva più intensa a sud e scema progressivamente verso nord. Il fenomeno è indotto dall'apporto solido dell'Alento.



Fig. 6- anno 2008: la scogliera soffolta a nord è stata prolungata verso sud realizzando a tergo 8 pennelli. L'arenile a tergo risulta palesemente stabilizzato. A sud dell'intervento si verifica un arretramento. In corrispondenza del confine comunale e fino all'Alento la linea di riva sembra invece stabile. E' iniziata la costruzione del porto di Francavilla .



Fig. 7- anno 2013. Nel comune di Pescara tra le difese longitudinali soffolte e il confine con il comune di Francavilla sono state realizzati 3 pennelli. A sud del confine comunale si verifica un palese arretramento della linea di riva.

Fig. 8

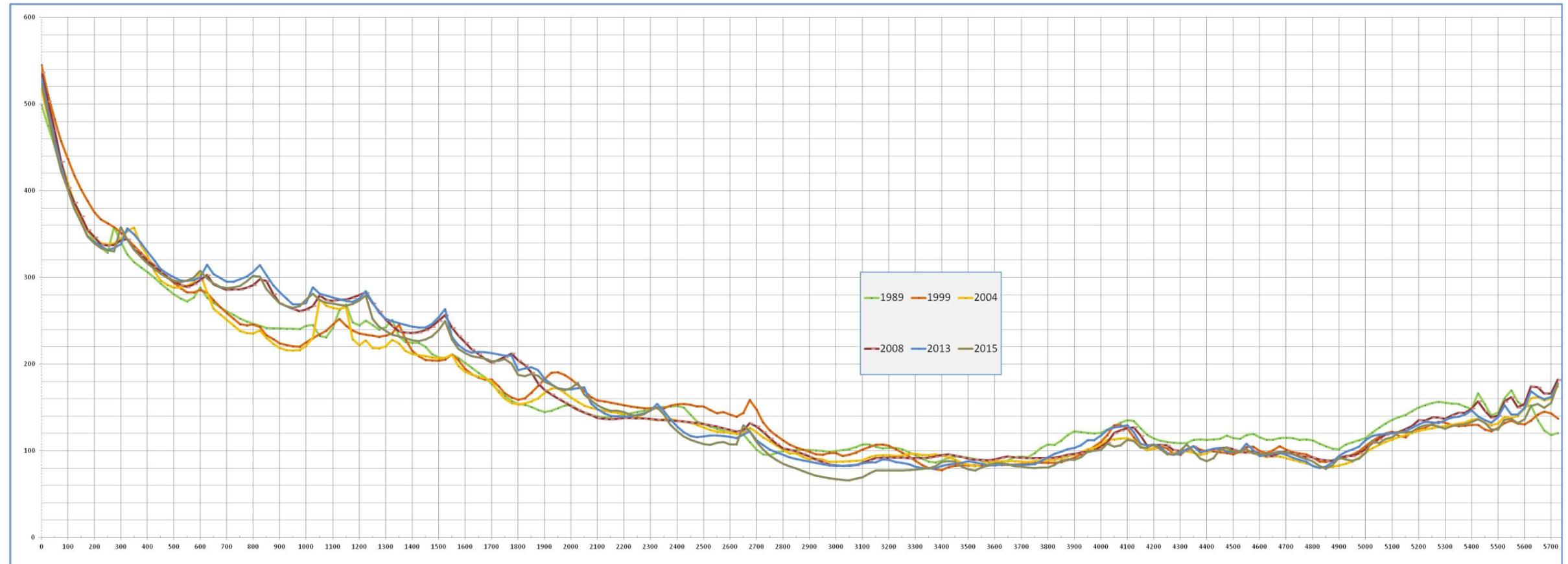


Fig. 9- Sovrapposizione delle linee di ria rilevate nei diversi anni

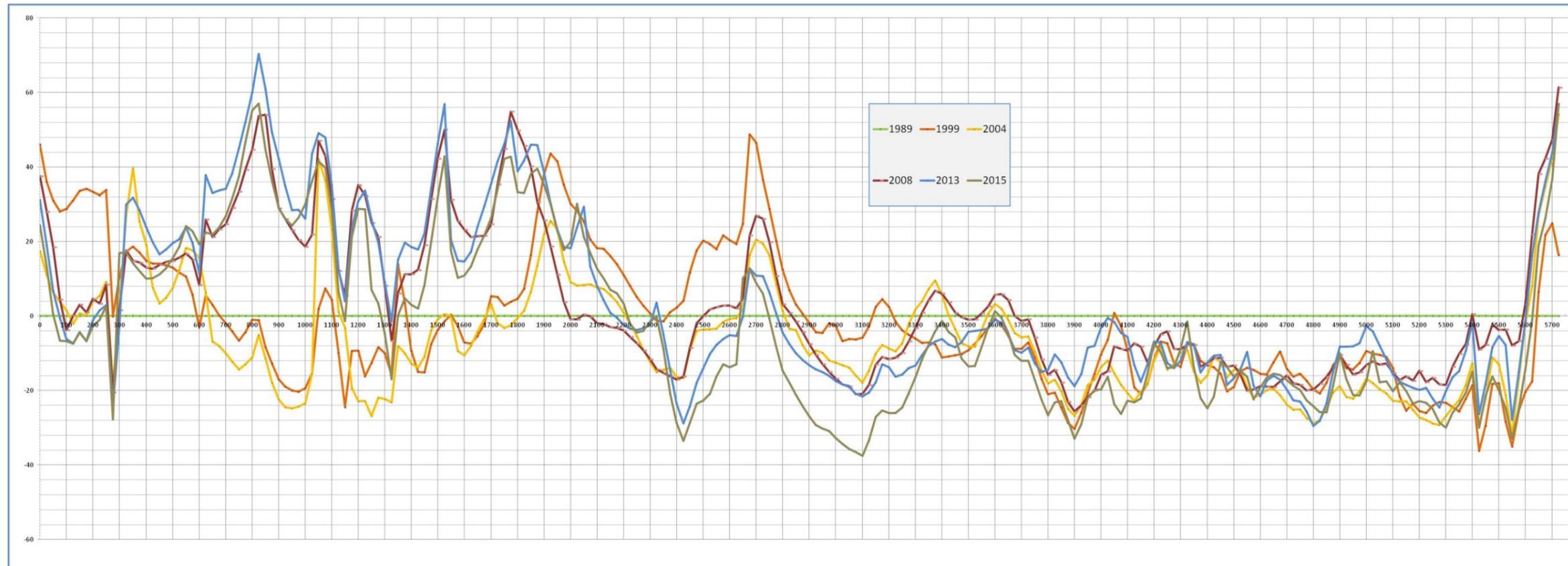


Fig. 10- linee di riva rilevate nei diversi anni riportate rispetto ad una fondamentale longitudinale

### 3 FLUSSI ENERGETICI E DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI ONDA MORFOLOGICA

#### 3.1 ONDA MORFOLOGICA

Per la caratterizzazione del regime morfodinamico costiero è necessario definire uno stato del mare equivalente, in termini energetici, al clima ondoso incidente sul litorale nell'anno medio.

A tale scopo, si è calcolato, per ciascuna direzione di provenienza (direzione medie rappresentative dei settori discretizzati con ampiezza 10°), un'onda avente un'altezza  $H_e$  ed un periodo  $T_e$ , con un contenuto energetico proporzionale al prodotto  $H^2 \times T$  ed una ripidità proporzionale al rapporto  $H/T^2$ . L'evento contraddistinto dalle grandezze  $H_e$ ,  $T_e$  viene definito nella letteratura specializzata come *onda di modellazione* o *onda morfologica*.

Quindi, l'onda morfologica associata ad una certa direzione ha caratteristiche energetiche equivalenti a quelle indotte, in un anno statistico medio, da tutte le onde provenienti da un settore di 10° avente direzione media pari alla direzione assunta per l'onda di modellazione.

Le caratteristiche dell'onda morfologica si calcolano risolvendo il seguente sistema di equazioni:

$$N(H_e^2 T_e) = \sum (H_i^2 T_i) \quad (16)$$

$$(H_e/T_e^2) = \sum (H_i/T_i^2)/N \quad (17)$$

in cui  $H_i$  e  $T_i$  rappresentano le altezze d'onda e relativi periodi della serie storica dell'ondametro di riferimento costituita da  $N$  eventi.

Risolvendo il sistema di equazioni (16) e (17) con riferimento ai dati di largo i valori di onda morfologica sono i seguenti:

$$\mathbf{H_e = 0.92m, T_e=5.0s \quad D_e=24.0^\circ N}$$

Trattandosi di dati di largo tali valori rappresentano più propriamente un'onda energeticamente equivalente. Nella propagazione da largo verso costa la traversia si restringe per effetto della rifrazione. Propagando i dati di largo sulla batimetrica -5.0 m s.l.m.m., i valori di onda morfologica sono

$$\mathbf{H_e = 0.45m, T_e=4.7s \quad D_e=29.7^\circ N}$$

Come si evince dalla seguente Fig. 11, l'orientamento della risultante energetica media annua sia a largo sia sulla -5.0 m s.l.m.m. ha una componente verso sud est, e tale risultato trova conferma in precedenti studi eseguiti sul litorale in esame o limitrofi. Si rileva altresì, come già dedotto in altri studi, che l'orientamento delle opere di difesa esistenti consente una maggiore penetrazione dei flussi energetici del moto ondoso tra i varchi delle testate.

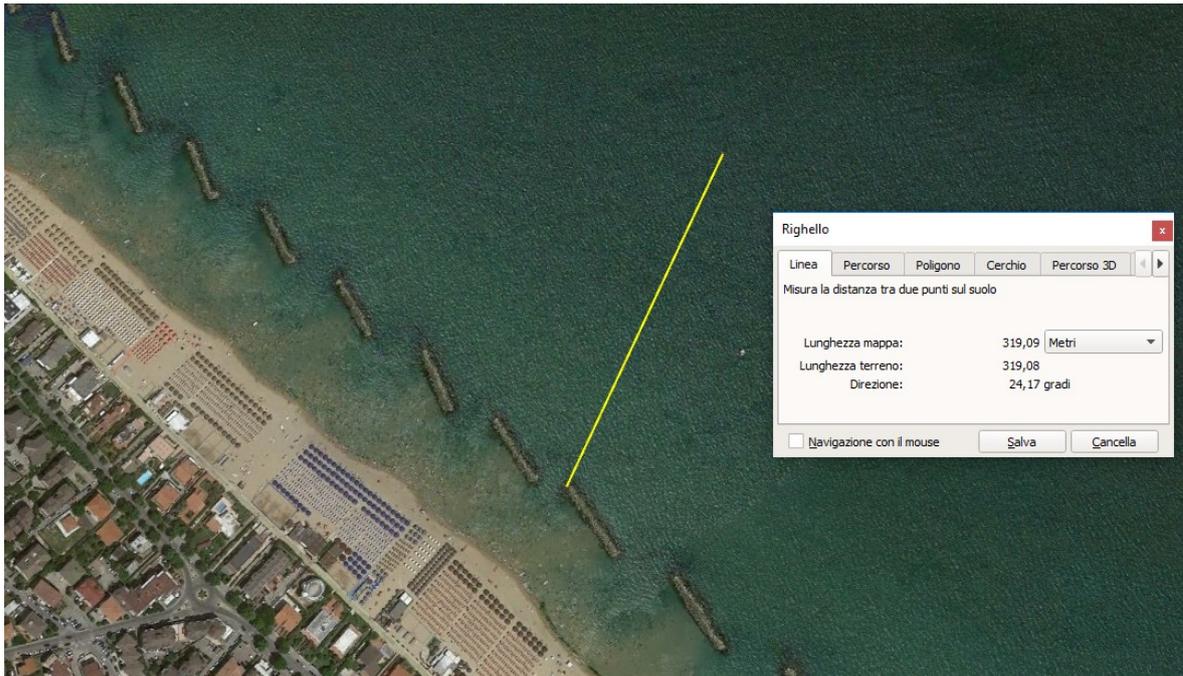


Fig. 11- Direzione dell'onda morfologica rispetto alla linea di riva

### 3.2 FLUSSI ENERGETICI CONNESSI AL MOTO ONDOSI.

Il flusso energetico connesso al moto ondoso per un determinato stato del mare è rappresentato da un vettore avente per direzione quella della propagazione del fronte d'onda e per modulo il prodotto tra l'energia specifica  $E = \gamma H^2 / 8$  e la celerità di gruppo  $C_g$ , in simboli:

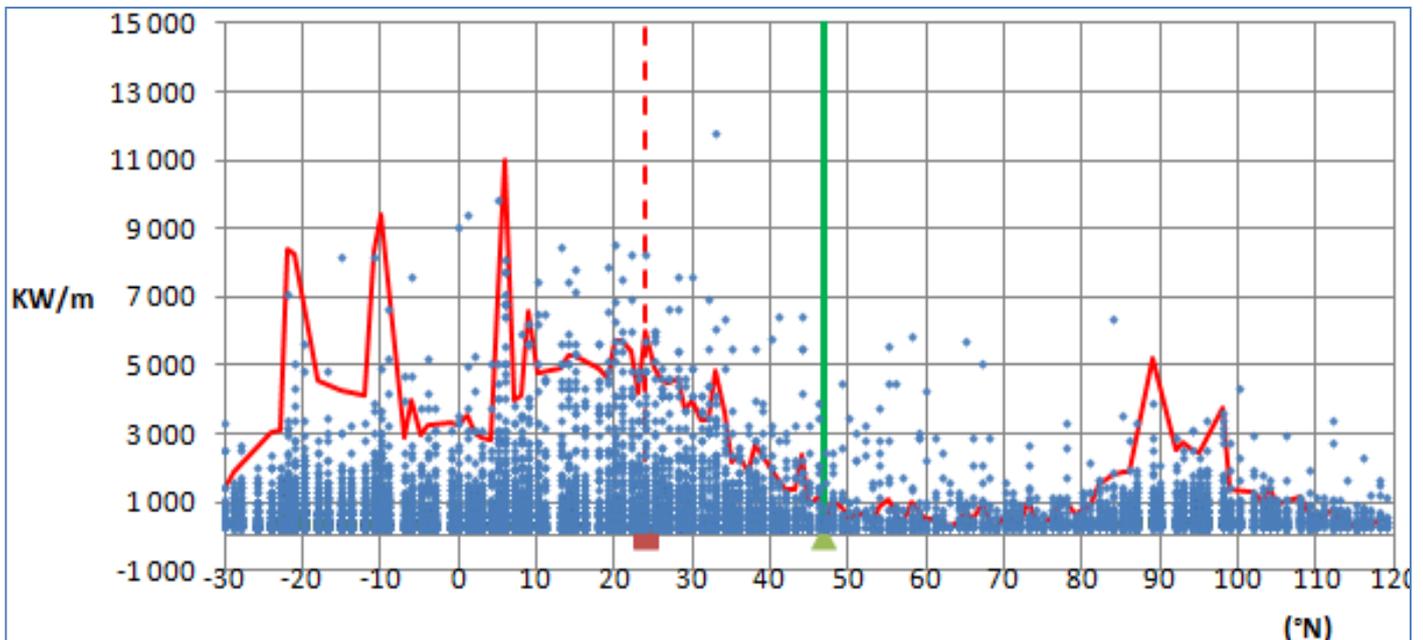
$$\underline{E} = E C_g \quad (KW/m)$$

Tenuto conto che la elaborazione in esame viene eseguita sui dati del moto ondoso di largo, sia ha che  $C_g = c/2$ .

Per la serie storica di dati costituita dal moto ondoso di largo sono stati calcolati i connessi valori dei flussi energetici, e, per ogni direzione di provenienza si è stimato il valore del flusso medio annuo. Il seguente grafico di Fig. 12 riporta i risultati delle elaborazioni, in cui sono stati rappresentati i flussi connessi agli eventi del periodo di osservazione (punti blu) ed i flussi medi

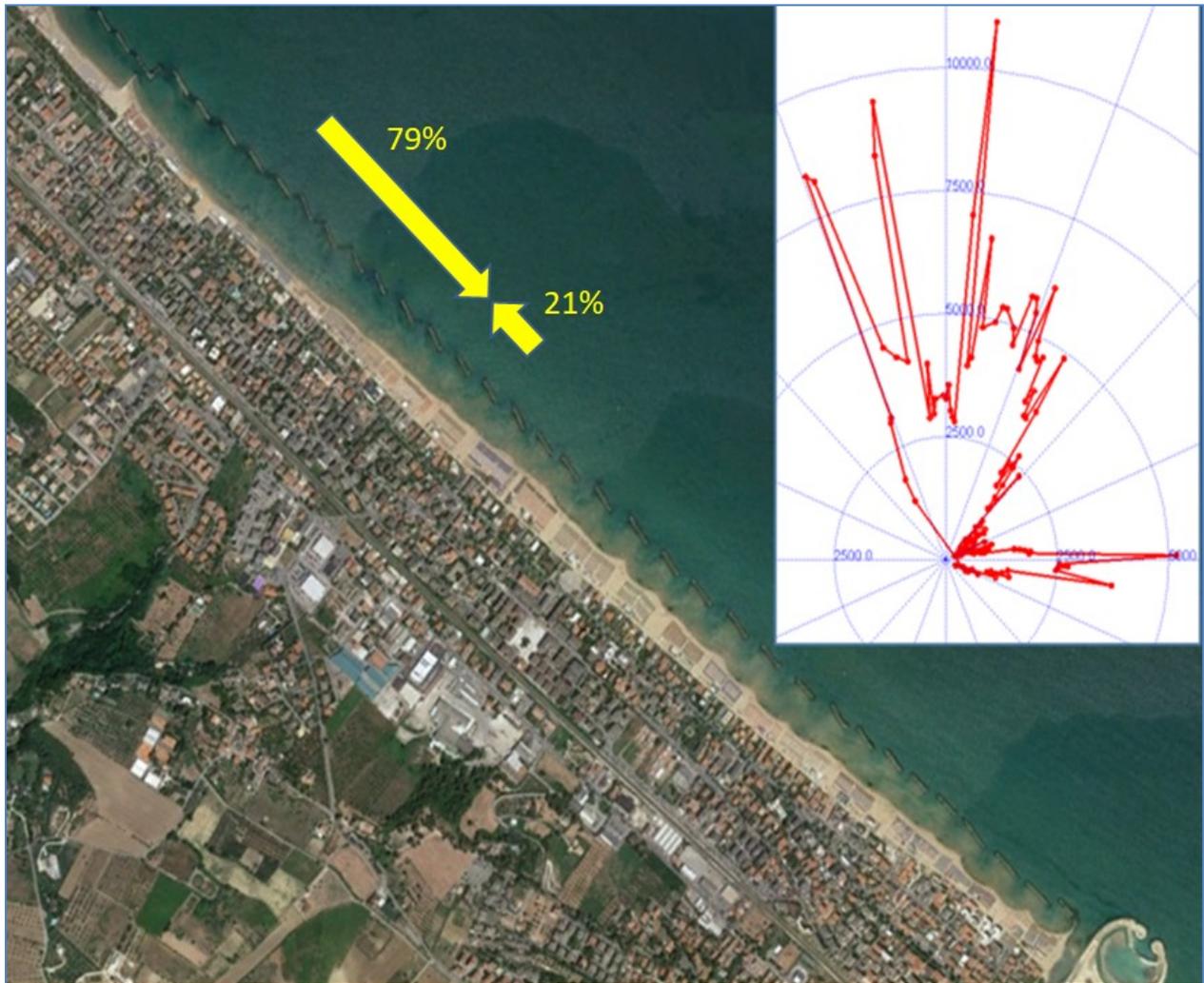
annui (linea in rosso). Nel medesimo grafico, la linea rossa tratteggiata rappresenta la direzione dell'onda morfologica, quella verde continua rappresenta la direzione ortogonale alla costa.

Proiettando i vettori relativi ai flussi medi annui lungo la direzione parallela alla costa si desume che il 79% dei flussi energetici di largo sono diretti verso sud il 21% verso nord (Fig. 13).



**Fig. 12- Flussi energetici a largo di Francavilla al Mare. I punti in blu rappresentano i flussi connessi agli eventi del periodo di osservazione. La linea rossa i flussi medi annui. La linea rossa tratteggiata rappresenta la direzione dell'onda morfologica. La linea verde continua rappresenta la direzione ortogonale alla costa.**

Per completare l'analisi è necessario altresì mettere in evidenza che la presenza del porto di Pescara a Nord, con l'antemurale ed il bacino turistico, fanno da schermo ai flussi energetici si generati nel IV quadrante (Fig. 14). L'effetto lo si riscontra sul litorale in esame, in quanto sebbene a largo la componente energetica da nord risulta molto maggiore del contributo meridionale, sul litorale non si riscontrano consistenti accumuli a sovrappiutto dei vari pennelli presenti lungo la costa, dal litorale a sud del porto turistico fino al fiume Alento.



*Fig. 13-Flussi energetici medi annui*

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera



Fig. 14- a causa della presenza delle strutture portuali di Pescara il litorale risulta schermato dalle dal clima ondoso che si genera nel IV quadrante.

#### 4 DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DI CHIUSURA.

La *profondità di chiusura*, indicata nella presente con il termine  $h^*$ , rappresenta il fondale al di là del quale non sussiste una significativa interazione tra il moto ondoso ed il trasporto di sedimenti.

Tale parametro può essere calcolato in funzione dell'altezza d'onda significativa (di largo)  $H_e$ , caratterizzata dalla frequenza media di 12 ore/anno, utilizzando una delle due relazioni, di seguito riportate, proposte da Hallermaier (1978,1981) e da Birkemeier (1985)

$$h^* = 2.28H_e - 68.5(H_e^2 / gT^2)$$

$$h^* = 1.75H_e - 57.8(H_e^2 / gT^2)$$

in cui:

$-H_0$  = altezza significativa al largo caratterizzata da una frequenza di accadimento di 12 ore/anno;

$-L_0 = (gT^2)/(2\pi)$  è la lunghezza d'onda al largo associata ad  $H_0$ ;  $T=4.15 H_0^{0.5}$

Dall'analisi dei dati ondometrici relativi all'ondametro virtuale posizionato al largo di Francavilla al mare, risulta che l'onda di largo avente durata media annua di 12 ore è caratterizzata dai seguenti parametri:

$$H = 3.8 \text{ m}; \quad T = 8.2 \text{ s}; \quad L_0 = 106 \text{ m}$$

La seguente Fig. 15- Curva delle durate delle altezze d'onda all'ondametro virtuale di Francavilla al mare

illustra la curva di durata per il suddetto ondametro virtuale.

Applicando le su riportate relazioni di Hallermaier (1978,1981) e Birkemeier (1985) si ottengono i seguenti risultati:

$$h^* = 2.28H_e - 68.5(H_e^2 / gT^2) = 7.2\text{m}$$

$$h^* = 1.75H_e - 57.8(H_e^2 / gT^2) = 5.4\text{m}$$

Nelle elaborazioni si considererà come limite esterno della fascia attiva il valore medio  $h^* = 5.4$  m s.l.m.m.

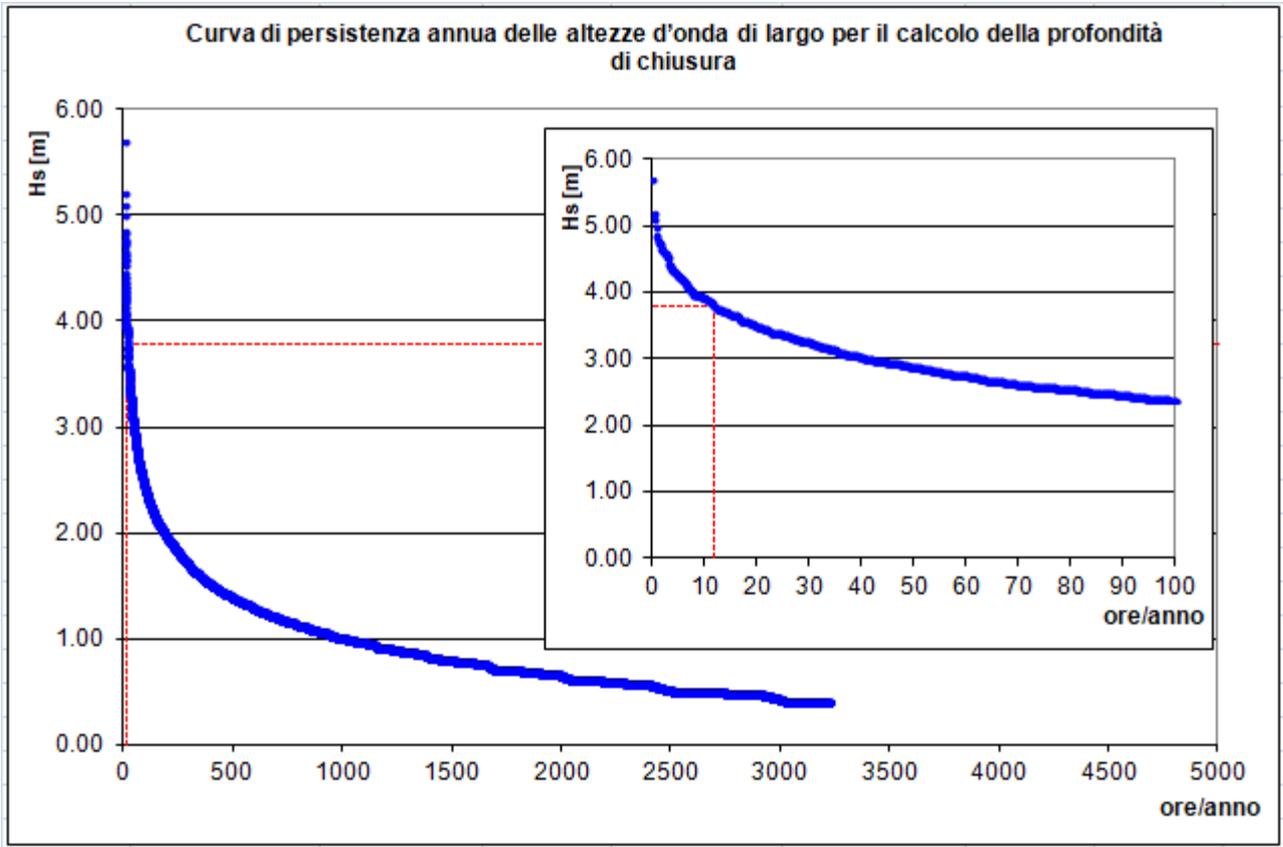


Fig. 15- Curva delle durate delle altezze d'onda all'ondametro virtuale di Francavilla al mare

## 5 SIMULAZIONI CON MODELLISTICA NUMERICA

I processi morfodinamici che hanno luogo sui litorali sono governati da grandezze fisiche variabili nello spazio e nel tempo e possono avvenire in una diversa scala temporale. E' noto infatti che l'evoluzione di un litorale in senso longitudinale è un fenomeno che si sviluppa nel medio-lungo termine (anni-decenni), interessa una dimensione che può svilupparsi in chilometri ed è governato dalle caratteristiche energetiche medie del moto ondoso; l'evoluzione trasversale è invece un fenomeno locale, che ha luogo nel corso di una mareggiata, quindi nel breve termine (ore-giorni).

La modellistica numerica dei processi che avvengono in ambito costiero può essere classificata come segue:

- *Macromodelli*: valutano la forma di equilibrio a lungo termine della linea di riva in funzione di un numero molto limitato di parametri che definiscono la geometria del sito in esame e le caratteristiche idrauliche e sedimentologiche di un paraggio;
- *Modelli ad una linea*: calcolano l'evoluzione a lungo termine della linea di costa causata da condizioni idrauliche medie sulla base del solo trasporto longitudinale ed assumono il trasporto trasversale nullo;
- *Modelli di evoluzione del profilo trasversale*: valutano le valutazioni del profilo trasversale indotte da condizioni estreme (modellamento di tempesta) e simulano processi temporali che si sviluppano nell'arco di ore o pochi giorni, limitatamente ad una sezione.
- *Modelli multidimensionali*: studiano globalmente i processi morfoidrodinamici costieri e, rispetto ai precedenti, presentano un campo di applicabilità ridotta nello spazio e nel tempo, nonché problematiche connesse alla lungaggine temporale delle simulazioni.

La Fig. 16, tratta da un seminario dell' APAT svolto nel settembre 2005, riepiloga i campi ed i limiti di applicabilità dei domini spazio temporali dei modelli morfodinamici esistenti.

Allo stato, non esiste un modello universale per analizzare e stimare l'evoluzione della linea di costa con relativi processi senza limitazioni di scale temporali e spaziali.

Infatti, all'aumentare dell'estensione del dominio spazio temporale si è costretti ad utilizzare modelli caratterizzati da un minore dettaglio di parametri e variabili, passando, quindi, dai modelli multidimensionali a quelli ad una linea e, quindi, ai macromodelli.

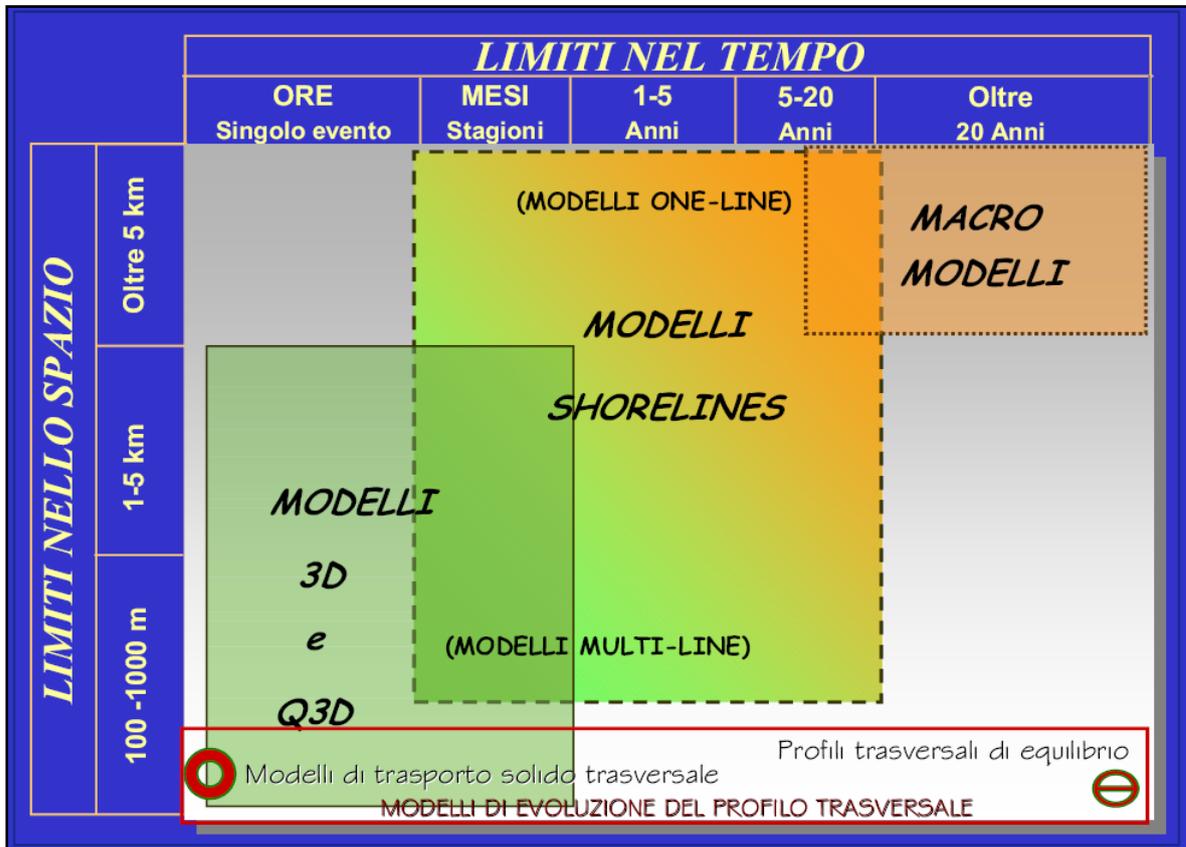


Fig. 16 - Campi e limiti di applicabilità dei domini spazio temporali dei modelli morfodinamici esistenti (APAT seminario 2005) .

Inoltre, per l'utilizzo dei modelli multidimensionali attualmente esistono delle limitazioni determinate dalla lentezza di calcolo, e che quindi si riflettono sulla impossibilità di eseguire simulazioni a lungo termine con serie ondometriche storiche registrate. L'utilizzo di detti modelli può essere pertanto eseguito ricorrendo a grandezze caratteristiche d'onda rappresentative, dal punto di vista energetico, del clima ondoso del paraggio (in genere l'onda morfologica). Per cui, sostanzialmente, il maggiore dettaglio di simulazione dei modelli multidimensionali viene controbilanciato (in negativo) da un'approssimazione del clima ondoso di input, da una limitazione temporale della simulazione e dalla necessità di dedurre ed estrapolare l'evoluzione temporale secondo deduzioni e metodi empirici. Infatti, ad oggi anche i più prestigiosi software commerciali utilizzano per le previsioni al lungo termine modelli di calcolo ad una linea, ad esempio il software del DHI (Mike 21 del Danish Hydraulic Institut) per le previsioni a lungo termine utilizza il pacchetto *Littpack*, basato su un modello ad una linea.

In definitiva ad oggi le previsioni nel lungo periodo possono essere eseguite solo tramite modelli ad una linea. I modelli 2D o 3D (o Quasi 3 D-Q3D) simulano fenomeni idrodinamici e/o morfoidrodinamici a scala temporale di singola mareggiata o di breve periodo.

Nel presente studio, allo scopo di fornire risposte certe ed esaustive, si sono utilizzati i seguenti modelli, rispettivamente negli ambiti applicativi sopra esposti:

- Un modello idrodinamico attraverso il quale si sono definite (per uno stato del mare caratterizzato da valori di H e T pari all'onda morfologica) le correnti costiere indotte dal clima ondoso incidente sul paraggio e le connesse tendenze evolutive.
- Un modello morfologico di evoluzione spazio temporale ad una linea (longitudinale **lungo termine**), applicato per le seguenti configurazioni dei luoghi:

-stato attuale

-configurazioni dei luoghi al termine dei lavori di primo lotto (pennelli)

-configurazione dei luoghi al termine dei lavori di terzo lotto (opere longitudinali soffolte e ripascimento) .

Le simulazioni con modello ad una linea sono eseguite applicando come forzante ondosa il clima ondoso dell'ondametro virtuale al largo di Francavilla al Mare (ricostruito sulla base dei dati storici dell'ondametro di Ortona) e tarato sull'evoluzione storica rilevata da foto satellitare.

## 5.1 Modello idrodinamico

Lo studio idrodinamico è stato eseguito tramite simulazioni su modello matematico . a tale scopo sono stati utilizzati i codici del pacchetto TELEMAC, sviluppati in consorzio dal Laboratoire National d'Idraulique, EDF Qualità Assurance e HR Wallingford).

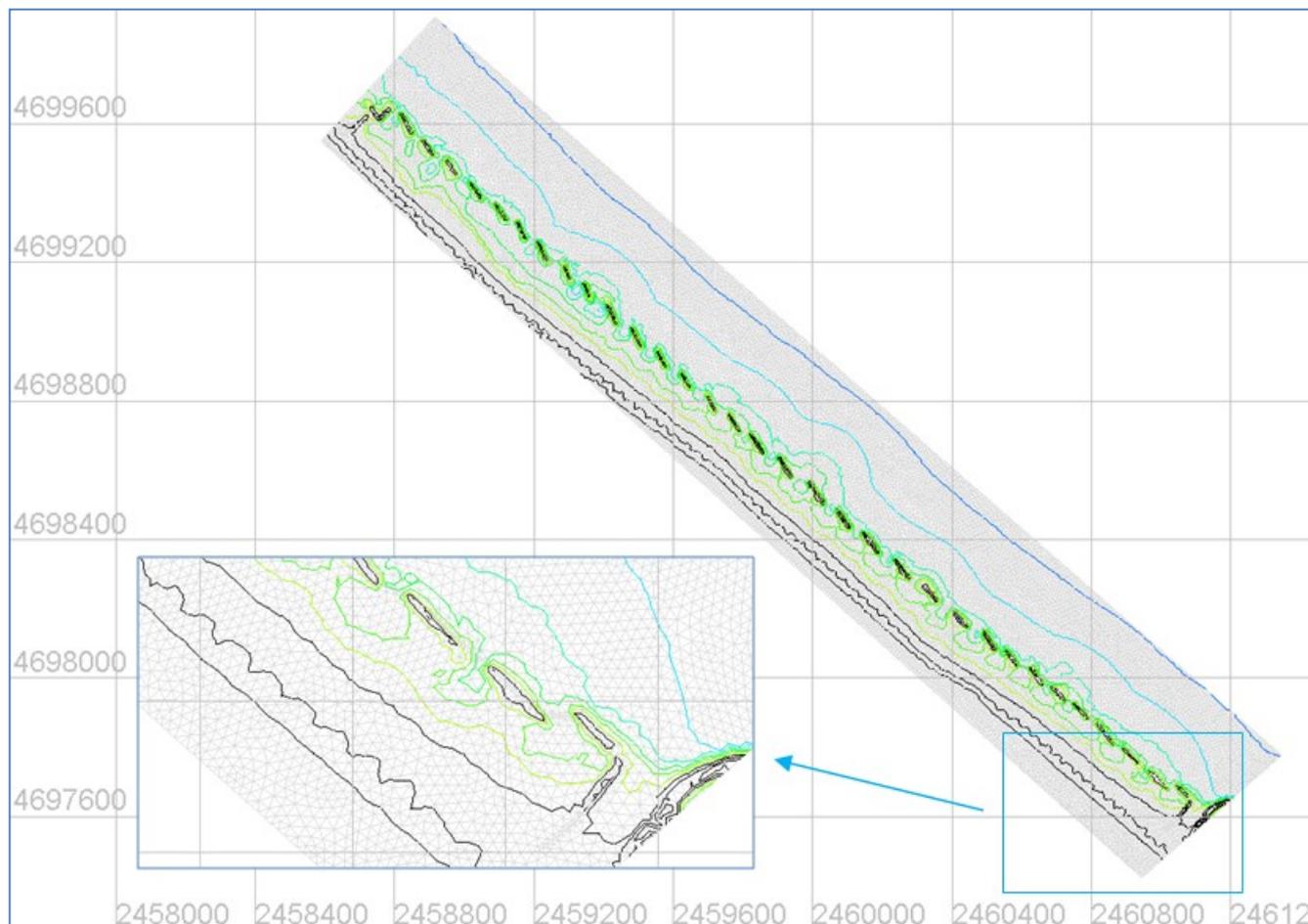
Trattasi di un set di programmi agli elementi finiti, che simulano fenomeni di flusso bidimensionale e/o tridimensionale, uniforme e non, prendendo in considerazione variazioni di densità, batimetria, forze esterne come fattori meteorologici, maree, correnti ed altre condizioni idrografiche. I codici possono simulare processi idrodinamici di superfici libere (mare, laghi e fiumi), considerando i seguenti fenomeni (elencati non esaustivamente):

- Propagazione delle onde lunghe, includendo gli effetti non lineari.
- Gli effetti di fenomeni meteorologici come pressione atmosferica e vento.
- L'influenza della temperatura orizzontale e dei gradienti di salinità sulla densità.
- Trasmissione (trasporto) e diffusione di un tracciante attraverso le correnti, includendo termini di creazione ed esaurimento.
- Particelle per il controllo e il calcolo di moto Lagrangiano.
- Trattamento di alcune singolarità: sbarramenti, canali, ecc...

In dettaglio, il modulo idrodinamico risolve le equazioni dipendenti dal tempo, della conservazione della massa e della quantità di moto nelle tre dimensioni, ossia le equazioni di Reynolds e Navier-Stokes, in cui il flusso è decomposto in quantità medie e fluttuazioni turbolente. Al suo interno è presente un modulo basato sulla viscosità turbolenta (*eddy viscosity*) secondo Boussinesq, che mette in relazione le tensioni di Reynolds con il campo della velocità media.

Nel presente lavoro, si è approntato un dominio di calcolo rettangolare, a maglie triangolari a passo variabile, da 10.0 m sul bordo lato largo a 2.0 m sulla linea di costa. La massima batimetrica presa in considerazione è di circa -10.0 .m s.l.m.m.. Il dominio è individuato dalle seguenti coordinate geografiche UTM WGS84 Fuso 33 :

Punto	Coordinata Est	Coordinata Nord
1	2458913	4699905
2	2461342	4697775
3	2460943	4697425
4	2458589	4699551



**Fig. 17** *Dominio di calcolo utilizzato come base per le simulazioni con modello idrodinamico TELEMAC.*

Nel presente studio il modello idrodinamico viene utilizzato per avere indicazioni sulla idrodinamica costiera indotta dal moto ondoso, a cui sono legati i processi di trasporto solido litoraneo.

Vengono altresì eseguite ulteriori simulazioni per verificare i ricambi idrici nello specchio acqueo protetto, e nel caso specifico si utilizza come forzante idrodinamica unicamente la marea, in quanto, risulta palese, che tale condizione è la più gravosa in quanto i contributi di moto ondoso e vento accelerano gli scambi idrici.

### 5.1.1 Circolazione indotta dal moto ondoso incidente.

Come noto, sui litorali in esame l'idrodinamica costiera è indotta principalmente dal moto ondoso, in quanto le escursioni di marea sono molto contenute ed il corrispondente contributo al trasporto solido litoraneo è trascurabile. Sono state pertanto eseguite delle simulazioni con condizioni di onda di intensità medio bassa (0.50 m), dello stesso ordine di grandezza dell'onda morfologica.

Sono state eseguite diverse simulazioni, tra queste si ritengono rappresentative ed esplicative delle problematiche connesse al trasporto solido nello specchio acqueo protetto, le simulazioni con direzione di provenienza dell'onda morfologica propagata sulla -5.0 m s.l.m.m. (-30°N), nonché con direzioni inclinate di +/- 45° rispetto alla ortogonale alla costa.

La circolazione indotta da condizioni di onda morfologica (+30°N), a tergo delle opere di difesa è caratterizzata da flussi diretti verso sud (Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20 e Fig. 21).

Si è già dedotto in merito alla circostanza che l'orientamento delle scogliere esistenti, che presentano l'asse trasversale ruotato verso sud est in senso orario, consente una maggiore penetrazione dei flussi energetici proprio dalle direzioni da dove provengono i contributi più frequenti ed intensi. Per avere misura del fenomeno si sono simulati scenari aventi uguali condizioni di onda (in termini di H e T) ma direzioni di provenienza ruotate rispettivamente di +/- 45° rispetto alla direzione ortogonale alla costa.

Le simulazioni hanno dimostrato che, a parità di sollecitazione ondosa, la disposizione delle scogliere protegge in modo più efficace dagli stati del mare provenienti da sud e in modo meno efficace da quelli da nord.

Le seguenti Fig. 22, Fig. 23, Fig. 24 documentano la sovrapposizione dei risultati delle due simulazioni. Nello specifico, trattasi di frame relativi ad uno specifico istante delle simulazioni, che rappresentano i vettori velocità. Si evince chiaramente che nei medesimi punti del dominio di calcolo, sebbene le simulazioni sono state eseguite con forzanti ondose aventi i medesimi valori di altezza e periodo, le velocità indotte dallo stato del mare proveniente da Nord, risultano maggiori rispetto ai valori indotti da mare proveniente da Est, e ciò si verifica sull'intero dominio di calcolo. Si ricorda inoltre che gli stati del mare provenienti dai settori settentrionali hanno una frequenza di apparizione ed intensità maggiore di quelli provenienti da sud nella misura (a largo) di 4/1. Dalle simulazioni eseguite e da quanto già dedotto sulla frequenza ed intensità del moto ondoso, si evince che il litorale in esame è soggetto ad un trasporto solido litoraneo diretto verso sud.

Tenuto conto che a nord del litorale di Francavilla sono presenti delle opere trasversali, le quali limitano i flussi sedimentari longitudinali, si evince che i sedimenti dell'arenile di Francavilla, che per deriva longitudinale vengono trasportati verso sud, non sono sostituiti da un flusso proveniente da nord, per cui si verifica un processo erosivo.

**Quanto dedotto giustifica l'impostazione progettuale di realizzare pennelli sull'intero litorale nord di Francavilla, fino al pennello esistente in sinistra della foce del Fiume Alento, manufatto che attualmente delimita a sud la subunità fisiografica a cui appartiene il litorale che trattiene i flussi sedimentari. Tale impostazione progettuale garantisce che non possono verificarsi processi erosivi a sottoflutto dell'arenile oggetto di intervento, che è situato a sud dell'Alento.**

Sono state eseguite ulteriori simulazioni relativamente allo scenario dei luoghi secondo le configurazioni di progetto. I risultati mostrano che i flussi verso sud sono intercettati dai pennelli di progetto, che hanno quindi la capacità di trattenere i sedimenti e di favorirne l'accumulo (Fig. 25, Fig. 26, Fig. 27, Fig. 28).

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

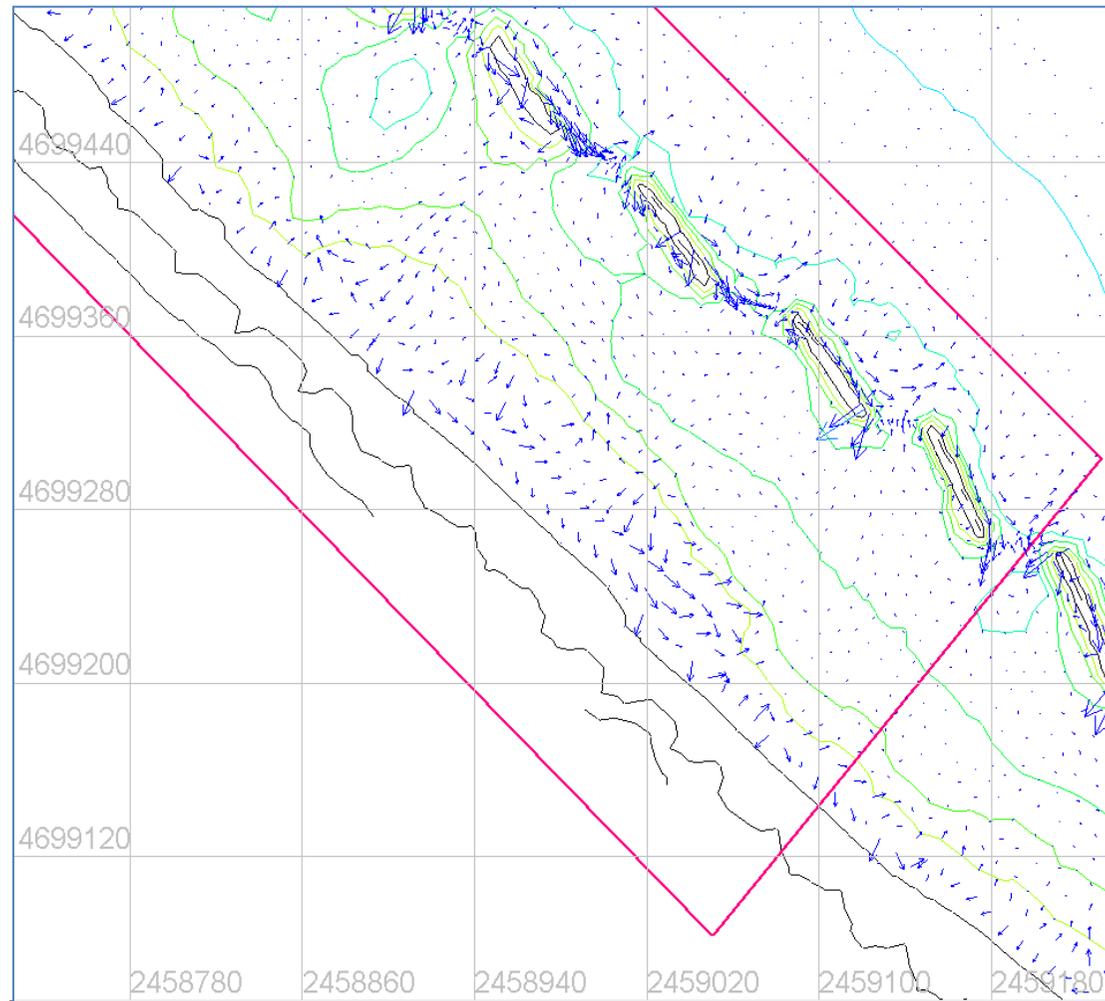
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 18- Configurazione attuale dei luoghi- Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico relativamente a onda morfologica (29 °N) (da Fig. 19 a Fig. 21) e a due diverse condizioni di provenienza di moto ondoso (0°N e 90°N) (Fig. 22Fig. 24). I rettangoli individuano le seguenti figure.**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

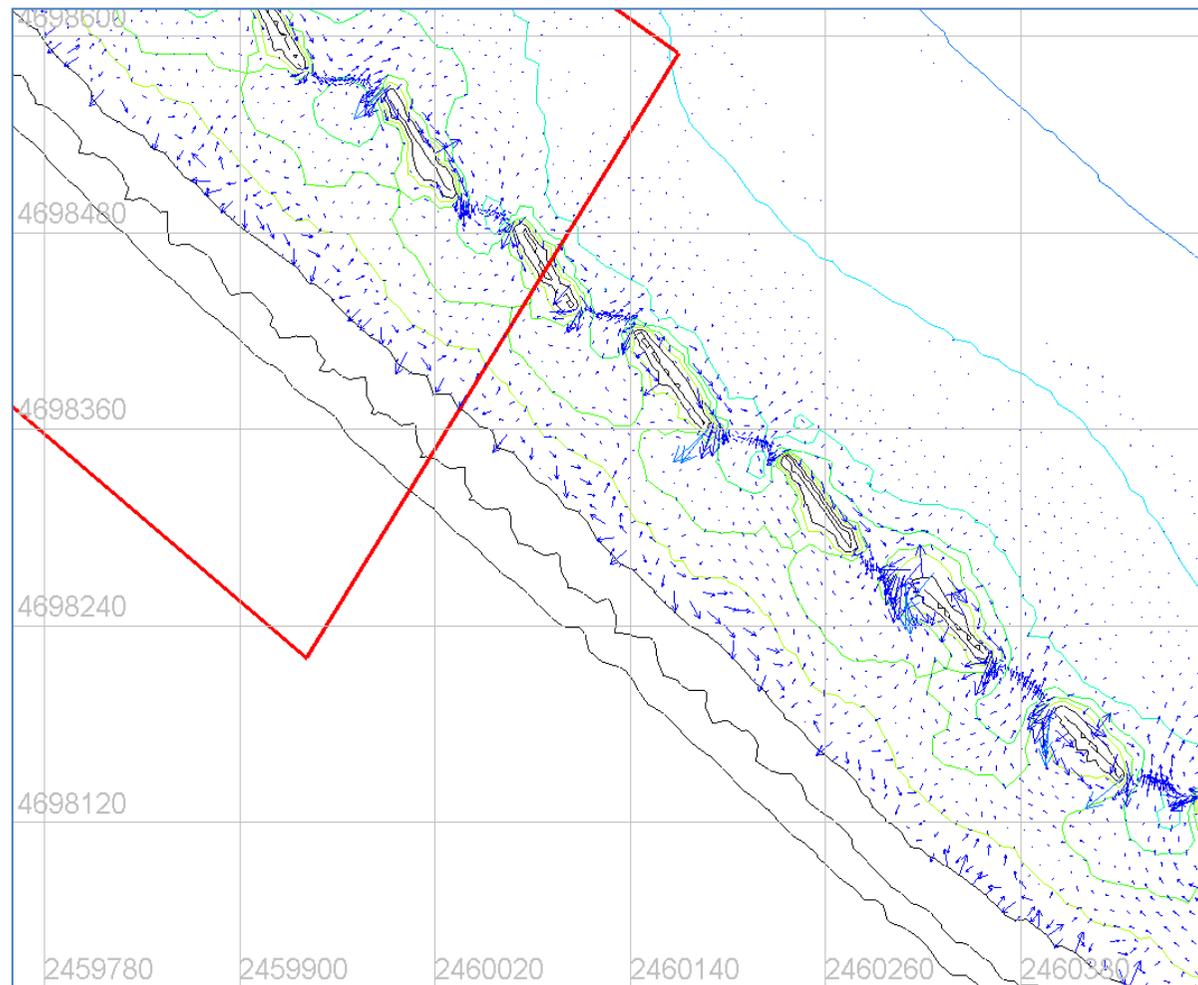
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 19 Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: risultati scenario con onda morfologica in termini di velocità -**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

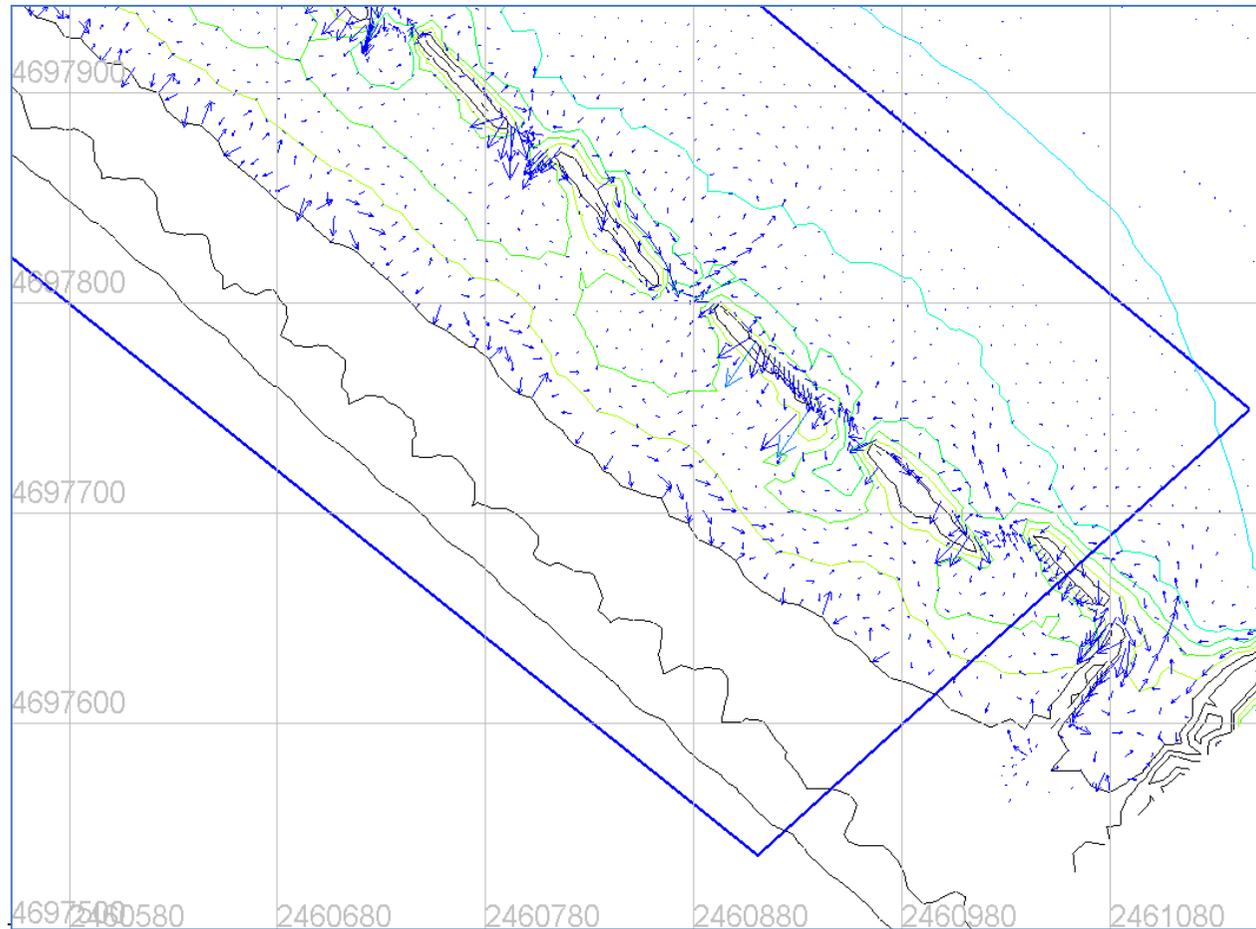
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 20** Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: risultati scenario con onda morfologica in termini di velocità -

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

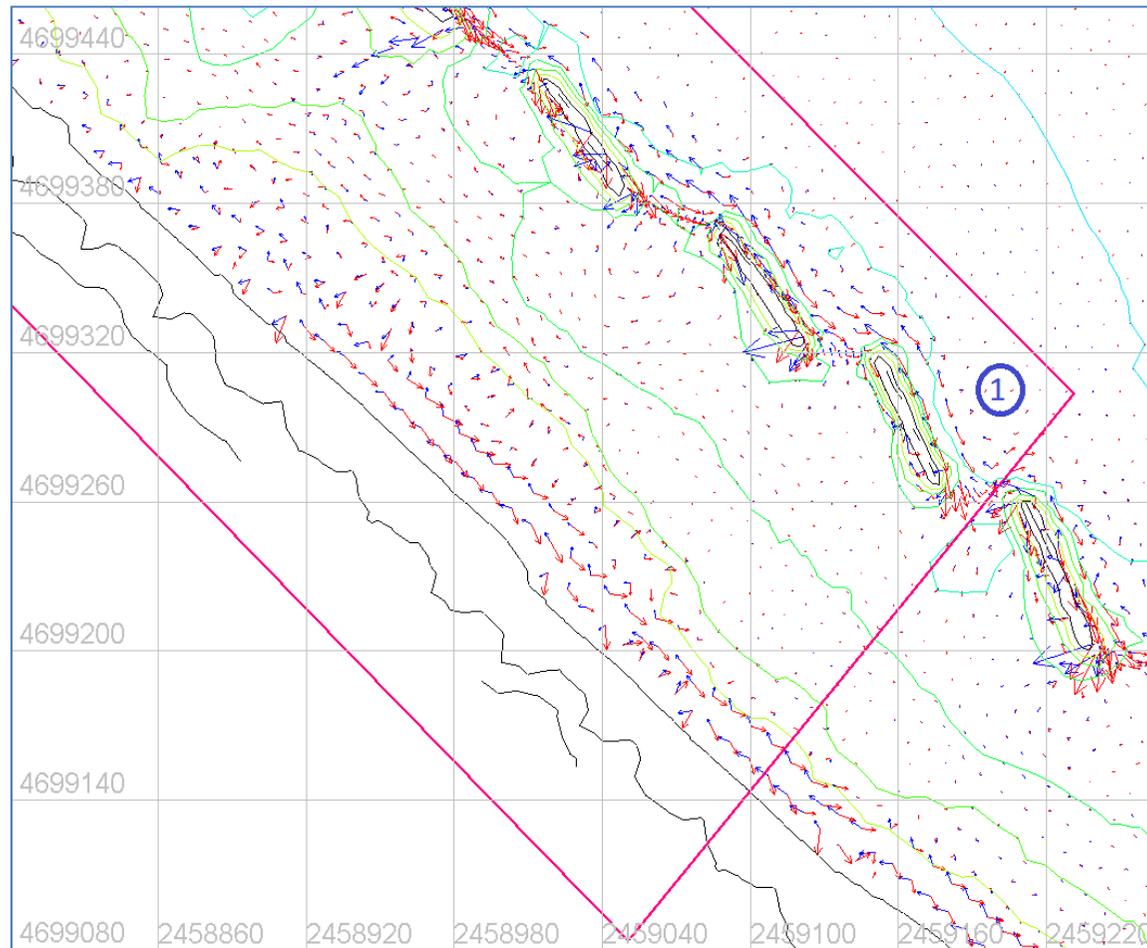
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 21** Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: risultati scenario con onda morfologica in termini di velocità –

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

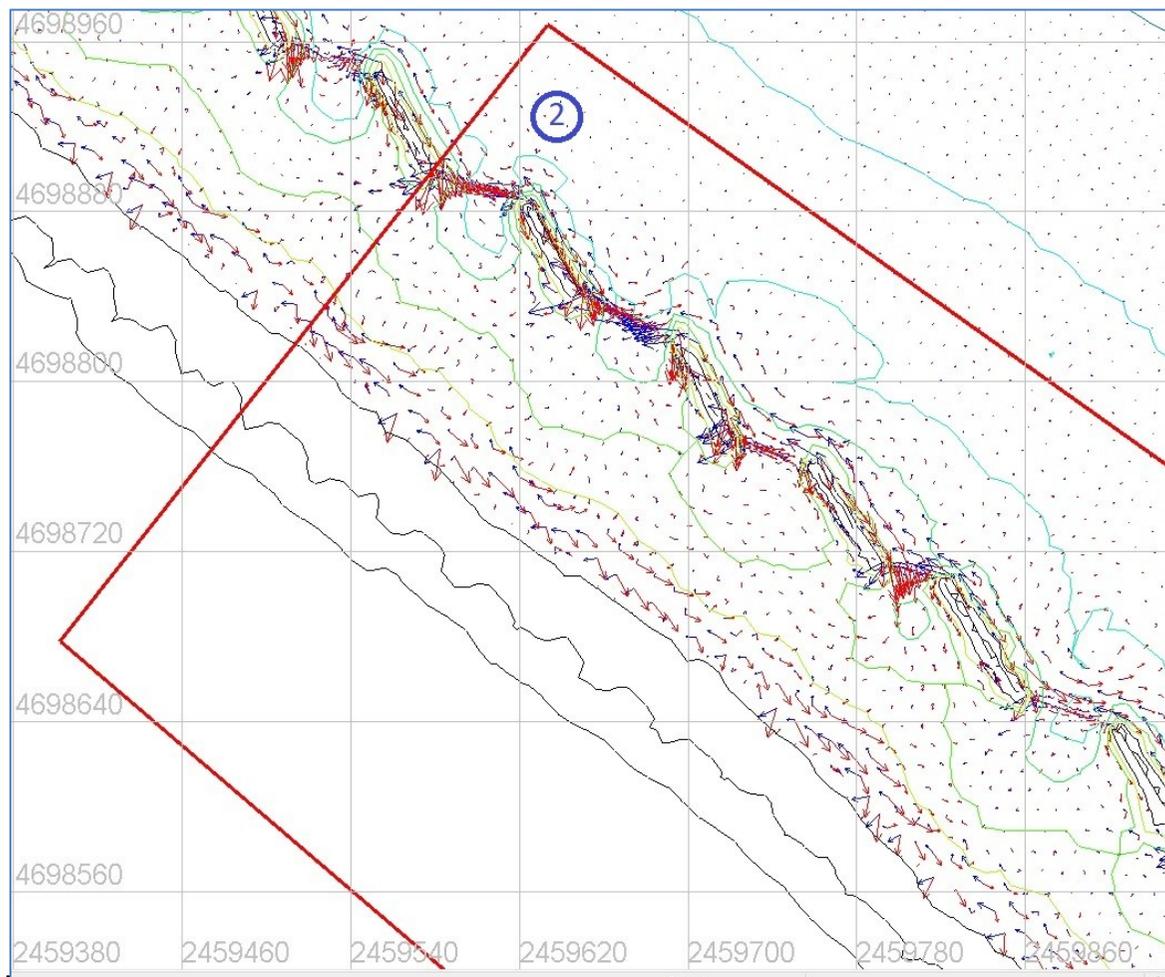
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 22** Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: sovrapposizione risultati in termini di velocità degli scenari relativi a due diverse condizioni di provenienza di moto ondoso da 0°N (vettori rossi) e 90°N(vettori blu).

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

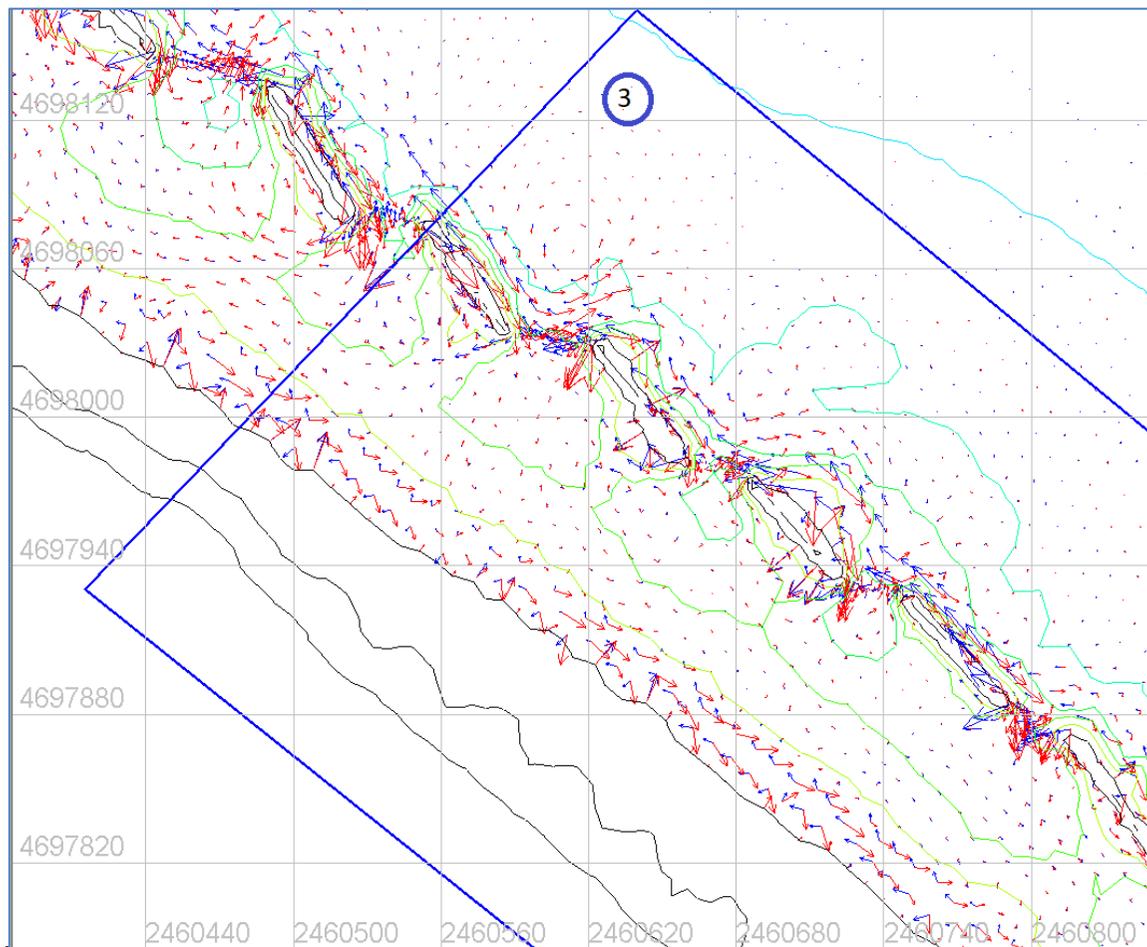
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 23** Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: sovrapposizione risultati in termini di velocità degli scenari relativi a due diverse condizioni di provenienza di moto ondoso da 0°N (vettori rossi) e 90°N(vettori blu).

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

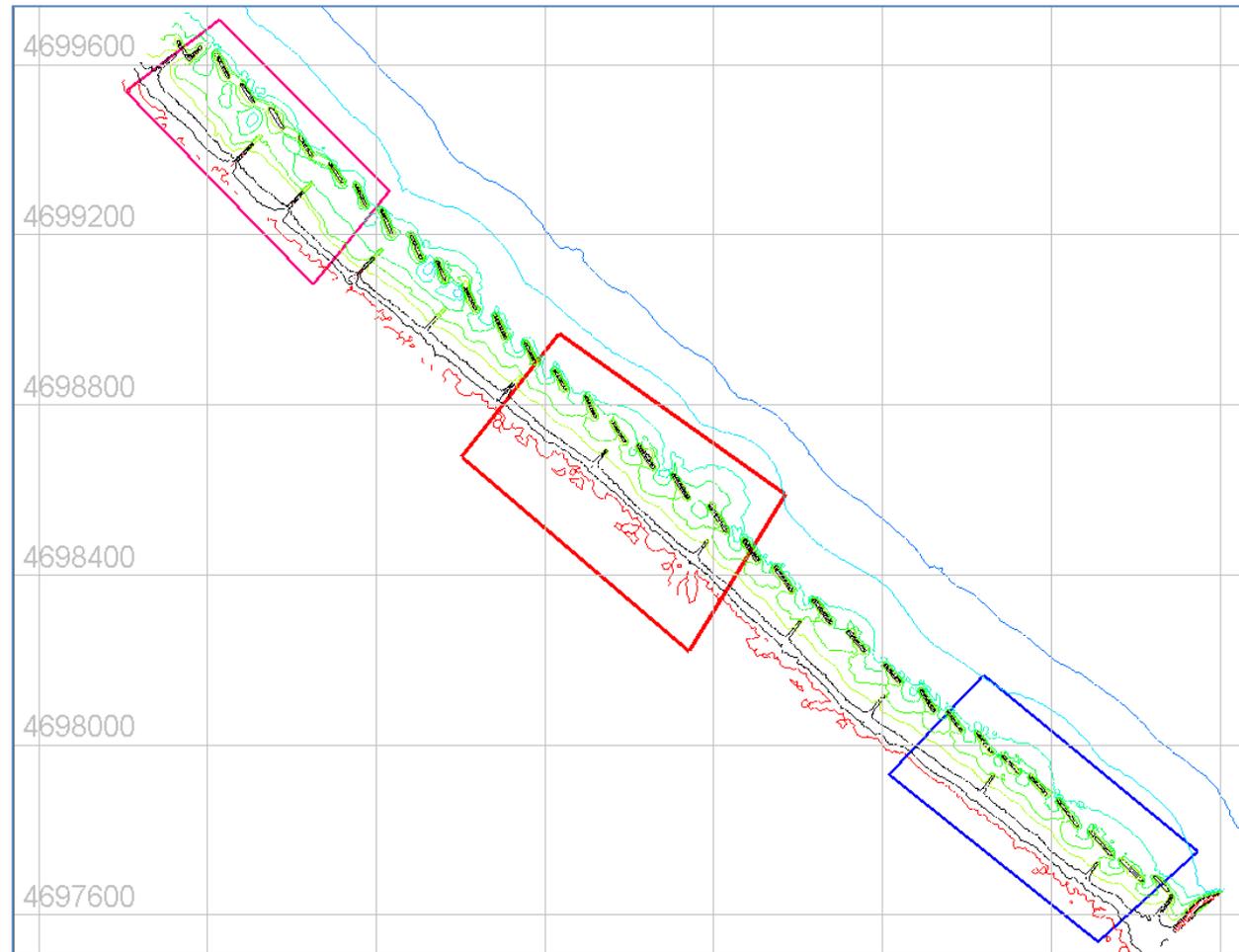
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 24** Configurazione attuale dei luoghi-Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico: sovrapposizione risultati in termini di velocità degli scenari relativi a due diverse condizioni di provenienza di moto ondoso da 0°N (vettori rossi) e 90°N(vettori blu).

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

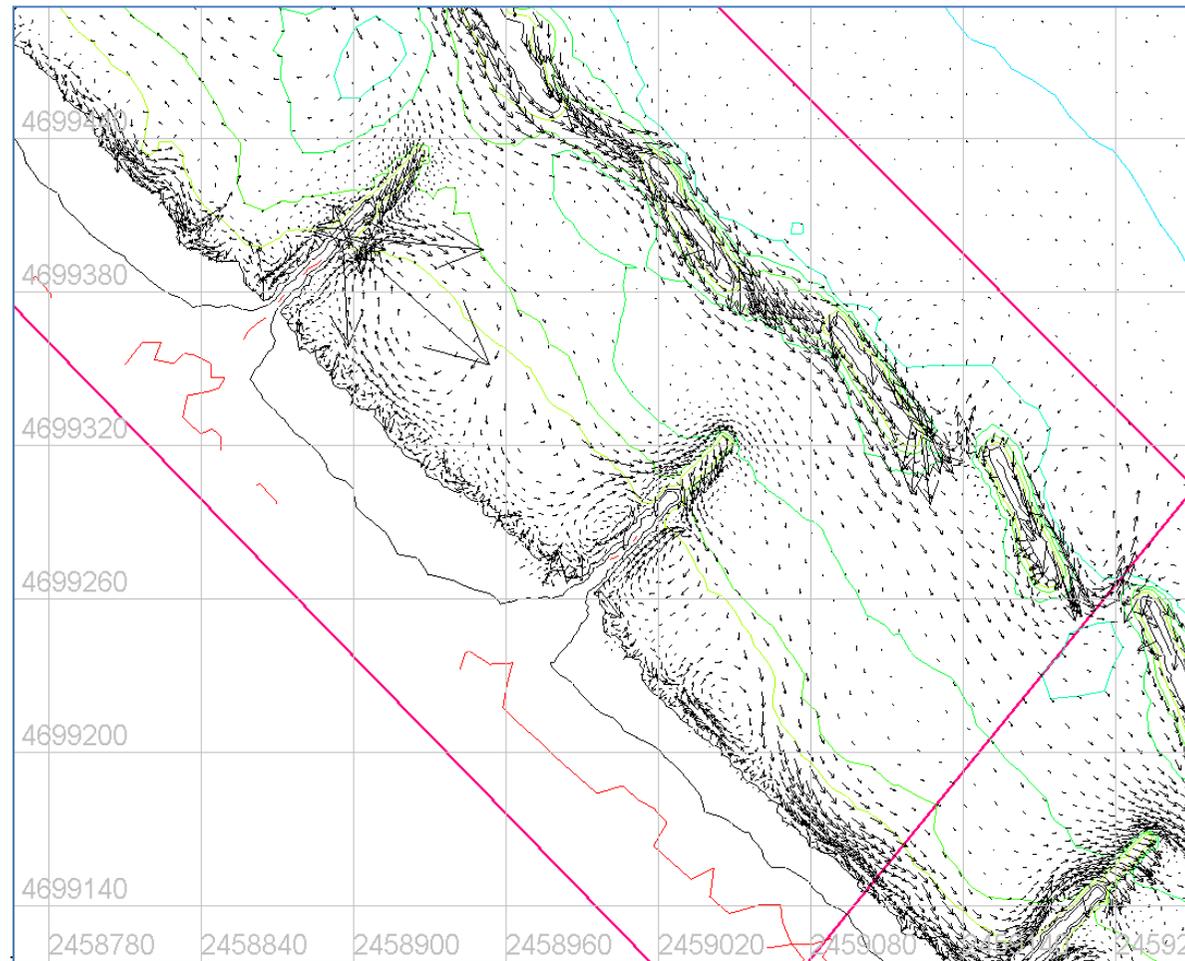
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 25** Configurazione dei luoghi di progetto: Simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico relativamente alle condizioni di onda morfologica. I rettangoli individuano le seguenti figure.

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

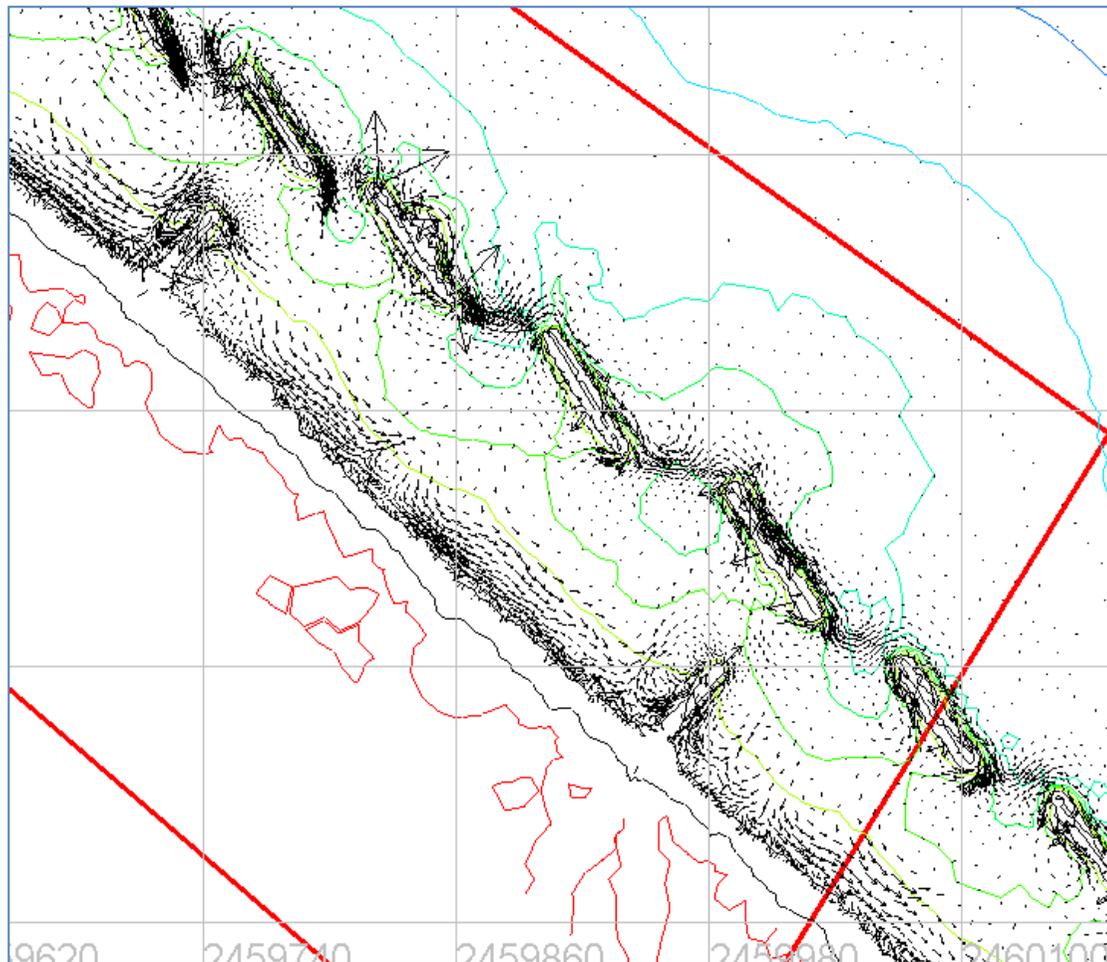
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 26- Configurazione dei luoghi di progetto: Risultati delle simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico relativamente alle condizioni di onda morfologica.**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

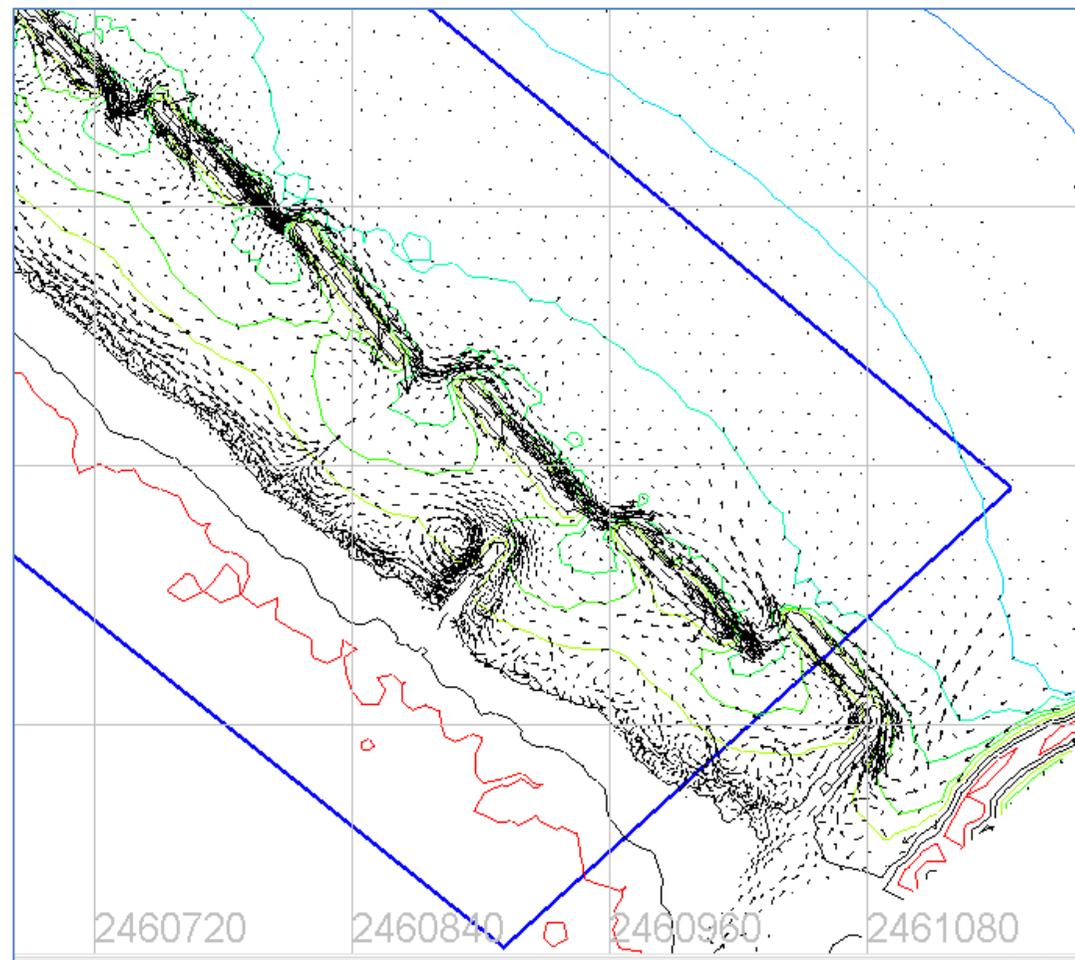
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 27** Configurazione dei luoghi di progetto: Risultati delle simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico relativamente alle condizioni di onda morfologica

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

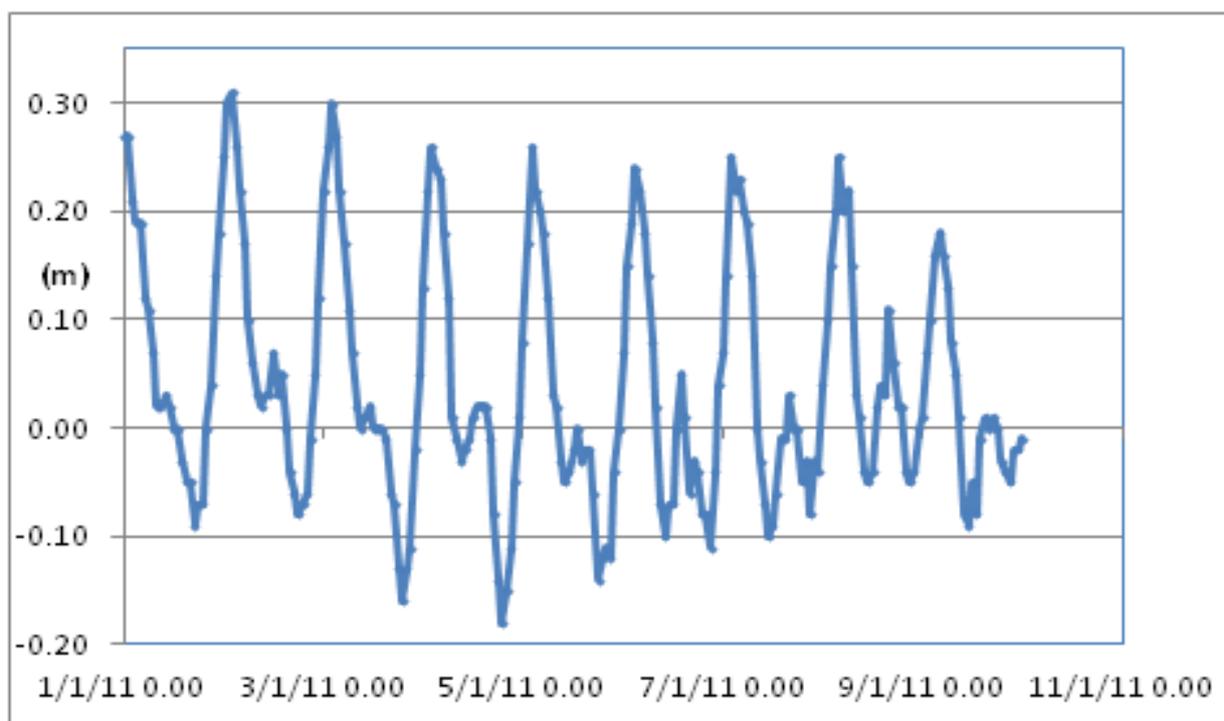
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 28** Configurazione dei luoghi di progetto: Risultati delle simulazioni di idrodinamica costiera con modello matematico relativamente alle condizioni di onda morfologica

### 5.1.2 Ricambi idrici indotti da marea

Ai fini dei ricambi idrici nello specchio acqueo a tergo delle scogliere, le condizioni climatiche più gravose sono quelle in assenza di vento e di moto ondoso, per cui l'unica forzante permanente che induce circolazione idrica è la marea. Appare ovvio, infatti, che in presenza di una mareggiata il ricambio idrico è decisamente molto più veloce e può avvenire nell'ordine di grandezza di ore, mentre per la sola marea l'ordine è di più giorni.



**Fig. 29. Marea registrata all'idrometro di Ortona (CH) [ISPRA].**

La Fig. 29 documenta la marea registrata all'idrometro del porto di Ortona nel gennaio 2011. Sulla base del suddetto idrogramma, tenuto conto che lo specchio acqueo ha superficie pari a 600.000 mq, e profondità media -2.0 m s.l.m.m., quindi volume 1.200.000 mc, si è calcolato per differenze finite il volume cumulato in entrata ed uscita, indotto dai fenomeni di marea. Il diagramma della seguente Fig. 30 documenta i risultati del calcolo. Si evince che, nelle condizioni di sola marea, in assenza di moto ondoso e vento, avviene un ricambio idrico totale in 4-5 giorni.

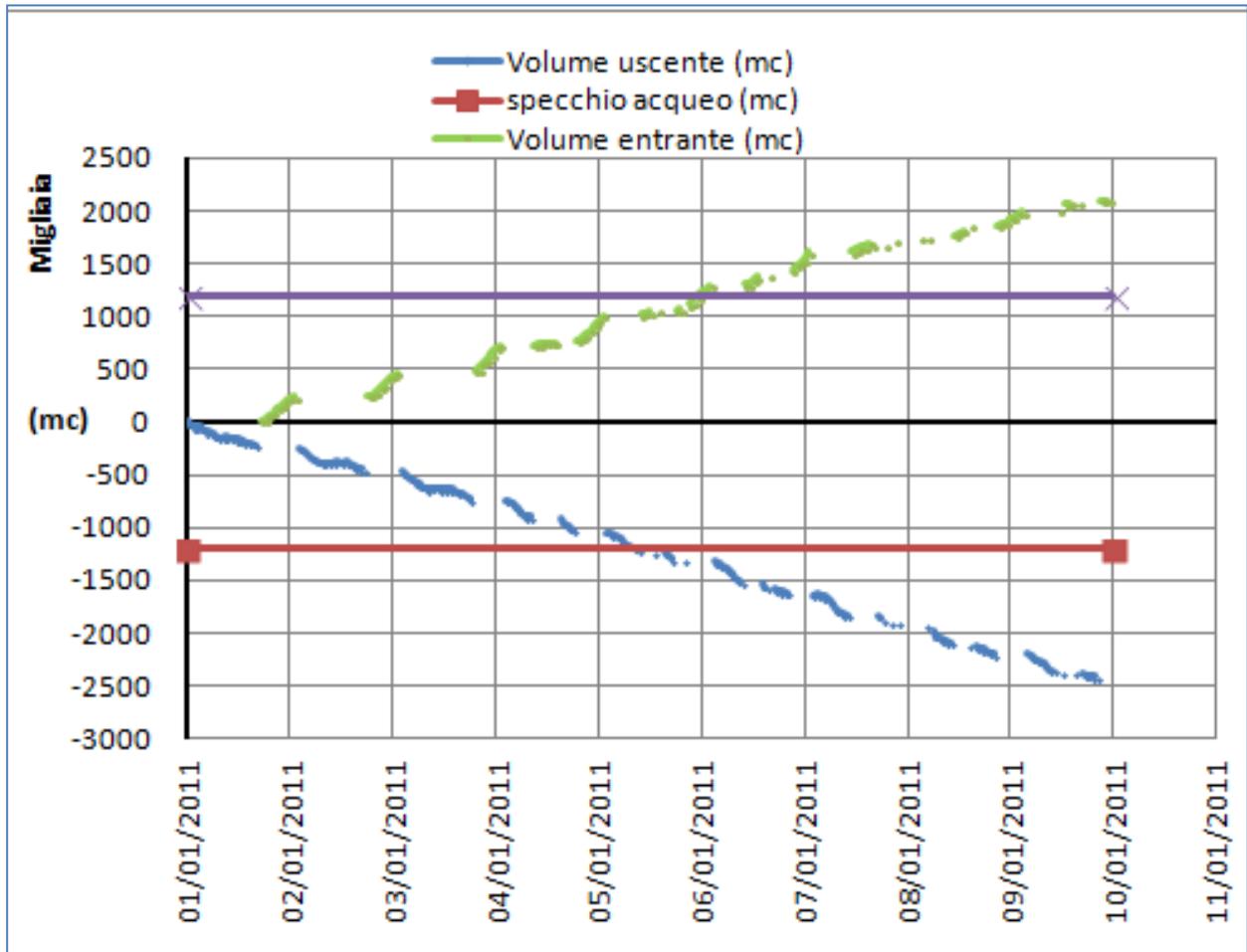


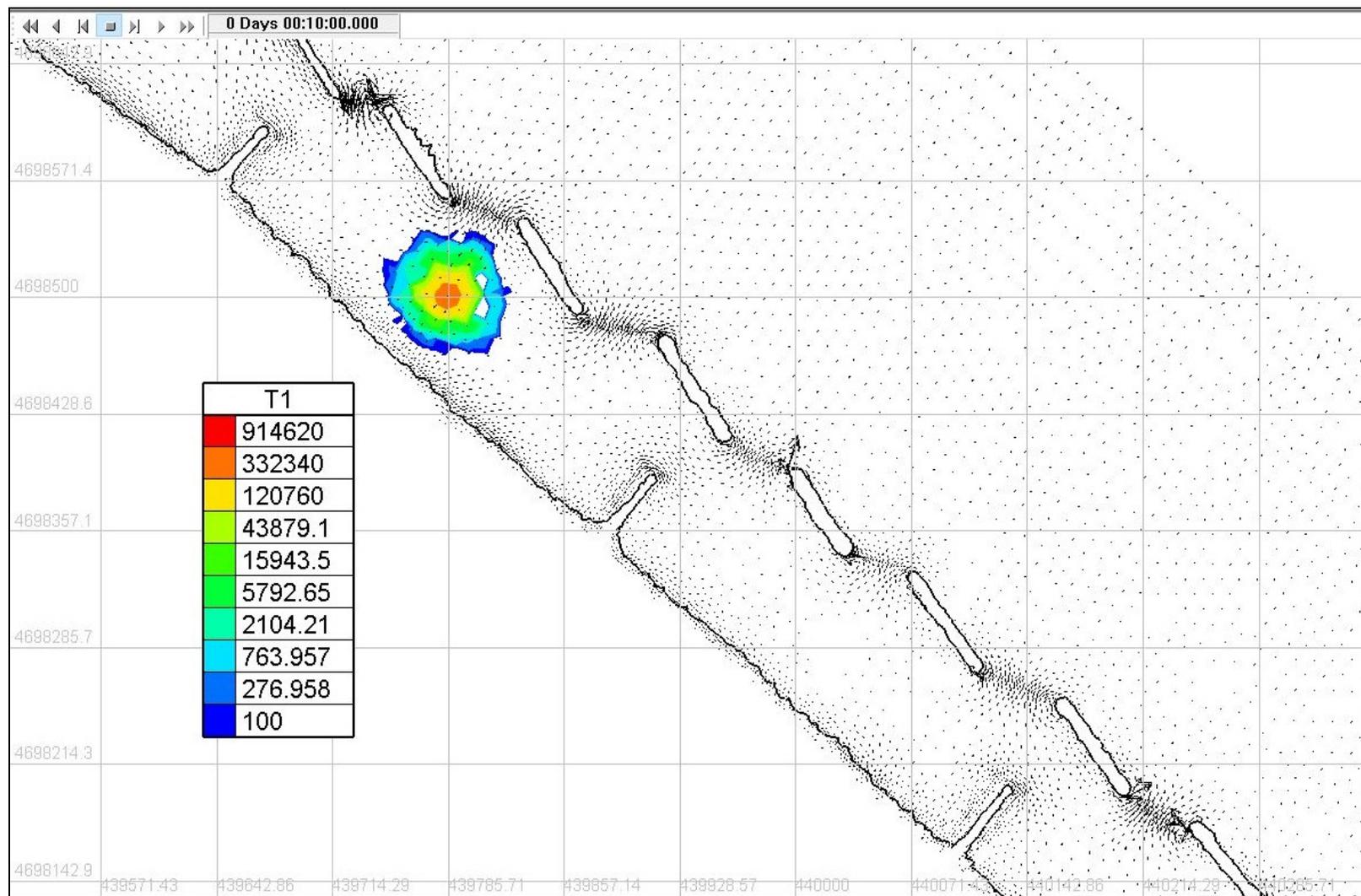
Fig. 30- Volume cumulato in entrata (valori positivi curva verde) ed in uscita (valori negativi curva blu).

Come ulteriore verifica sono state eseguite delle simulazioni con il modello idrodinamico TELEMAC, utilizzando il medesimo dominio di calcolo di Fig. 17 già utilizzato per le simulazioni di circolazione indotta dal moto ondoso. Nello specifico, in una cella tra due pennelli, si è simulata la immissione di una portata idrica di 1 mc/s caratterizzata da un tracciante di concentrazione 1.000.000 mg/l, scaricato in mare con continuità per una durata di 12 ore. La simulazione idrodinamica, sulla base della sola forzante di marea documenta che nella cella in esame, nonché in quelle adiacenti, la concentrazione del tracciante si annulla dopo 8 ore dal termine dell'efflusso.

Le seguenti figure (da Fig. 31 a Fig. 41) illustrano i risultati delle simulazioni, La scala cromatica indica la concentrazione, mentre i vettori rappresentano le velocità dei flussi di marea.

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

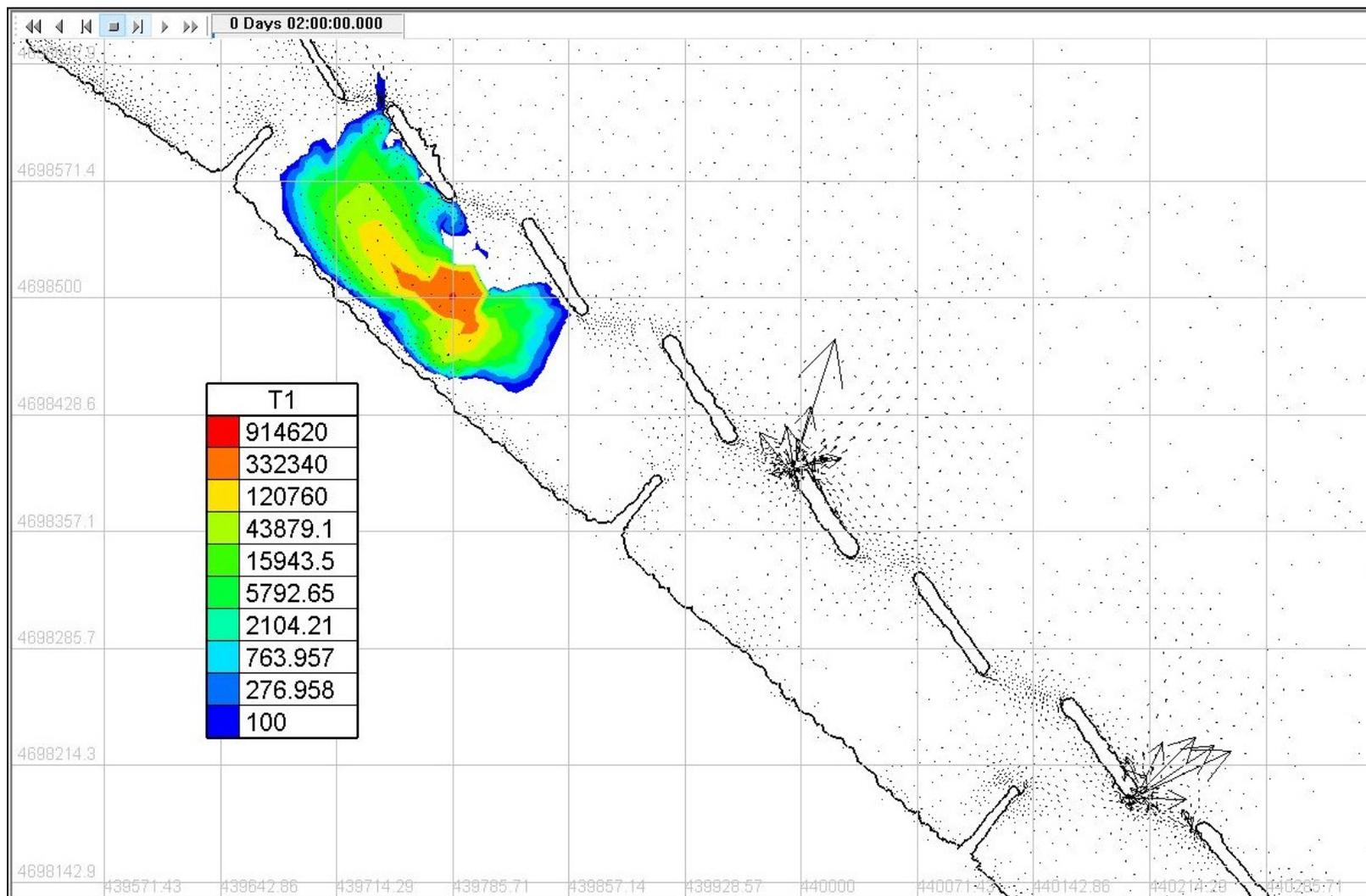
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 31 - Simulazione scarico tracciante +10min. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

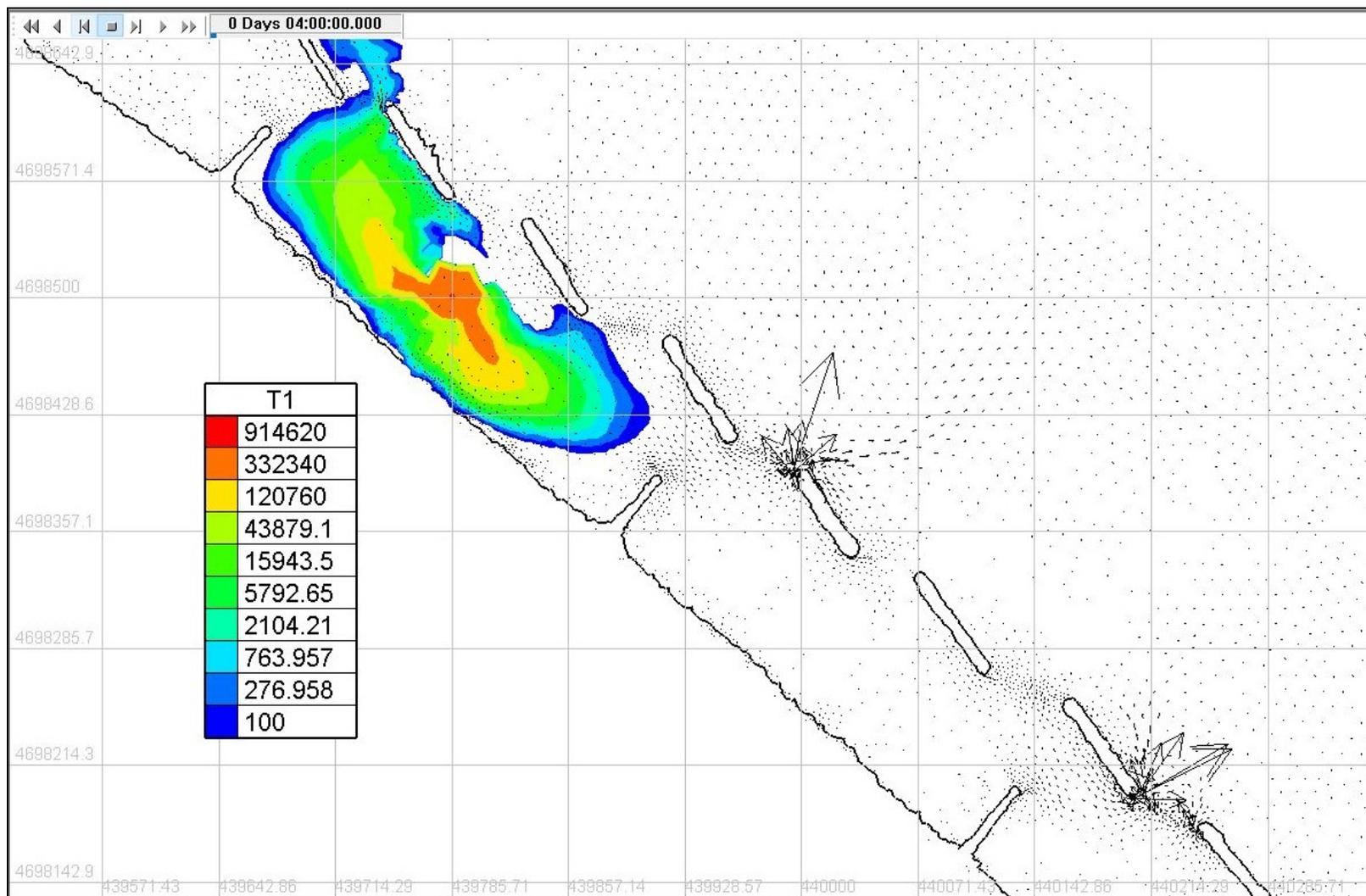
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 32 - Simulazione scarico tracciante +2h. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

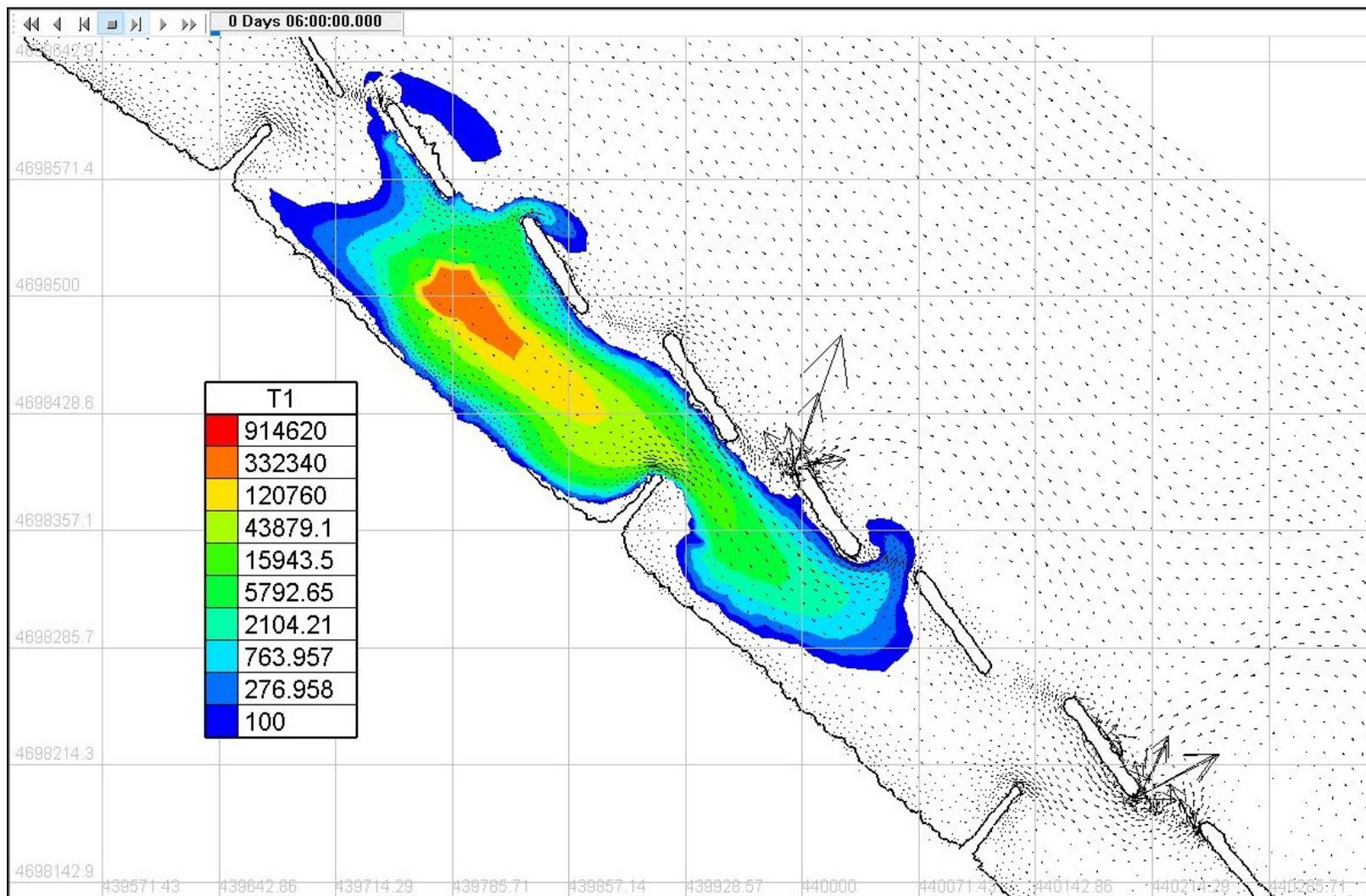
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 33 - Simulazione scarico tracciante +4h. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

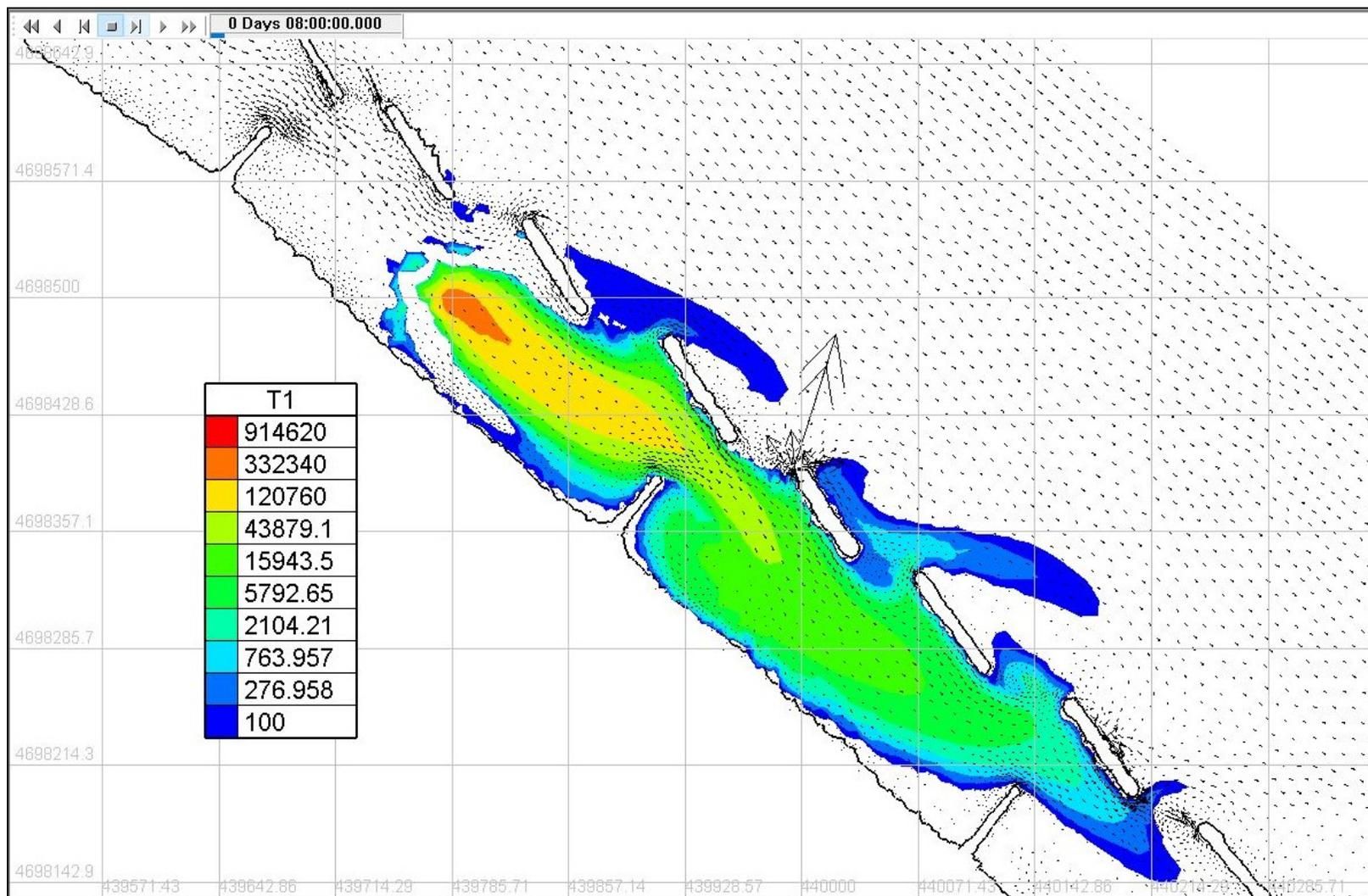
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 34 - Simulazione scarico tracciante +6h. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

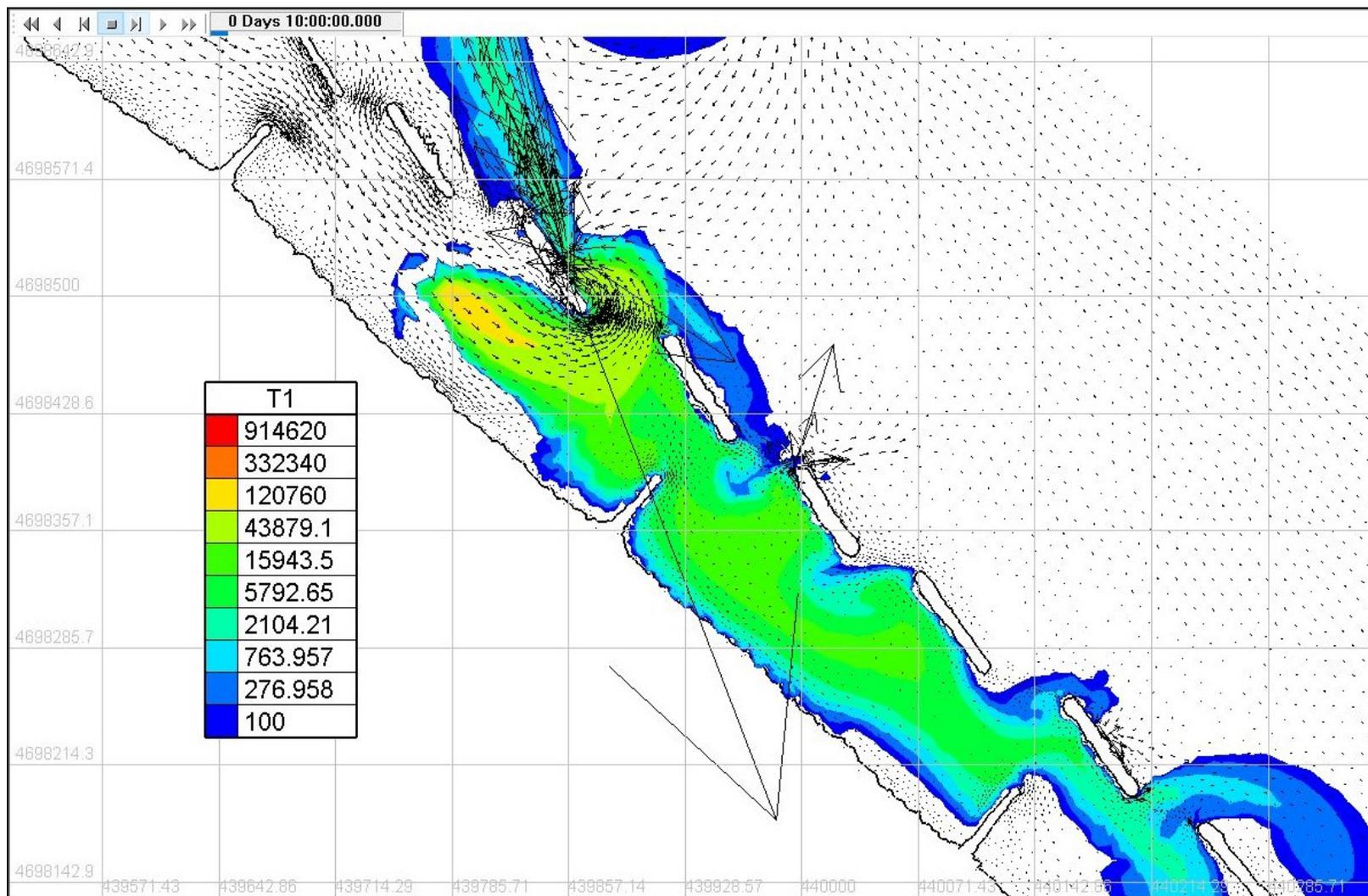
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 35 - Simulazione scarico tracciante +8h. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

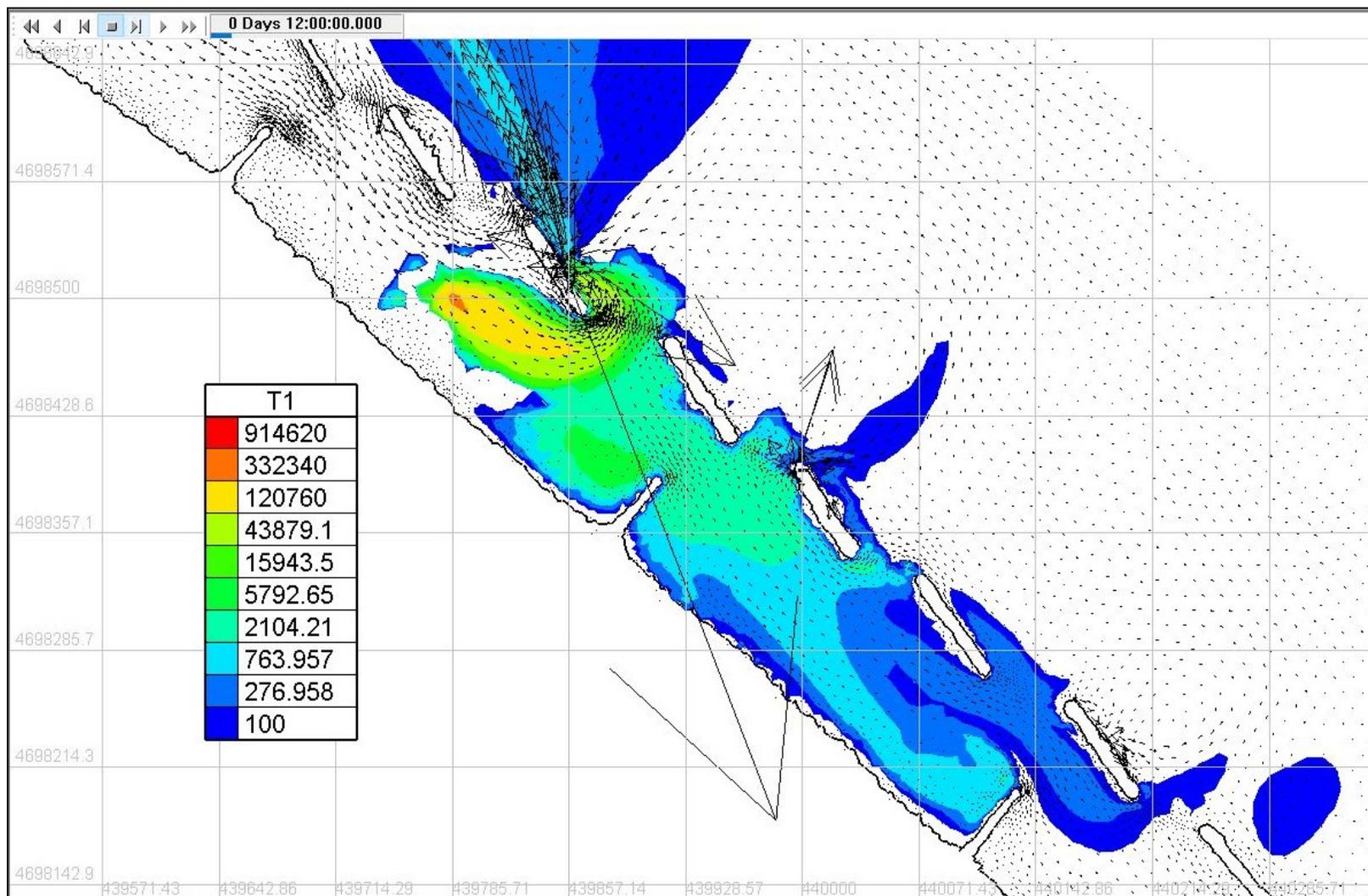
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 36 - Simulazione scarico tracciante +10h. (concentrazione in mg/l)**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

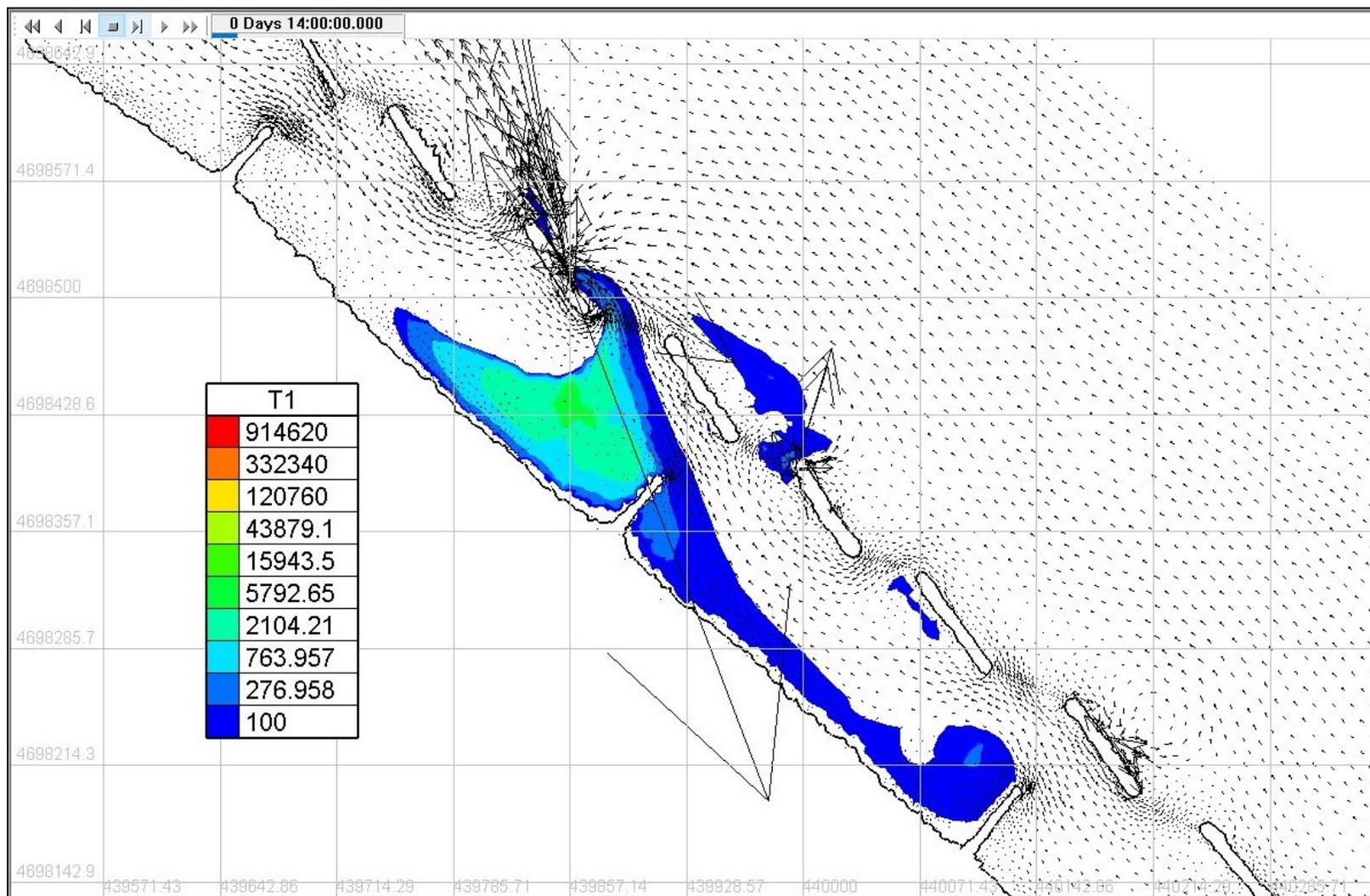
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 37 - Simulazione scarico tracciante +12h. (concentrazione in mg/l)- Termine scarico in mare**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

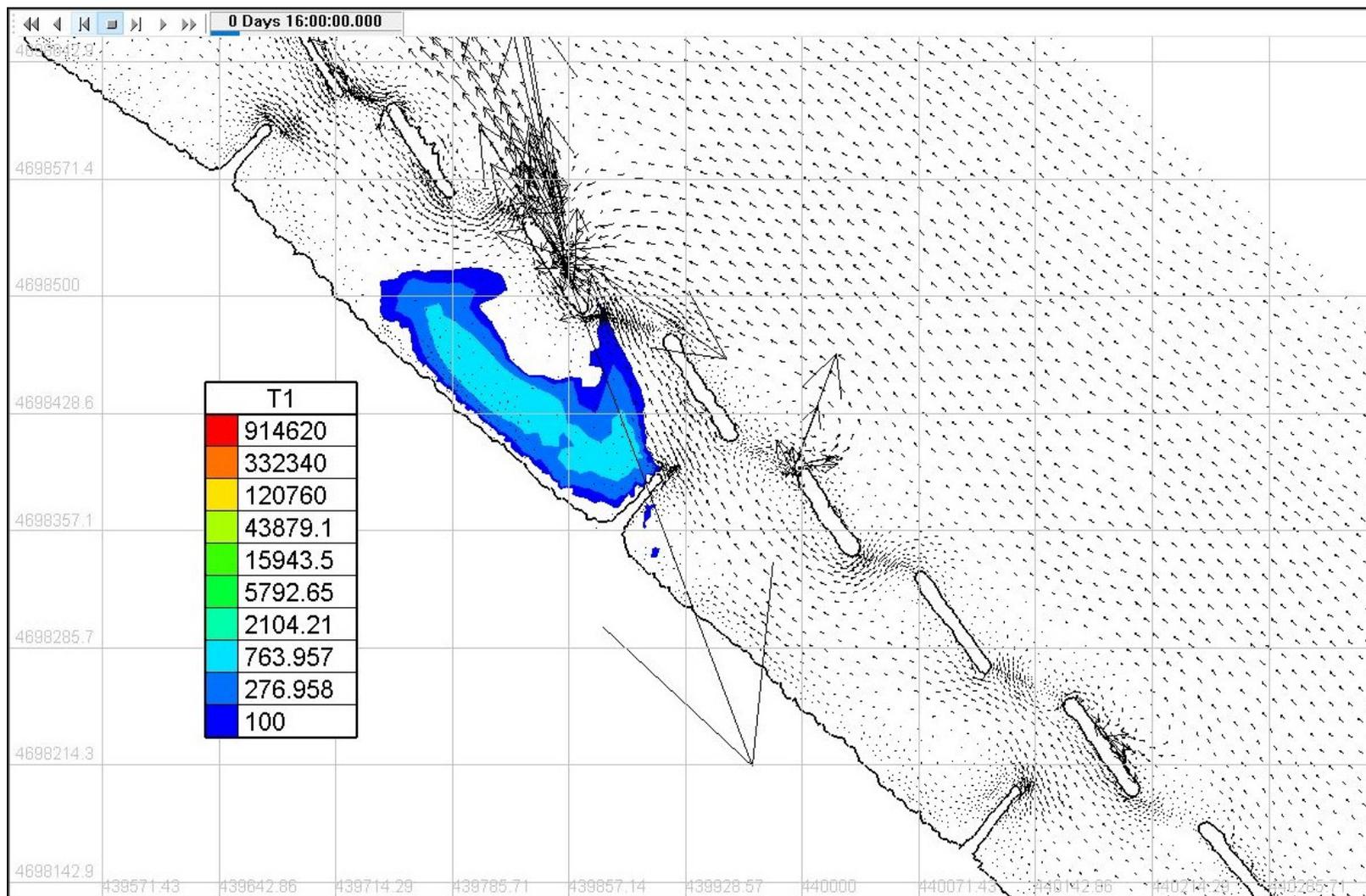
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 38 - Simulazione scarico tracciante +14h. (concentrazione in mg/l). 2 ore dopo la fine dello scarico**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

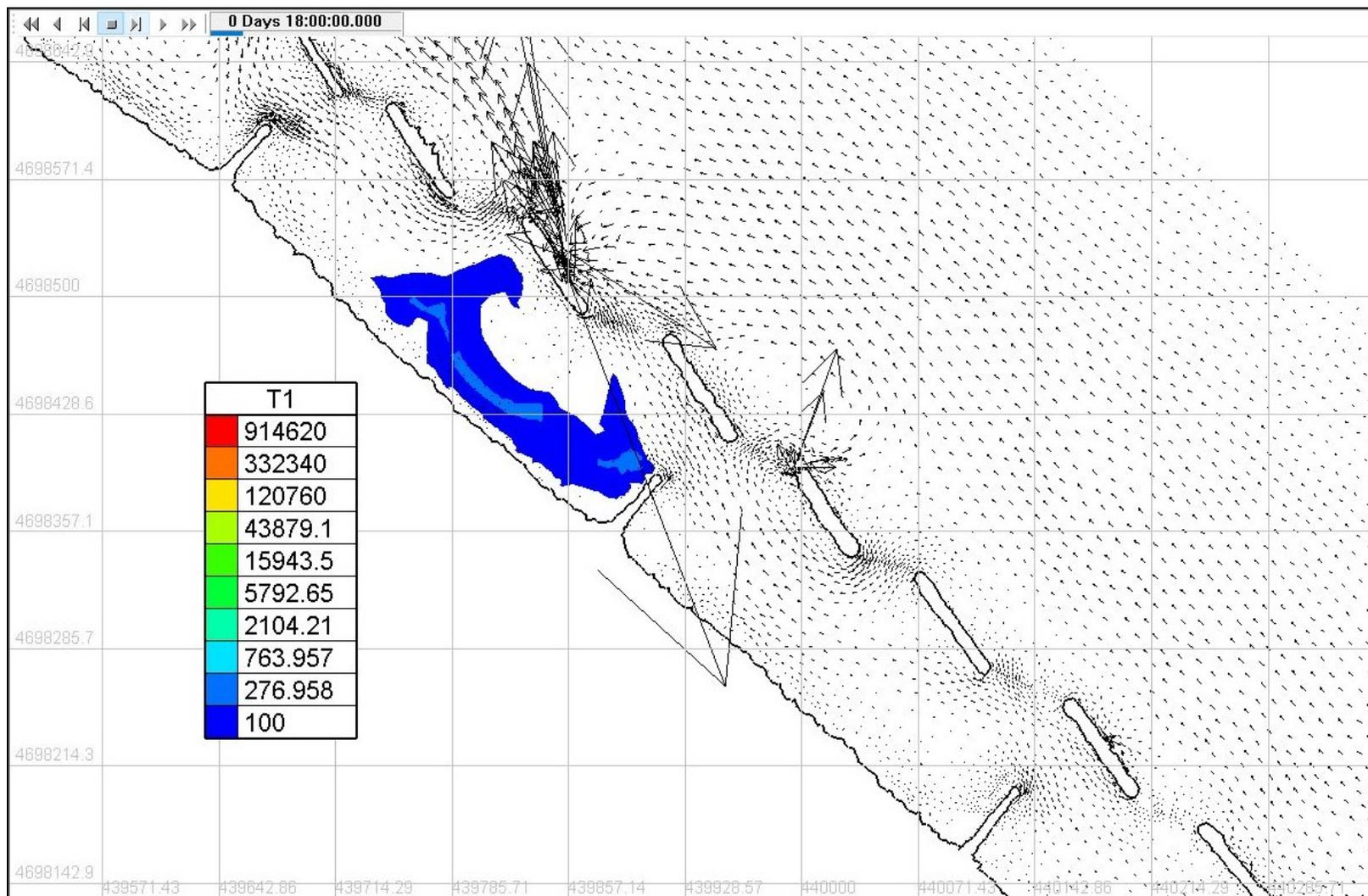
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 39 - Simulazione scarico tracciante +16h. (concentrazione in mg/l): 4 ore dopo la fine dello scarico**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

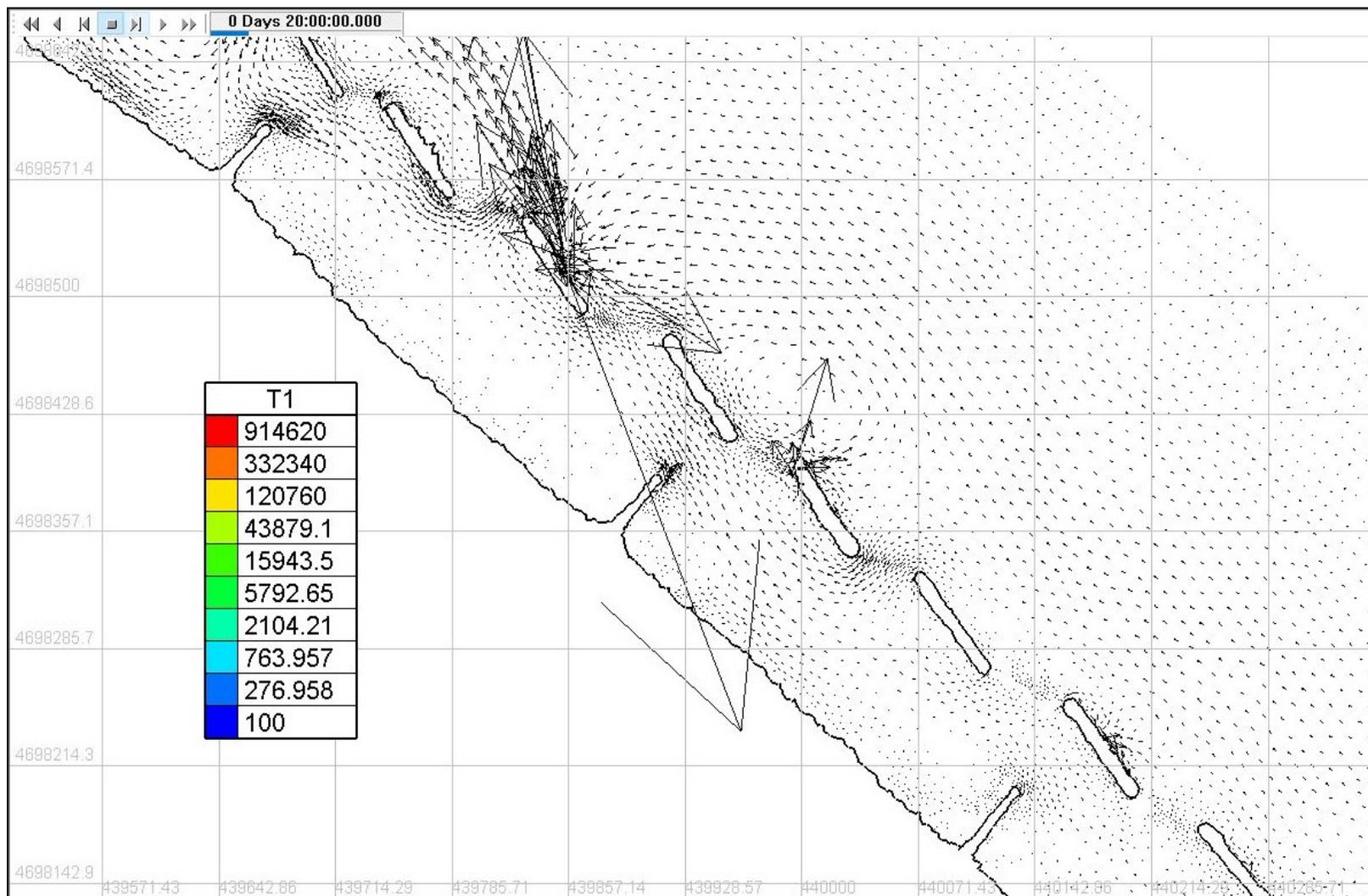
*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 40 - Simulazione scarico tracciante +18h. (concentrazione in mg/l): 6 ore dopo la fine dello scarico**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*



**Fig. 41 - Simulazione scarico tracciante +20h. (concentrazione in mg/l): 8 ore dopo la fine dello scarico.**

## 5.2 Modello morfologico ad una linea .

Per le simulazioni a lungo termine è stato utilizzato il modello **GENESIS** (*Generalized Model for Simulating Shoreline Change*). Detto software è di fatto il modello ad una linea tra i più noti ed utilizzati dalla comunità tecnica e scientifica, di provata affidabilità e recensito nel *Coastal Engineering Manual (C.E.M.)* .

In linea generale, il modello valuta l'evoluzione della linea di riva sulla base dei soli flussi longitudinali, utilizzando un clima di onde storicamente registrato presso una stazione ondometrica. Il modello, pertanto, è in grado di fornire dati previsionali di lungo periodo.

Preventivamente all'esecuzione delle simulazioni numeriche, il modello viene tarato in relazione all'evoluzione che la linea di riva oggetto di studio ha storicamente subito in epoche successive. A tale scopo si devono reperire due documenti da cui evincere i dati planimetrici della linea di riva. In dettaglio, la taratura consiste nella selezione dei parametri del modello, in grado di fornire -come risultato della simulazione- un'evoluzione temporale della linea di riva prossima a quella documentata dai due rilievi storici di riferimento. La simulazione di taratura viene altresì condotta per una durata pari al tempo decorso tra i due rilievi di riferimento, e utilizzando dati ondometrici riferiti a un arco temporale di pari durata e, preferibilmente, proprio relativa al periodo tra i due rilievi storici. I parametri di taratura da selezionare sono quelli che minimizzano le differenze

I parametri di taratura riguardano principalmente due costanti K1 e K2. La prima controlla la variazione temporale delle evoluzioni della linea di riva, nonché l'intensità del trasporto longshore; la seconda sensibilizza il modello alla circolazione che si instaura a tergo ed a ridosso dei manufatti. Ad esempio, a tergo di una struttura di difesa longitudinale un aumento di K1 tende ad appiattire il saliente che si forma, mentre l'incremento di K2 ne esalta la dimensione trasversale. Altri parametri di taratura (HCNGF, ZCNGF, ZCNGA) riguardano il moto ondoso relativamente ad altezza e direzione delle onde.

Nel caso in esame è stato adottato un criterio di taratura basato sul soddisfacimento del confronto tra le linee di riva rilevate dalle foto satellitari del 2013 e del 2017, relativamente sia alle

variazioni della linea di riva tra i due suddetti anni, sia alla variazione volumetrica , calcolata utilizzando lo schema di Dean. La tabella Tab. 1 sintetizza i dati suddetti.

Il quadriennio 2013/2017 è stato preferito ad altri intervalli temporali da porre a base di taratura in quanto, tra gli anni di cui si sono acquisite le foto, è l'unico periodo in cui sul litorale oggetto di studio non sono stati realizzate opere di difesa costiera. Secondo informazioni acquisite presso i Comuni di Pescara e di Francavilla al mare nonché da internet, tra il 2013 ed il 2017 sono stati eseguiti sul litorale oggetto di studio i seguenti ripascimenti:

- **Sul litorale di Pescara, nel tratto compreso tra il pennello "a" e il pennello "d":**
  - 7.000 mc nel 2014 (Fonti: Verbale G.C. n.393 del 06/06/2014 e internet)
  - 13.076mc nel 2015 (Fonte: Verbale G.C. n.268 del 05/05/2015)
  - 3.500 mc nel 2017 (Fonte: internet)
  
- **Sul litorale di Francavilla al mare, in un tratto di circa 480m a partire dal confine con il comune di Pescara:**
  - 2.000mc per ogni anno tra il 2013 e il 2017 (Fonte:informazioni avute dal comune)

Nelle operazioni di taratura, quindi, si sono portati in conto i ripascimenti di cui sopra, ed a tale scopo, in funzione della profondità di chiusura (-5.4 m s.l.m.m.) e del diametro  $D_{50}$  (0.50 mm) dei sedimenti si sono stimati gli avanzamenti finali tramite la procedura di Dean.

Il valore  $D_{50}$  dei sedimenti è stato posto pari a 0.50 mm. In merito i prelievi ed analisi sedimentologiche hanno fornito valori dei diametri superiori, ma si è preferito adottare un valore inferiore a scopo cautelativo ..

Per le simulazioni, il dominio di calcolo è stato schematizzato con una griglia lineare a passo 15 m, estesa 5730 ml, dal porto turistico di Pescara al pennello in sx della Foce dell' Alento.

Come clima ondoso sono stati utilizzati i dati di largo della stazione ondometrica virtuale al largo del paraggio di Francavilla (CH).

**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA**

***R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera***

x	2013	2017	Dy	x	2013	2017	Dy	x	2013	2017	Dy				
0	548.65	559.09	10.44	1950	179.10	189.04	9.94	3900	99.80	98.223	- 1.58		Dy medio	0.93 m	
30	504.91	522.1	17.19	1980	177.41	188.45	11.04	3930	103.92	97.002	- 6.92		volume	31662 mc	
60	462.45	476.09	13.64	2010	177.72	191.1	13.38	3960	108.48	105.67	- 2.81			5760 ml	
90	429.52	435.24	5.72	2040	177.00	193.81	16.81	3990	111.10	108.96	- 2.14			5.50 mc/ml	
120	399.55	407.48	7.93	2070	162.26	184.49	22.24	4020	118.69	108.96	- 9.73				
150	380.17	386.4	6.23	2100	153.81	169.54	15.73	4050	122.40	107.4	- 15.00				
180	361.26	372.96	11.70	2130	148.33	162.76	14.44	4080	123.38	109.73	- 13.65				
210	355.52	361.96	6.44	2160	145.61	159.52	13.91	4110	125.09	109.73	- 15.36				
240	349.78	356.46	6.69	2190	144.99	158.64	13.65	4140	106.58	104.33	- 2.25				
270	349.35	356.46	7.11	2220	145.14	158.64	13.50	4170	100.80	99.492	- 1.31				
300	354.70	358.68	3.98	2250	146.49	156.23	9.74	4200	102.18	99.492	- 2.69				
330	370.76	370.76	-	2280	149.08	155.05	5.97	4230	97.33	99.492	2.16				
360	361.55	362.44	0.89	2310	153.42	158.44	5.01	4260	88.87	94.301	5.43				
390	349.56	352	2.44	2340	156.25	167.4	11.15	4290	90.42	90.272	- 0.15				
420	337.17	341.99	4.82	2370	142.98	155.18	12.20	4320	94.88	95.274	0.40				
450	324.66	329.21	4.56	2400	131.95	139.88	7.93	4350	98.71	109.62	10.90				
480	318.60	319.39	0.79	2430	123.87	130.39	6.52	4380	90.65	97.332	6.68				
510	313.71	312.74	- 0.97	2460	120.81	124.54	3.73	4410	95.05	90.475	- 4.57				
540	310.58	309.35	- 1.23	2490	120.34	120.69	0.35	4440	96.26	99.877	3.62				
570	311.27	307.71	- 3.56	2520	121.33	118.37	- 2.96	4470	92.51	105.28	12.77				
600	314.54	317.58	3.04	2550	121.38	116.96	- 4.42	4500	91.08	97.404	6.32				
630	321.56	325.16	3.60	2580	120.27	116.96	- 3.31	4530	95.31	95.312	-				
660	316.13	314.07	- 2.07	2610	119.11	116.58	- 2.53	4560	97.85	98.825	0.98				
690	310.05	308.08	- 1.97	2640	120.28	115.73	- 4.55	4590	85.89	94.008	8.12				
720	308.94	304.22	- 4.71	2670	124.15	140.06	15.91	4620	87.58	91.198	3.61				
750	311.52	301.14	- 10.38	2700	114.49	125.43	10.93	4650	88.95	95.151	6.20				
780	315.32	299.06	- 16.25	2730	107.85	115.12	7.27	4680	89.67	100.9	11.23				
810	323.27	298.63	- 24.65	2760	102.37	108.67	6.30	4710	85.51	93.61	8.10				
840	323.50	306.72	- 16.78	2790	98.69	102.23	3.54	4740	82.02	84.836	2.82				
870	305.13	291.63	- 13.50	2820	95.23	99.311	4.08	4770	79.04	87.818	8.77				
900	295.95	281.84	- 14.11	2850	92.63	96.676	4.04	4800	73.27	88.427	15.16				
930	286.77	274.78	- 11.99	2880	90.57	93.1	2.53	4830	70.71	79.088	8.38				
960	281.57	273.79	- 7.78	2910	88.67	89.165	0.49	4860	75.28	79.088	3.81				
990	281.37	273.5	- 7.88	2940	86.78	85.159	- 1.62	4890	82.32	85.448	3.12				
1020	291.30	279.32	- 11.98	2970	84.59	81.567	- 3.03	4920	89.03	89.8	0.77				
1050	293.34	290.01	- 3.33	3000	83.73	77.22	- 6.51	4950	92.11	89.428	- 2.68				
1080	290.28	283.98	- 6.30	3030	83.65	77.601	- 6.04	4980	97.33	96.627	- 0.70				
1110	287.48	281.53	- 5.95	3060	83.66	79.265	- 4.39	5010	104.47	108.84	4.37				
1140	284.90	278.73	- 6.17	3090	85.51	79.265	- 6.25	5040	108.30	110.62	2.32				
1170	283.12	279.03	- 4.09	3120	87.65	81.476	- 6.17	5070	109.14	110.21	1.07				
1200	287.04	281.53	- 5.51	3150	87.39	81.917	- 5.47	5100	109.82	108.94	- 0.88				
1230	297.19	283.74	- 13.45	3180	90.85	81.542	- 9.31	5130	110.75	109.62	- 1.14				
1260	277.40	267.52	- 9.88	3210	88.54	78.519	- 10.02	5160	113.63	112.62	- 1.01				
1290	263.43	262.24	- 1.18	3240	86.23	75.495	- 10.74	5190	119.02	119	- 0.03				
1320	260.36	258.21	- 2.14	3270	84.58	74.103	- 10.48	5220	121.87	121.68	- 0.19				
1350	257.36	255.22	- 2.14	3300	80.90	74.183	- 6.72	5250	121.10	122.57	1.47				
1380	254.71	251.59	- 3.13	3330	79.44	74.183	- 5.26	5280	121.46	122.11	0.64				
1410	252.79	248.32	- 4.48	3360	78.32	73.474	- 4.84	5310	125.12	125.1	- 0.01				
1440	251.40	247.38	- 4.02	3390	80.67	75.622	- 5.05	5340	126.93	135.27	8.34				
1470	255.37	250.77	- 4.60	3420	83.10	84.81	1.71	5370	129.37	131.69	2.33				
1500	263.88	259.29	- 4.60	3450	83.71	87.036	3.33	5400	135.01	138.02	3.01				
1530	262.32	258.34	- 3.98	3480	85.52	85.52	-	5430	126.40	132.92	6.52				
1560	237.54	239.28	1.74	3510	85.83	82.989	- 2.84	5460	120.99	122.1	1.11				
1590	226.84	227.49	0.65	3540	83.62	84.71	1.09	5490	122.54	124.35	1.81				
1620	221.78	221.78	-	3570	81.41	88.422	7.01	5520	138.64	136.66	- 1.98				
1650	222.79	217.34	- 5.45	3600	81.17	89.193	8.02	5550	129.24	133.47	4.23				
1680	222.04	214.27	- 7.77	3630	82.29	90.309	8.02	5580	129.81	130.56	0.75				
1710	220.24	212.58	- 7.66	3660	81.50	90.096	8.60	5610	143.31	144.4	1.08				
1740	218.39	215.18	- 3.22	3690	80.70	90.096	9.39	5640	150.48	148.75	- 1.73				
1770	217.79	220.63	2.84	3720	81.21	89.736	8.52	5670	145.83	143.71	- 2.12				
1800	202.16	211.7	9.55	3750	81.73	91.845	10.12	5700	148.54	156.1	7.56				
1830	203.18	200.99	- 2.19	3780	86.26	95.88	9.62	5730	173.66	180.86	7.20				
1860	204.47	197.23	- 7.23	3810	91.56	95.88	4.32								
1890	193.75	193.87	0.12	3840	94.74	92.615	- 2.12								
1920	184.41	191.08	6.67	3870	97.93	95.419	- 2.51								

**Tab. 1- Confronto tra la linea di riva rilevata negli anni 2013 e 2017 e stima della relativa differenza volumetrica**

La taratura è stata lunga e complessa, perché il litorale è molto esteso e vi è una elevata presenza di opere di difesa. Nella taratura si è privilegiato più il soddisfacimento della differenza volumetrica, piuttosto che la conformazione della linea di riva. Infatti una migliore adattabilità della linea di riva finale si ottiene riducendo ulteriormente i suddetti parametri K1 e K2 (e ciò ridurrebbe la portata longitudinale), e/o riducendo il clima ondoso, ma non risultava soddisfatto l'ordine di grandezza della differenza volumetrica tra il 2013 ed il 2017. Ne consegue che nelle simulazioni le singolarità indotte dalle opere di difesa appaiono in alcuni tratti eccessive rispetto a quanto storicamente avvenuto, ma la qualcosa è cautelativa, al contrario la riduzione di K1 e K2 comporta la riduzione delle portate sedimentarie e quindi il rischio di sottostimare i fenomeni.

La procedura di taratura ha portato a selezionare per i suddetti parametri i seguenti valori : K1=0.001 e K2=0.0005, HCNGF=1.00, ZCNGF=1.00, ZCNGA=0.

I pennelli di progetto sono stati inseriti come manufatti non diffrattivi, ai quali è stato attribuito un coefficiente di permeabilità 0.0 per manufatti interamente emersi e 0.2 per quelli aventi una parte soffolta. Le opere di difesa costiera longitudinali esistenti sono state caratterizzate con i seguenti coefficienti di trasmissione, desunti dalle seguenti formule (d'Agremond) per le condizioni di onda morfologica:

$$K_t = -0.4 \frac{R_c}{H_{si}} + 0.64 \left( \frac{B}{H_{si}} \right)^{-0.31} (1 - e^{-0.5\xi}), \quad B/H_t < 10$$

$$K_t = -0.35 \frac{R_c}{H_{si}} + 0.51 \left( \frac{B}{H_{si}} \right)^{-0.65} (1 - e^{-0.41\xi}), \quad B/H_t > 10$$

-Opere soffolte a sud del Porto Turistico di Pescara, e opere di progetto finale  $K_t = 0.5$

-Opere soffolte a chiusura dei varchi tra le scogliere emergenti  $K_t = 0.7$

-Opere emergenti  $K_t = 0.05$

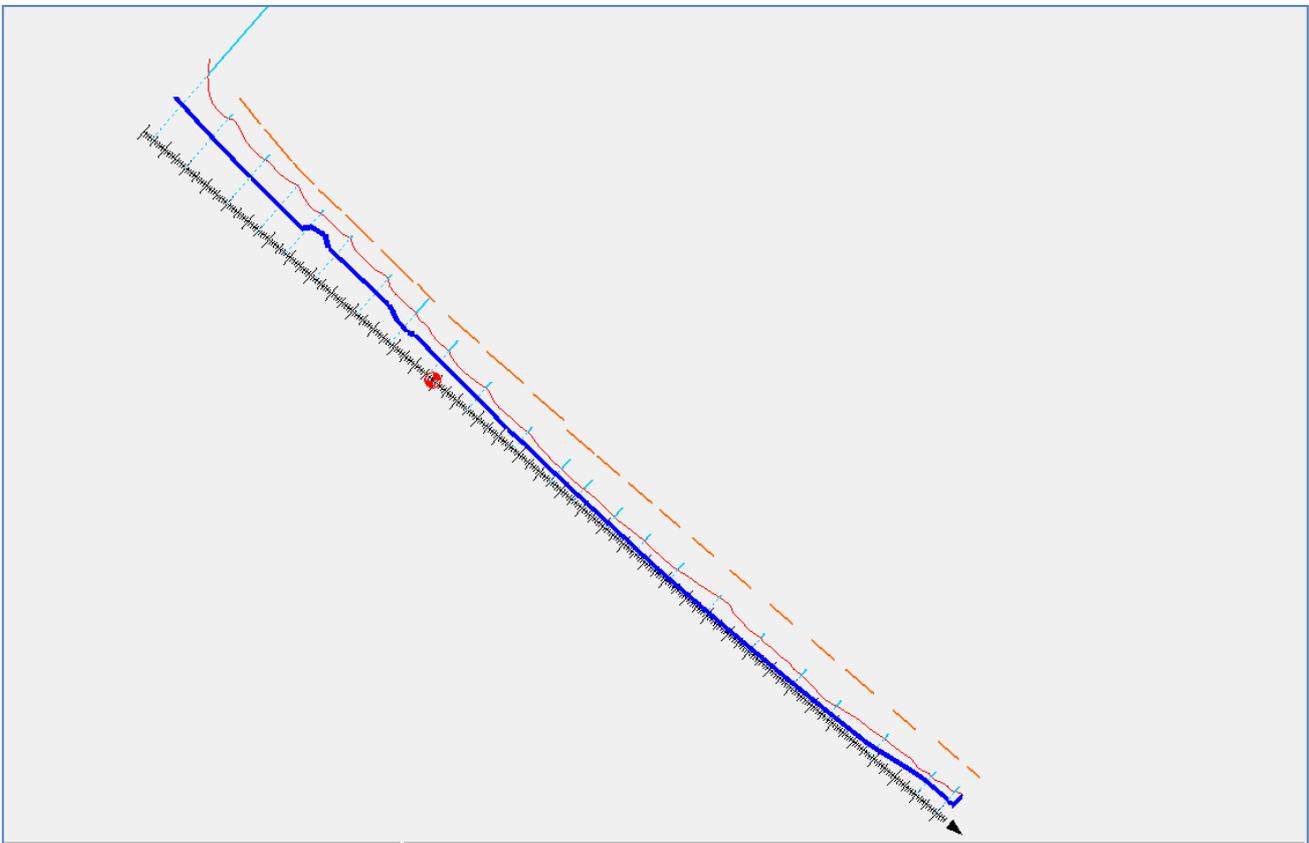
Gli scenari simulati sono i seguenti:

- P1-Progetto Opere di primo lotto (opere trasversali tra il confine con il comune di Pescara e il Fiume Alento
- P1/A- Progetto opere primo lotto + ripascimento stagionale eseguito tra due pennelli a nord dal comune di Francavilla per un'ampiezza di 10 m.

➤ P2- Configurazione finale del litorale (Opere a T e ripascimento)

I risultati sono esposti in forma grafica nelle seguenti tabelle . Da essi si evince che l'intervento di primo lotto (P1) sostanzialmente stabilizza il tratto di litorale su cui si interviene. Inoltre, il ripascimento stagionale -eseguito prima dalla stagione estiva ogni anno dal comune di Francavilla- risulta stabile anche dopo un anno dal versamento. Ovviamente si è simulato che il diametro dei sedimenti di apporto è il medesimo di quelli nativi.

Nella configurazione finale dei luoghi (P2) , con difese longitudinali soffolte e ripascimento iniziale di circa 20 m, il modello indica una stabilità del ripascimento ed una efficacia della difesa costiera.



**Fig. 42- GENESIS- griglia di calcolo**

LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

*R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera*

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)									
537.71	527.04	517.69	510.64	430.46	424.41	416.55	408.00	398.72	389.15
380.46	372.02	364.39	358.13	353.57	350.91	350.34	352.19	355.95	360.76
362.60	365.57	366.69	365.03	360.77	354.93	348.21	340.61	332.14	323.53
316.92	314.59	315.78	317.15	316.67	314.95	313.44	312.73	312.53	312.64
320.56	320.69	320.39	319.12	316.44	312.10	306.97	303.63	304.67	309.65
314.63	317.82	320.15	322.08	322.72	324.99	318.43	308.84	297.94	289.53
286.78	288.55	290.22	288.92	286.36	285.07	285.36	286.39	296.37	296.08
295.03	291.59	285.39	279.38	277.89	281.69	286.65	288.96	289.17	289.66
291.01	291.37	291.04	284.53	277.58	272.22	268.04	263.16	256.73	250.18
246.01	245.70	248.62	253.16	256.92	258.10	257.72	257.93	259.67	262.00
262.67	260.04	255.07	246.77	239.27	233.62	229.15	224.48	219.23	215.04
214.50	217.86	221.98	224.20	224.24	222.48	218.53	212.71	213.83	206.84
202.45	201.98	203.35	202.68	198.41	193.00	189.94	188.59	185.80	181.61
178.77	178.62	179.68	179.56	177.95	175.76	167.69	165.12	160.10	155.28
153.03	151.95	149.70	146.36	143.93	144.24	146.29	147.25	146.57	146.39
149.05	153.43	155.33	154.86	154.37	153.38	153.31	148.66	143.07	140.95
138.89	134.79	129.82	126.63	126.73	128.51	128.82	127.03	125.43	126.55
129.26	129.93	127.35	123.92	123.64	126.87	129.78	129.31	121.00	112.87
109.04	109.68	110.30	108.04	103.34	98.96	97.38	98.02	98.24	96.60
93.11	89.05	86.93	87.76	89.56	89.75	87.38	83.74	81.61	82.52
85.06	86.93	87.08	85.44	82.86	81.74	83.60	87.05	89.59	90.09
89.01	87.96	88.33	89.48	89.25	86.74	83.75	82.98	84.33	85.03
83.09	78.77	74.54	73.89	77.62	82.87	85.51	83.96	80.48	79.62
82.54	85.89	85.65	82.85	82.11	84.94	88.36	88.51	84.24	78.28
75.26	76.92	81.17	84.33	83.09	78.85	76.60	78.80	83.89	88.36
88.59	85.33	83.43	86.17	92.39	98.02	98.45	94.96	93.31	96.58
103.25	109.14	109.48	105.81	104.35	108.08	115.19	121.12	120.85	117.73
118.38	123.80	128.73	126.00	115.50	105.58	101.65	103.23	107.09	109.10
105.41	96.85	88.77	85.59	87.84	93.04	98.29	101.20	100.08	94.76
88.68	86.35	89.27	95.16	99.98	99.99	94.82	88.64	86.32	88.84
94.25	99.76	101.96	99.02	91.88	84.94	82.32	84.78	89.80	94.23
95.46	92.30	85.60	79.75	78.71	82.01	85.78	86.27	82.54	76.13
69.97	66.67	67.44	71.94	78.87	85.96	90.22	89.79	86.40	84.81
88.05	95.08	102.29	105.93	105.26	103.79	105.63	110.71	115.03	115.36
111.01	106.18	106.18	111.64	118.48	121.47	119.57	117.19	118.68	123.38
125.51	123.08	120.71	122.52	127.94	131.04	128.47	123.71	122.97	127.68
133.81	135.72	131.80	124.46	118.80	118.89	124.98	133.21	137.91	136.78
131.71	128.66	131.49	139.66	147.18	149.48	146.38	143.85	146.99	154.63
166.87	168.69	168.42	167.37						

**Fig. 43- Taratura : posizione finale linea di riva**

**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA**

***R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera***

**CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)**

537.71	531.29	524.83	517.43	425.55	418.01	411.22	404.22	396.92	389.50
382.34	375.90	369.98	364.31	359.41	355.77	353.59	353.02	353.81	355.12
364.21	363.96	362.77	360.41	356.79	351.87	345.69	338.44	330.58	323.08
317.62	315.38	315.78	317.14	318.02	318.03	317.45	316.74	316.20	315.90
320.70	320.17	319.19	317.48	314.79	311.15	307.53	305.67	306.82	310.54
314.79	318.02	319.92	320.54	319.51	316.44	311.06	303.92	296.10	290.28
288.17	289.26	291.35	292.47	292.30	291.50	290.70	290.15	296.62	295.13
292.39	288.14	283.13	279.44	278.94	281.70	285.85	289.17	290.93	291.38
290.94	289.45	284.89	281.85	278.42	274.19	269.01	262.88	256.42	250.98
247.84	247.52	249.60	253.07	256.67	259.31	260.69	261.16	261.10	260.60
259.50	257.12	249.08	245.00	240.89	236.30	231.14	225.52	220.13	216.45
215.67	217.54	220.47	222.72	223.46	222.47	219.79	215.62	207.39	203.38
201.56	202.33	203.65	202.41	197.88	192.80	190.11	189.02	186.81	183.18
180.52	180.29	181.15	180.80	178.90	176.33	162.41	160.89	158.26	155.36
154.09	153.39	151.11	147.48	145.04	145.41	147.33	148.06	147.08	146.59
148.50	151.39	152.17	151.26	150.35	144.99	144.99	142.26	138.34	136.13
134.33	130.40	125.14	121.69	121.52	122.89	122.80	120.82	119.42	120.63
123.04	123.17	120.07	116.87	117.30	121.87	127.00	123.67	117.47	108.77
102.88	101.88	103.57	104.58	103.27	100.58	99.13	99.46	99.62	98.13
94.99	91.60	90.27	91.97	94.33	82.72	81.92	80.82	80.35	82.00
85.14	87.88	89.01	88.26	86.37	84.70	79.11	83.16	87.20	89.33
89.37	88.50	88.37	88.96	88.75	86.92	84.56	84.04	85.89	88.32
89.30	73.13	70.91	71.39	75.28	80.38	83.64	83.65	81.51	81.10
83.82	87.14	88.23	86.85	85.12	78.94	82.25	84.04	82.30	78.11
75.47	76.72	80.46	83.58	83.80	81.52	80.04	82.13	87.44	93.62
97.73	78.07	79.40	82.92	88.86	94.59	96.88	95.81	94.82	97.24
102.84	108.20	109.70	107.83	106.72	109.56	116.36	124.10	128.84	110.01
113.15	118.87	124.38	123.59	115.46	105.37	100.61	101.47	105.42	108.36
106.64	99.81	91.53	87.56	88.89	93.79	99.50	103.37	103.94	101.97
82.71	83.54	87.08	92.83	98.27	99.94	96.56	90.46	87.14	88.67
93.76	99.42	102.37	100.52	94.34	87.24	84.09	86.09	91.84	97.60
88.59	87.63	83.79	78.70	77.19	80.07	84.28	86.16	84.11	78.83
72.64	68.89	69.13	73.05	79.88	87.92	93.99	86.53	84.33	83.14
85.77	91.91	99.21	104.40	105.80	104.75	105.84	110.44	115.14	116.19
112.60	107.36	106.29	110.75	117.93	123.15	124.49	123.51	113.68	119.25
123.34	123.40	121.68	122.93	127.20	129.55	127.43	122.97	121.82	125.98
132.50	136.06	133.87	127.13	120.84	119.63	124.58	133.36	140.83	144.24
128.19	127.47	131.07	139.36	147.29	149.65	146.62	144.73	148.18	155.97
172.66	172.37	169.45	167.37						

**Fig. 44- Configurazione di progetto lotto 1- posizione finale linea di riva dopo 10 anni**

**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA**

***R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera***

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)									
537.71	519.54	505.24	495.79	438.65	430.90	420.82	409.71	398.82	388.54
378.96	371.01	364.46	358.79	354.15	350.92	349.38	349.52	350.77	352.52
363.01	364.71	365.13	363.02	358.59	352.93	346.78	340.28	333.42	326.66
321.45	318.55	317.15	315.96	314.44	312.97	312.12	312.04	312.49	313.14
318.46	319.03	318.90	317.59	315.23	312.15	309.21	307.89	308.67	310.87
313.43	315.92	318.50	320.85	321.92	321.76	317.10	309.87	301.58	294.97
291.37	289.64	287.93	285.71	284.08	283.95	285.12	286.60	293.41	293.49
292.97	291.18	287.88	284.82	283.86	284.68	285.69	286.03	286.49	287.99
290.22	291.32	288.42	282.67	275.62	269.76	265.68	262.48	259.07	255.52
252.90	252.05	252.75	253.90	254.43	254.33	254.59	255.97	258.38	260.92
262.26	261.15	252.08	244.78	237.37	231.65	227.63	224.49	221.67	219.82
219.73	220.83	221.81	221.90	221.30	220.32	218.63	215.63	210.72	206.46
203.80	203.55	204.32	203.71	200.12	194.99	191.01	187.89	184.30	180.69
178.51	178.05	178.37	178.40	177.79	176.49	170.43	166.09	160.32	155.58
152.69	150.67	148.52	146.26	144.89	144.96	145.69	145.96	145.55	145.64
147.23	149.64	151.27	151.91	152.58	153.37	151.85	146.13	139.69	134.97
131.05	126.99	123.26	121.03	120.66	121.22	121.42	120.81	120.37	120.95
121.80	121.71	120.15	118.06	118.05	120.32	123.50	132.62	130.71	124.87
119.26	116.79	116.05	114.60	111.78	108.80	106.97	106.14	105.24	103.86
101.92	99.70	98.46	98.88	99.75	92.00	88.66	85.20	83.39	83.40
84.12	84.61	84.76	84.68	84.52	84.68	83.82	86.31	87.92	88.54
88.87	89.21	89.47	89.32	88.47	86.93	85.17	84.07	83.64	83.21
82.70	78.34	77.17	77.07	78.80	81.11	82.64	82.71	82.05	82.45
84.27	85.96	86.44	86.05	86.14	80.62	82.96	83.86	82.59	80.22
79.05	80.04	82.09	83.29	82.49	80.29	78.98	79.84	82.22	84.81
87.10	83.41	85.45	88.18	92.06	95.67	97.19	96.44	96.04	97.99
101.86	105.72	107.43	106.73	106.66	109.26	113.98	118.69	121.69	117.56
120.32	123.57	126.14	124.80	117.76	108.76	103.74	102.76	103.74	104.27
102.60	98.05	92.48	89.39	89.51	91.62	94.21	96.45	97.47	96.50
90.13	90.45	92.26	95.17	97.67	98.17	95.76	91.82	89.72	90.57
93.29	96.18	97.96	97.36	93.39	88.15	85.44	86.17	89.23	92.76
88.54	89.35	87.40	84.13	82.49	82.68	82.78	81.64	79.28	75.90
72.26	70.04	70.38	73.16	77.52	82.34	86.73	88.34	88.56	88.67
91.11	95.47	100.23	103.90	105.68	106.10	107.10	109.14	111.02	111.83
110.82	108.92	109.14	112.19	116.32	119.47	120.90	121.59	118.26	121.31
122.72	122.30	121.82	123.28	126.20	128.41	128.41	127.25	127.86	130.50
132.44	131.29	127.93	123.90	120.73	121.25	126.22	132.99	136.31	135.20
129.54	129.04	132.30	139.53	146.42	149.46	147.07	144.32	146.53	152.69
159.98	166.02	167.06	167.37						

**Fig. 45 Configurazione di progetto lotto 1- ripascimento stagionale posizione linea di riva dopo 2 anni.**

**LAVORI DI DIFESA DELLA COSTA DI FRANCAVILLA AL MARE (CH)  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA**

***R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera***

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)									
537.71	531.74	525.79	518.89	442.11	435.02	428.64	421.90	414.81	407.76
401.07	394.64	388.52	382.98	378.26	374.80	372.92	372.78	374.19	376.24
381.66	381.78	380.95	378.92	375.61	370.97	364.97	357.66	349.40	341.37
335.69	333.67	334.60	336.42	337.40	337.26	336.51	335.77	335.41	335.38
337.50	337.44	337.04	335.89	333.60	330.01	326.18	324.22	325.66	329.90
334.28	337.20	338.70	338.99	337.99	335.33	330.45	323.02	314.53	308.41
306.52	308.21	310.79	311.87	311.41	310.49	309.93	309.82	312.96	312.32
310.50	306.74	301.67	297.86	297.53	300.77	305.36	308.62	309.95	309.96
309.21	307.71	303.10	300.23	296.92	292.89	287.88	281.66	274.96	269.46
266.45	266.34	268.64	272.31	276.07	278.56	279.54	279.69	279.56	279.22
278.42	276.55	265.88	262.64	259.07	254.81	249.86	244.18	238.48	234.58
233.97	236.39	239.90	242.53	243.58	243.07	241.19	237.92	228.62	222.15
216.46	212.54	210.34	209.26	208.84	209.05	209.96	211.20	211.69	210.64
208.26	205.41	202.86	200.88	199.40	197.62	186.30	183.42	180.24	176.25
171.64	166.70	162.11	159.10	158.45	159.91	162.59	165.46	167.84	169.58
170.80	171.71	172.51	173.30	173.56	167.12	165.77	163.69	160.67	157.07
153.19	149.12	144.85	140.45	136.29	133.30	132.13	132.68	134.58	137.24
139.85	141.85	143.11	143.75	144.04	144.22	143.94	138.99	137.43	135.30
132.22	128.33	123.86	119.04	114.55	111.71	111.31	112.54	113.99	114.91
115.16	114.96	114.64	114.45	113.98	105.77	104.70	103.56	101.90	100.00
98.68	98.91	100.88	103.87	107.12	109.63	106.26	107.42	108.16	107.70
106.07	103.44	100.34	98.04	97.71	99.38	102.27	105.48	108.51	111.22
112.94	98.34	99.49	100.91	101.58	101.38	100.36	98.64	96.64	95.66
96.86	99.93	103.80	107.58	110.15	102.60	103.36	103.81	103.12	101.35
98.67	95.57	93.07	92.07	92.59	94.35	97.27	101.10	105.28	109.36
112.68	108.36	110.89	113.45	115.15	115.74	115.15	113.75	112.57	112.54
113.64	115.52	117.97	121.07	125.00	129.67	134.51	138.81	142.08	144.08
144.55	143.24	140.15	135.55	129.87	124.08	119.51	116.66	115.06	114.18
113.75	113.78	114.40	115.77	117.62	119.35	120.60	121.38	121.92	122.01
118.45	117.57	116.38	114.36	111.53	108.33	105.72	104.33	103.99	104.28
104.94	105.95	107.43	109.55	112.05	114.35	116.02	117.03	117.62	117.53
109.30	107.72	105.59	102.41	98.39	94.08	90.67	89.11	89.40	91.12
93.70	96.48	99.09	101.48	103.84	106.45	109.14	107.95	111.04	114.35
117.12	119.03	119.82	119.33	117.89	116.65	116.52	117.48	119.10	121.13
123.53	126.45	130.14	134.55	139.16	143.29	146.68	149.03	143.33	144.54
145.60	145.74	144.63	142.25	139.20	136.83	135.90	136.13	137.01	138.25
139.84	141.92	144.67	147.97	151.29	154.13	156.35	158.10	159.53	160.47
157.08	156.69	155.84	154.47	153.76	155.07	158.69	164.18	170.63	176.72
183.22	185.67	186.37	185.93						

**Fig. 46- Configurazione di progetto finale - posizione linea di riva dopo 10 anni**

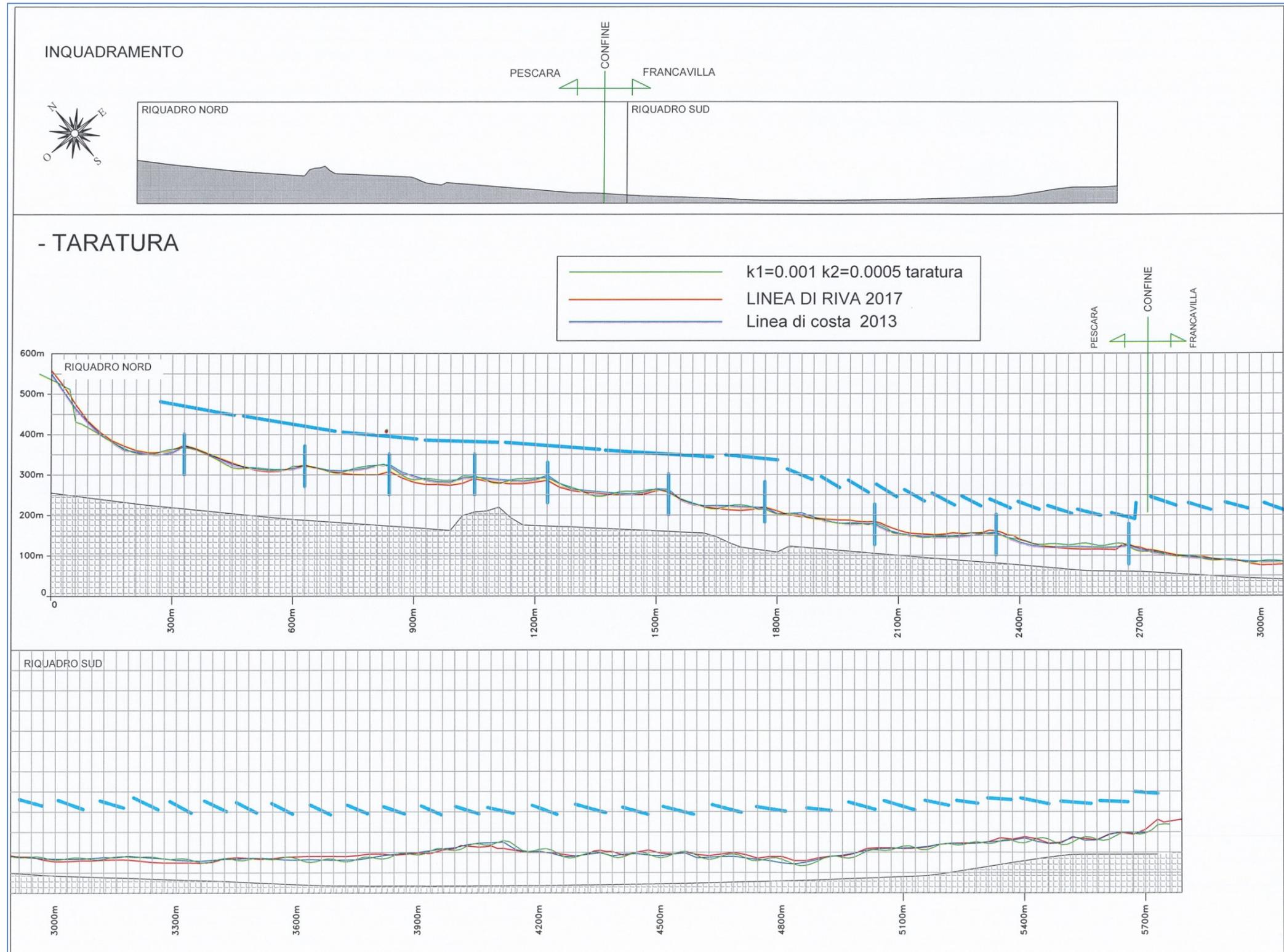


Fig. 47

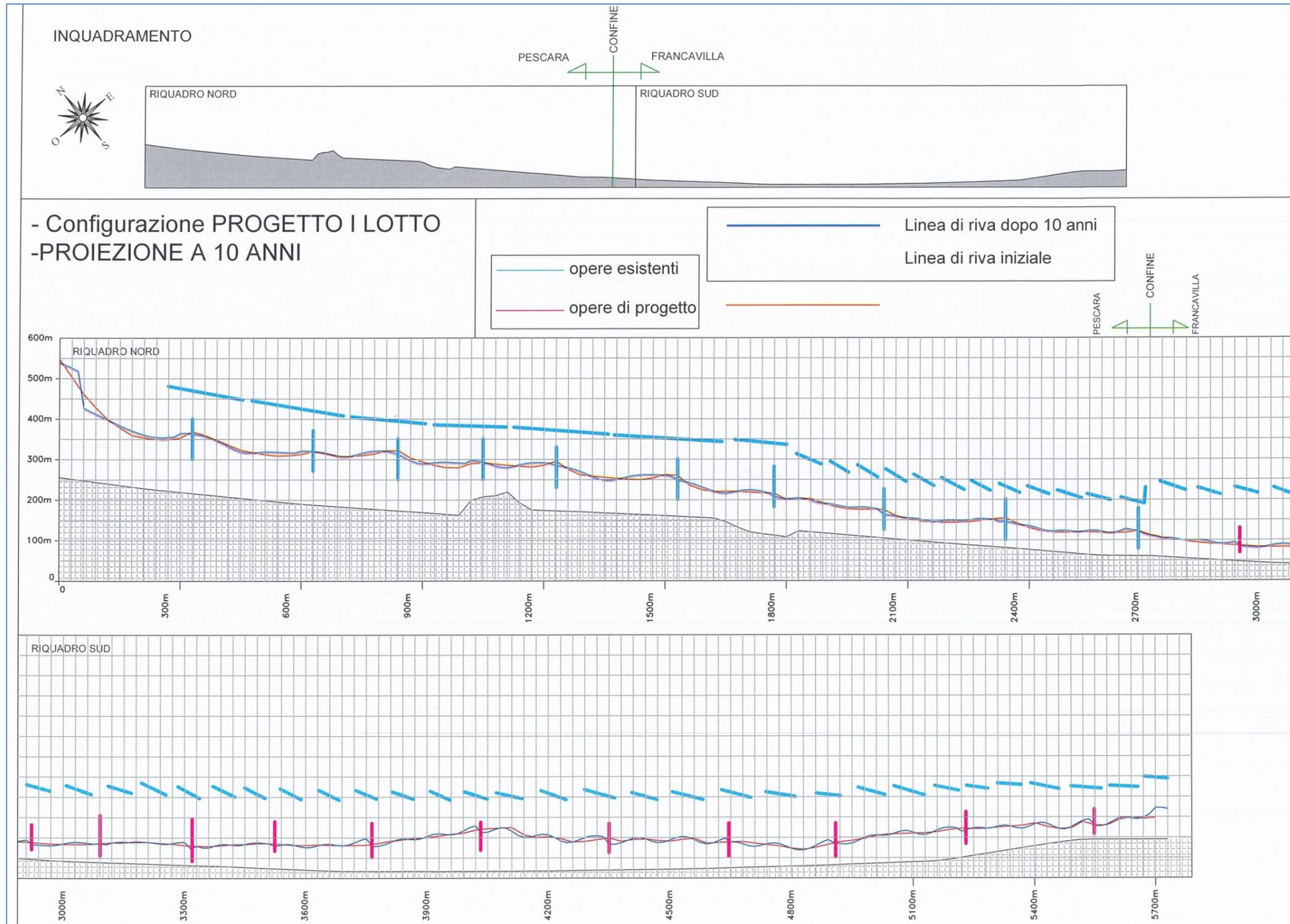


Fig. 48

R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera

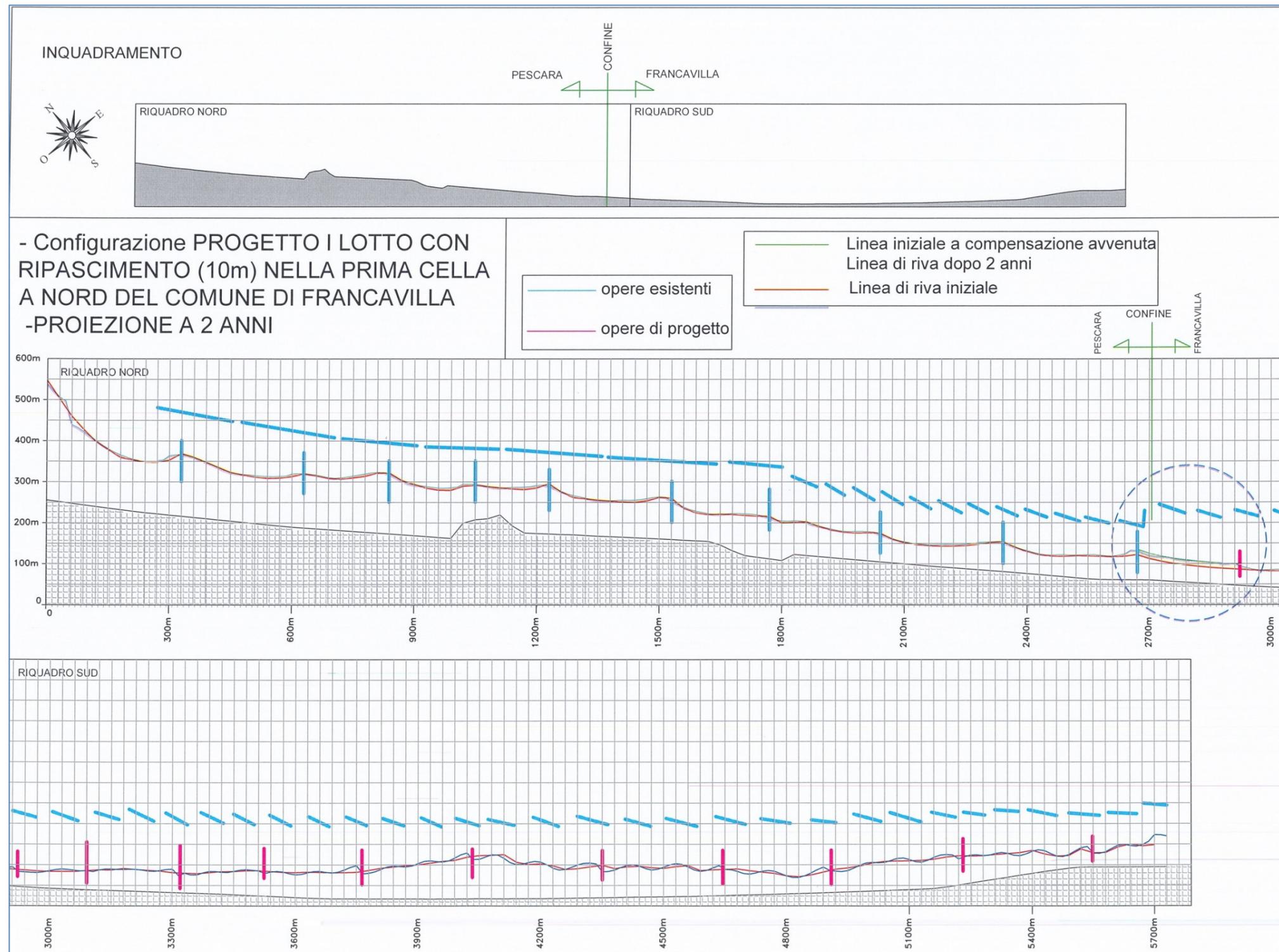


Fig. 49

R.04- Relazione Specialistica sulla Morfodinamica e Idrodinamica costiera

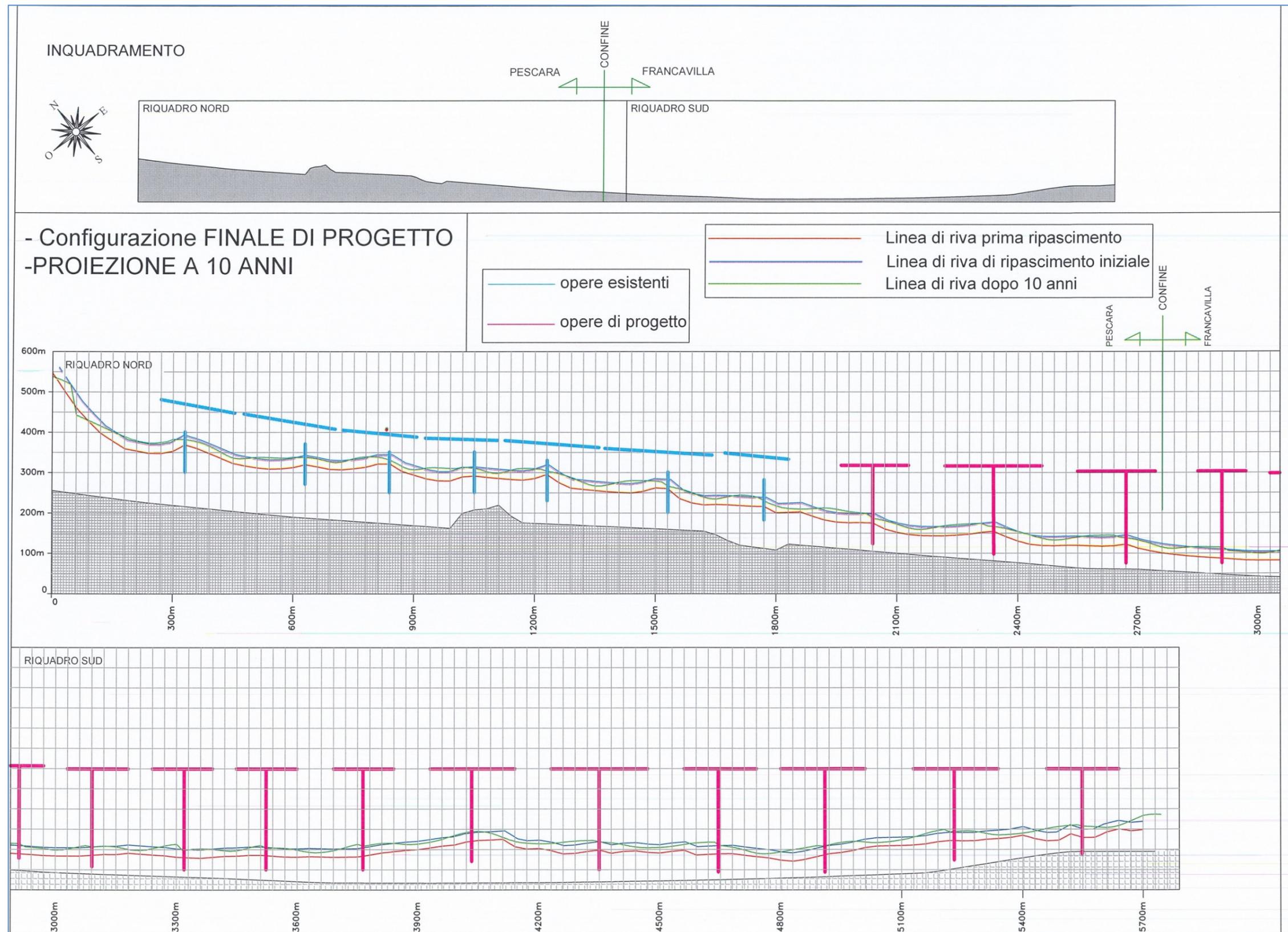


Fig. 50