



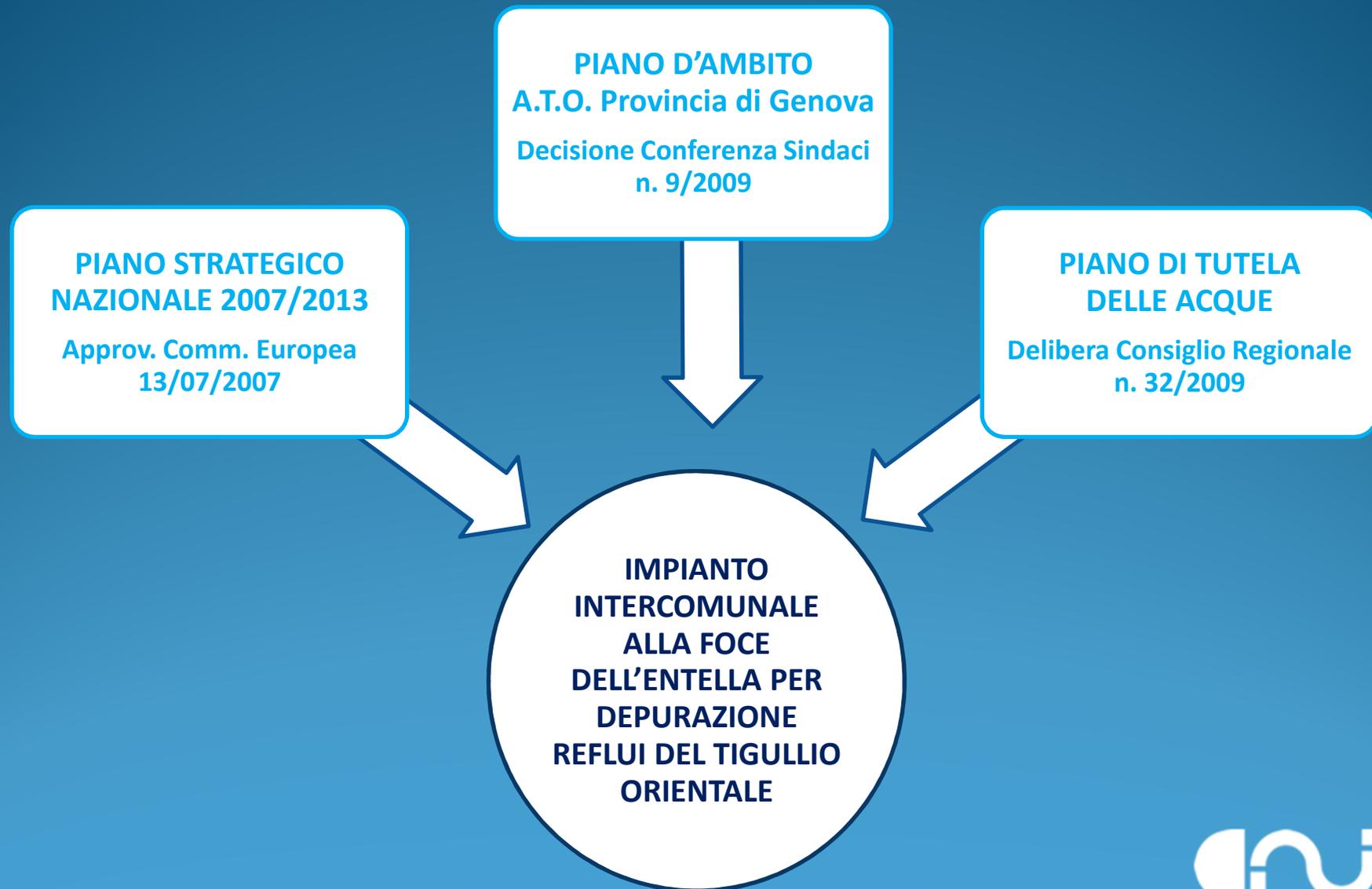
*Lavagna (GE), 27 marzo 2014*

# Sulle condizioni di rischio idraulico in relazione alla realizzazione del nuovo impianto di depurazione alla foce del fiume Entella



**DIST**  
Dipartimento Interateneo  
di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio  
POLITECNICO E UNIVERSITA' DI TORINO

# PREMESSE



# PREMESSE



*Lavagna*



*Cogorno*



*Carasco*



*Ne*



*Castiglione*



*Casarza*



*Sestri L.*

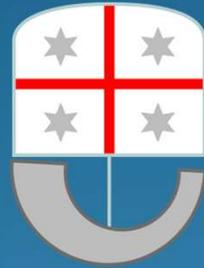
NON CORRETTA APPLICAZIONE DIRETTIVA 91/271/CEE  
SUL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE



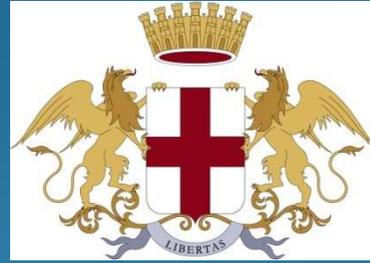
04 aprile 2011

APERTURA PRECONTENZIOSO COMUNITARIO  
(Caso EU-Pilot 1976/11/ENVI)

# PREMESSE



REGIONE LIGURIA



PROVINCIA DI GENOVA



LAVAGNA



COGORNO



CARASCO



NE



CASTIGLIONE



CASARZA



SESTRI L.



## PROTOCOLLO D'INTESA

# PREMESSE

## Estratto dal Protocollo d'Intesa:

**Art. 3 – Punto 1:** il progetto definitivo dell'opera dovrà essere preliminarmente supportato da uno studio dell'intero bacino interessato, con particolare attenzione agli effetti che potrebbero verificarsi e/o derivare dall'esecuzione dell'area di colmata alla foce del fiume Entella. In particolar modo dovranno essere date tutte le garanzie tecniche, anche con procedure di prova ricorrendo a simulazioni in vasca, sugli effetti che l'eventuale colmata potrebbe provocare al normale deflusso del fiume, sulle eventuali ricadute a monte nonché sull'eventuale limitazione di apporto di materiale utile al ripascimento della costa.

**TALE STUDIO DOVRÀ ESSERE REDATTO CON L'AUSILIO DI ENTI ESTERNI QUALIFICATI E INDIPENDENTI ANCHE A LIVELLO UNIVERSITARIO.** In particolare la colmata non dovrà:

- influenzare e/o creare possibili fenomeni erosivi della costa;
- influenzare negativamente negli eventi di piena il deflusso del fiume Entella;
- influenzare il trasporto solido dei sedimenti sia perpendicolarmente che parallelamente alla costa

# SULL'INCARICO AL DIST



**DIST**  
Dipartimento Interateneo  
di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio  
POLITECNICO E UNIVERSITA' DI TORINO

**INCARICO VOLTO AD ANALIZZARE LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO  
SOTTO IL PROFILO IDRAULICO E TERRITORIALE**

**(DICEMBRE 2013)**

# PROGRAMMA DI LAVORO E AVANZAMENTO

# 1

- COSTITUZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO



# 2

- INCONTRI, RIUNIONI E SOPRALLUOGHI PRELIMINARI



# 3

- ACQUISIZIONE E ANALISI DOCUMENTAZIONE E DATI TECNICI DISPONIBILI



# 4

- RACCOLTA ISTANZE DEGLI STAKEHOLDERS E RICHIESTE DI APPROFONDIMENTO



# 5

- ESECUZIONE DEGLI APPROFONDIMENTI RICHIESTI

# 6

- ULTERIORI EVENTUALI INCONTRI, RIUNIONI E SOPRALLUOGHI

# 7

- PRESENTAZIONE RISULTATI DEFINITIVI

# IL GRUPPO DI LAVORO



**RICCARDO ROSCELLI**  
Professore Ordinario (DIST)  
Docente di Valutazioni  
Responsabile del Gruppo di Lavoro



**GIULIO MONDINI**  
Professore Ordinario (DIST)  
Docente di Valutazioni



**PIERO BOCCARDO**  
Professore Associato (DIST)  
Docente di Topografia e Cartografia



**MAURIZIO ROSSO**  
Professore Aggregato (DIATI)  
Docente di Idraulica



**ALESSANDRO PEZZOLI**  
Professore Aggregato (DIST)  
Docente di Oceanografia  
e Fisica dell'Atmosfera



**SANTO LA FERLITA**  
Ingegnere Ambiente e Territorio  
Protezione idraulica del territorio



**RACCOLTA ISTANZE DEGLI STAKEHOLDERS E RICHIESTE DI APPROFONDIMENTO  
CUI IL GRUPPO DI LAVORO FORNIRÀ RISCONTRO IN UN PROSSIMO INCONTRO**



**AVVIO DELLE VALUTAZIONI DI IMPATTO AMBIENTALE**



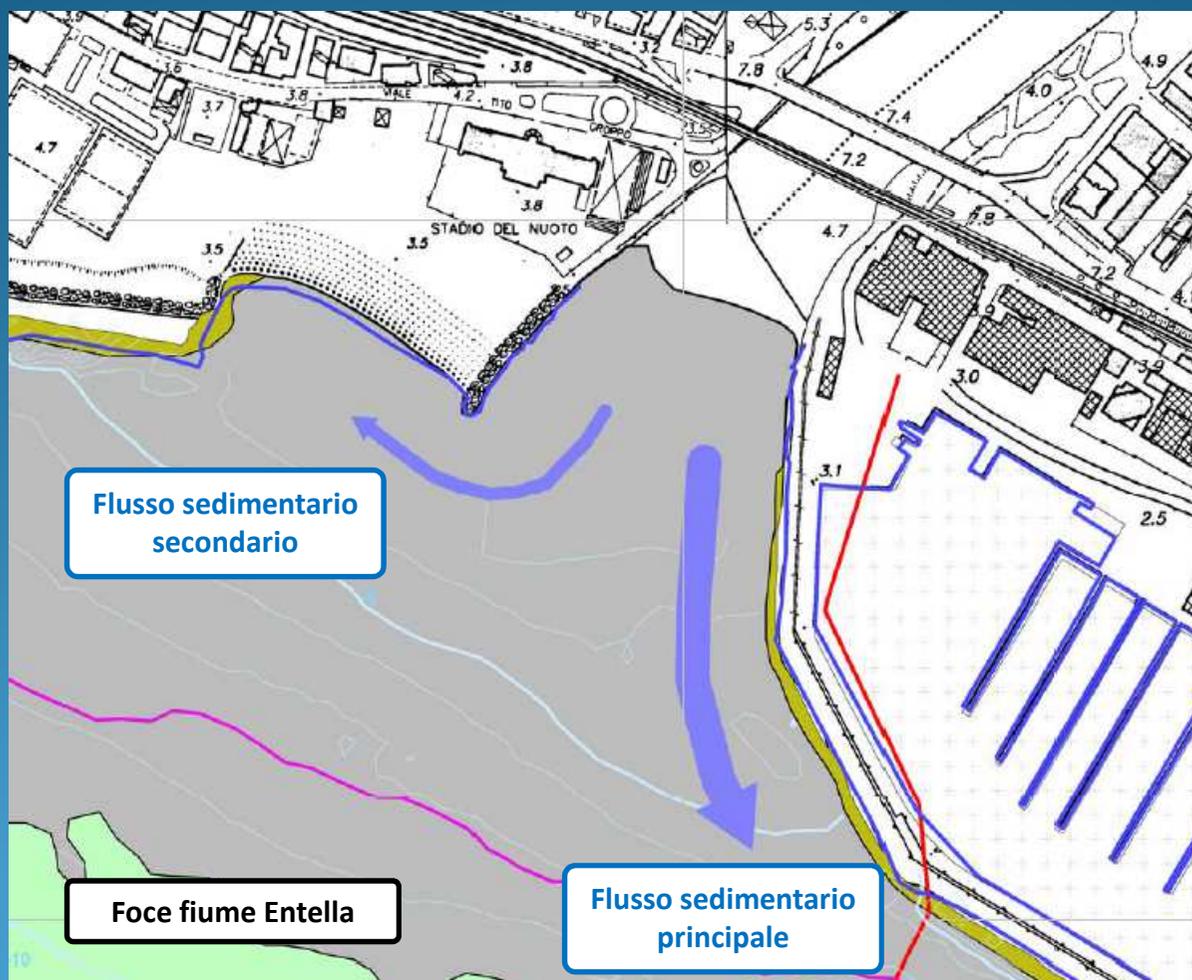
**MAURIZIO ROSSO**  
Professore Aggregato (DIATI)  
Docente di Idraulica

**ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE  
E DEI DATI AD OGGI DISPONIBILI**

# DOCUMENTAZIONE E DATI DISPONIBILI

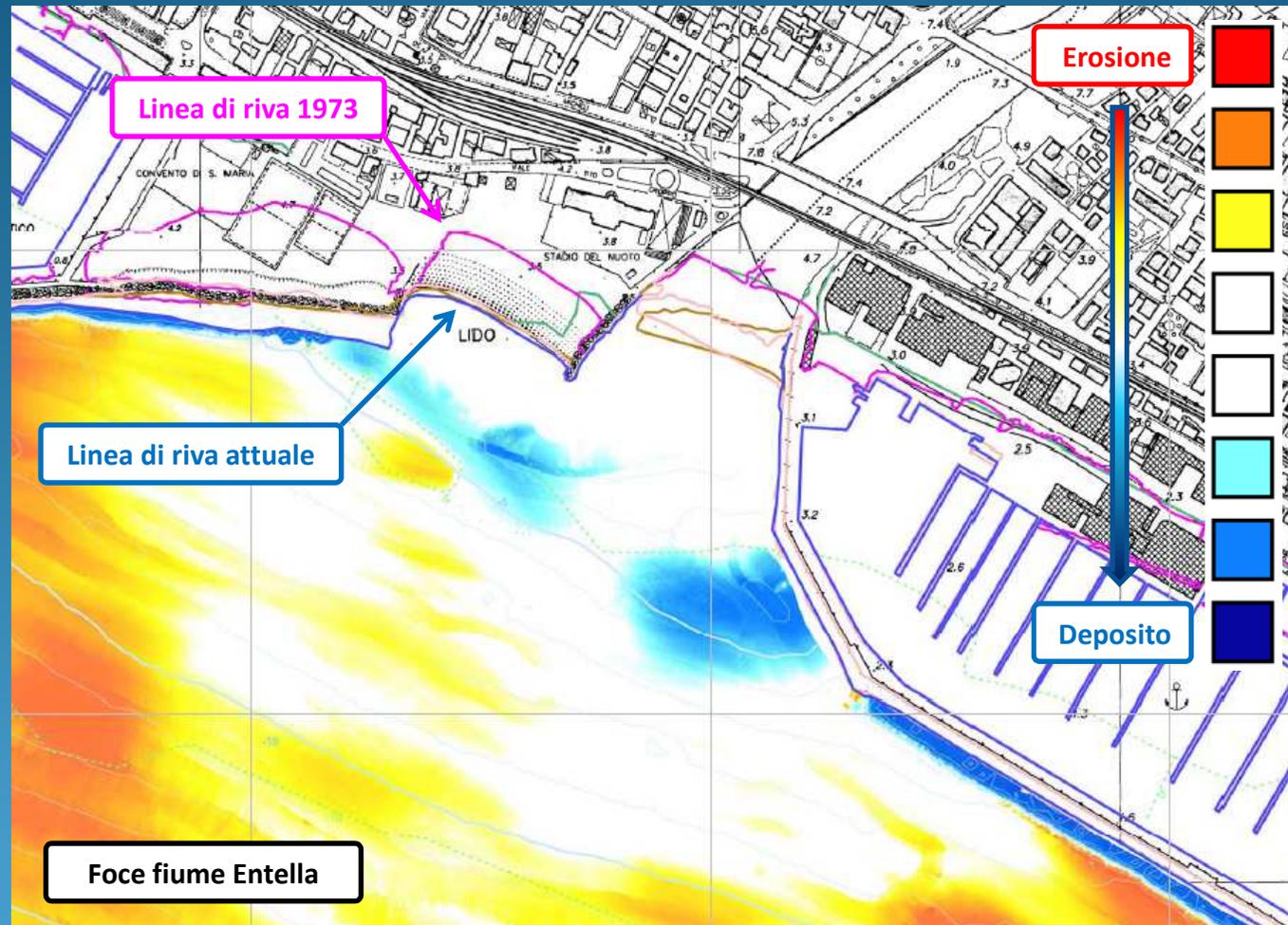
- PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO – PARAGGIO ENTELLA;
- PROGETTO DEFINITIVO DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME ENTELLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE 1° LOTTO DALLA FOCE AL PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE;
- STUDIO DI FATTIBILITÀ DEL NUOVO DEPURATORE CONSORTILE CENTRALIZZATO PER I COMUNI DELL'AREA DEL TIGULLIO DA REALIZZARSI IN AREA DI COLMATA ALLA FOCE DEL F. ENTELLA;
- PIANO DI BACINO DEL FIUME ENTELLA;
- PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE;
- PIANO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE (A.T.O.) DELLA PROVINCIA DI GENOVA;
- “LA STORIA DELLA RICOSTRUZIONE DI UNA SPIAGGIA DISTRUTTA DALLE MAREGGIATE A LAVAGNA” – TERRANOVA R. (2008);
- CARTOGRAFIA TECNICA.

# PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO - PARAGGIO ENTELLA -



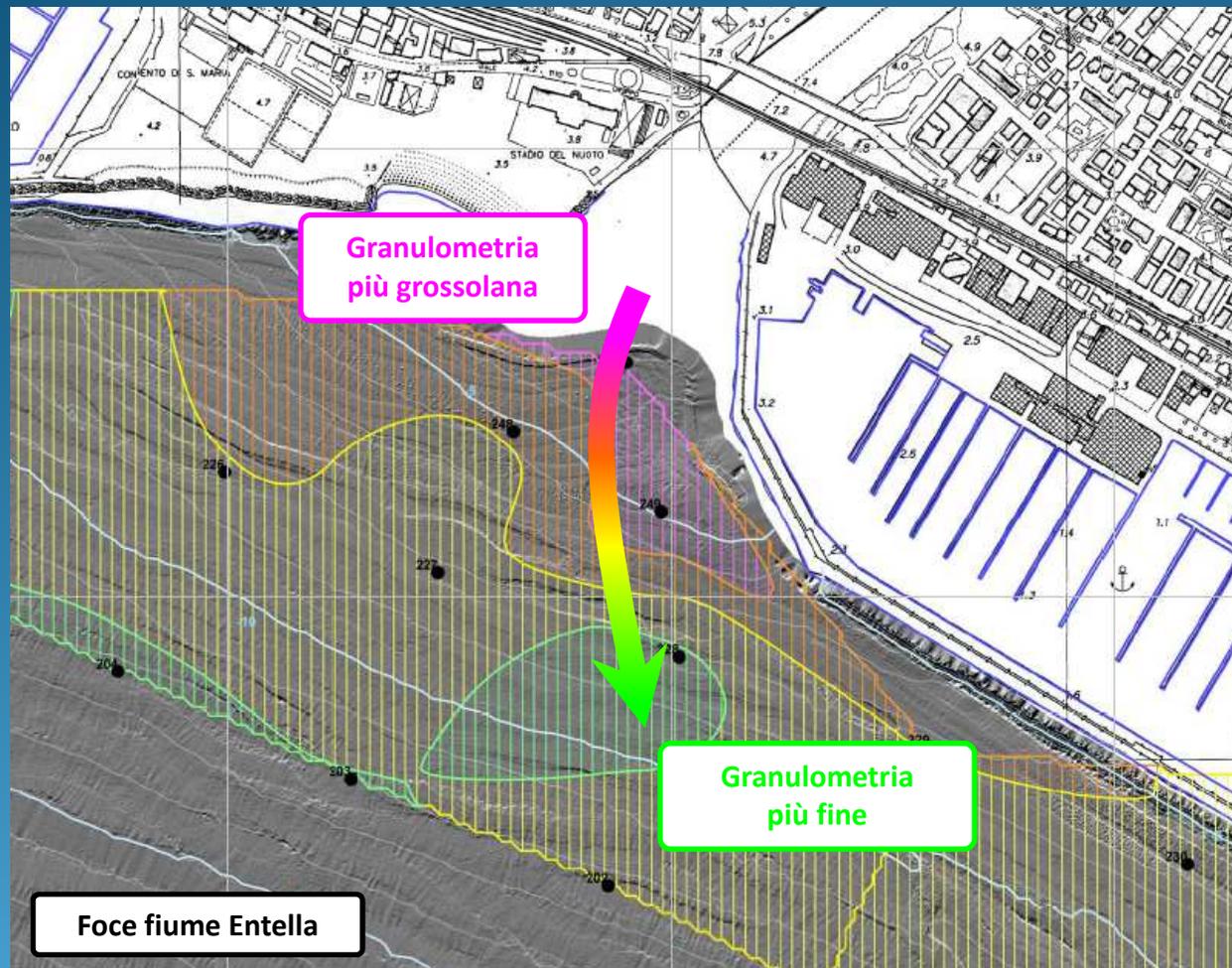
ESTRATTO CARTA C05 "SINTESI DEI PROCESSI COSTIERI"

# PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO - PARAGGIO ENTELLA -



ESTRATTO CARTA C03 "EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA"

# PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO - PARAGGIO ENTELLA -



	0.25-0.35 mm
	0.177-0.25 mm
	0.125-0.177 mm
	0.088-0.125 mm

SABBIE MEDIE E FINI

ESTRATTO CARTA C04 "MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA"

# PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO - PARAGGIO ENTELLA -

TRASPORTO SOLIDO MEDIO ANNUO  
FIUME ENTELLA (S = 370 km<sup>2</sup>)



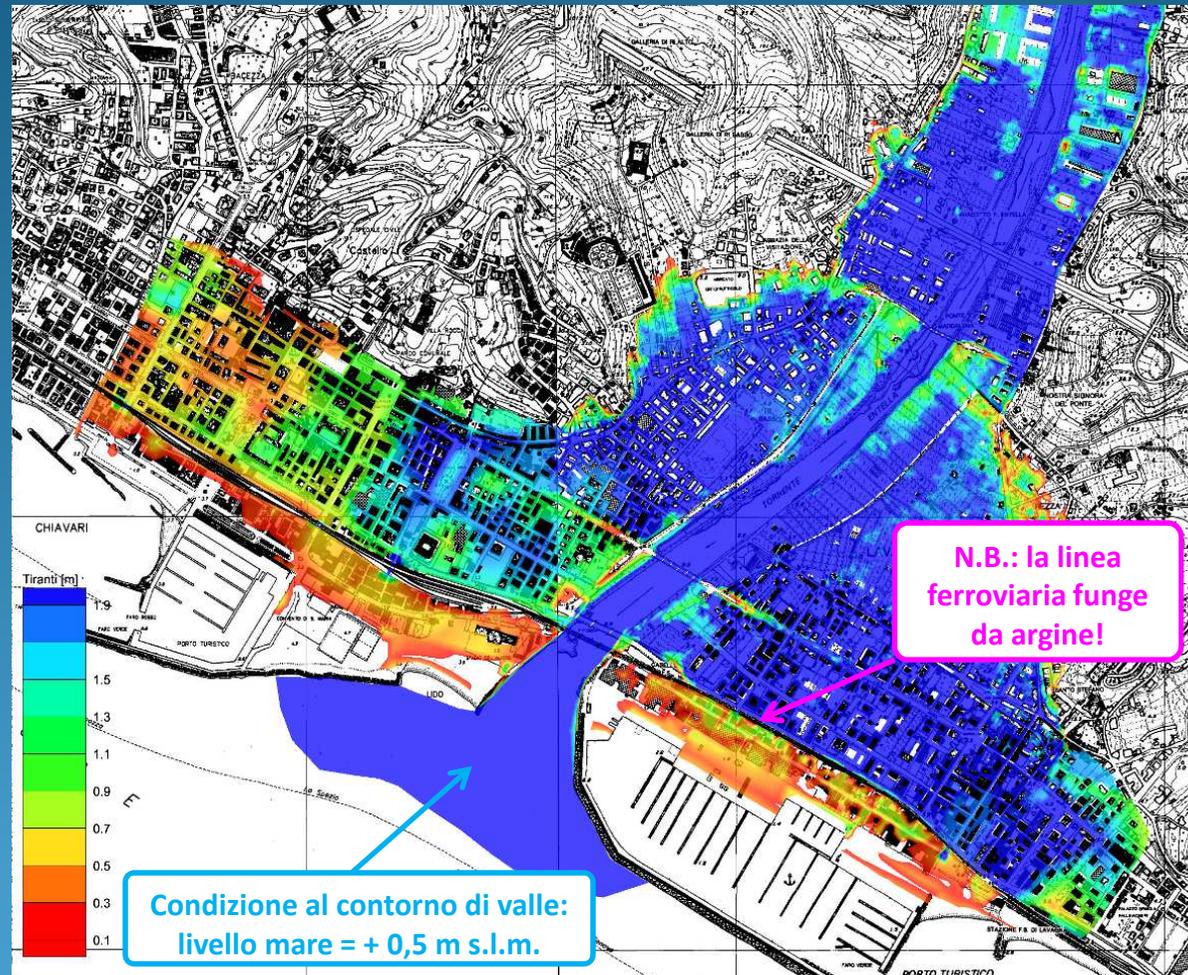
30'000 ÷ 50'000 m<sup>3</sup>

MISURE DI INTERVENTO PREVISTE



1. Dragaggio spiaggia sommersa a profondità comprese tra 0 e 6 m, per un volume stimabile in almeno 300'000 m<sup>3</sup>, da utilizzare per il ripascimento artificiale dei paraggi confinanti (Lavagna e Chiavari);
2. Prelievi annuali dalla barra di foce dell'Entella, quando presente, per attività di manutenzione delle spiagge dei paraggi limitrofi. I volumi sono da stabilire in base alle esigenze di manutenzione delle spiagge dell'intera unità fisiografica ed all'entità annua della barra di foce. Il sistema dovrebbe essere in grado di sopportare tranquillamente un prelievo annuo dell'ordine di 20'000 m<sup>3</sup>.

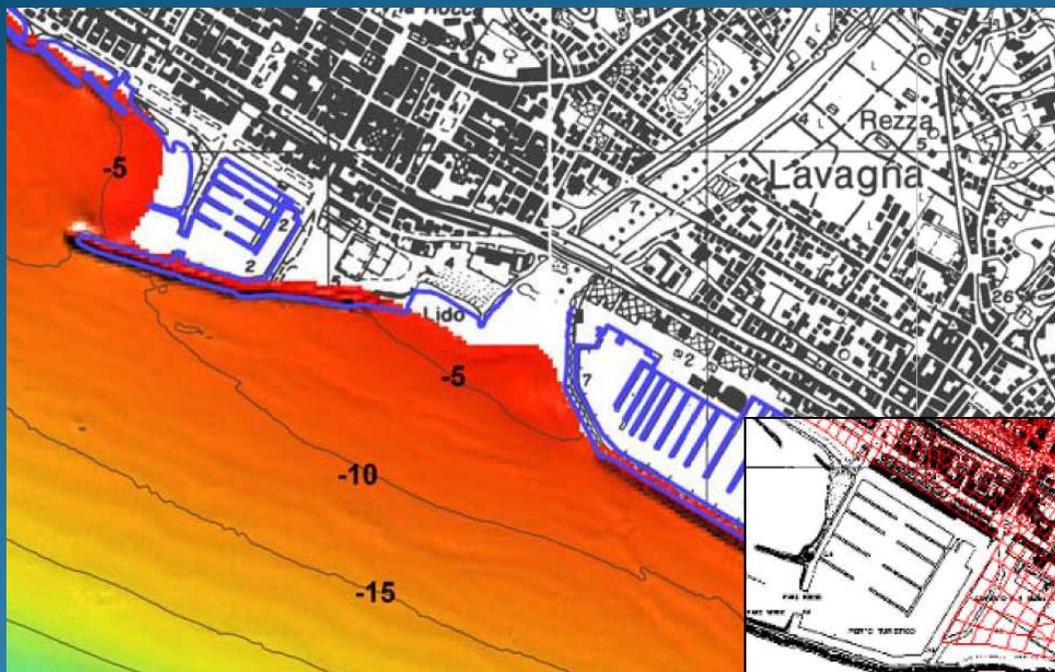
# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA



MASSIMI ALLAGAMENTI PER PORTATA TR = 200 ANNI (2'739 m<sup>3</sup>/s)

SITUAZIONE ATTUALE

# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTEELLA



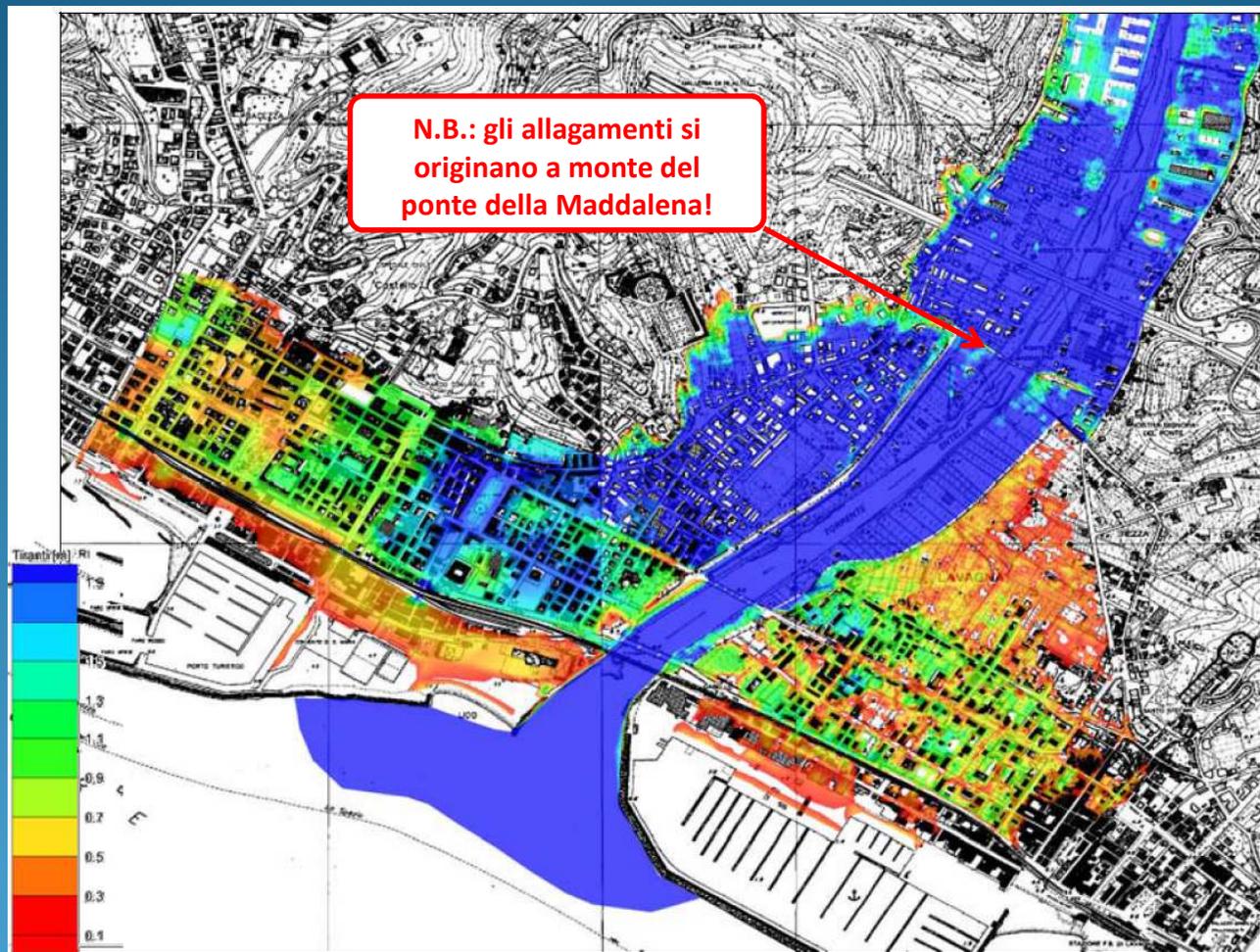
PTAMC  
ESTRATTO CARTA C01 "BATIMETRIA"



MESH DI CALCOLO (GEOMETRIA) DEL  
MODELLO NUMERICO IDRAULICO 2D

La mesh di calcolo comprende il conoide di deiezione sottomarino e si estende circa sino alla isobata -7,5 m s.l.m.

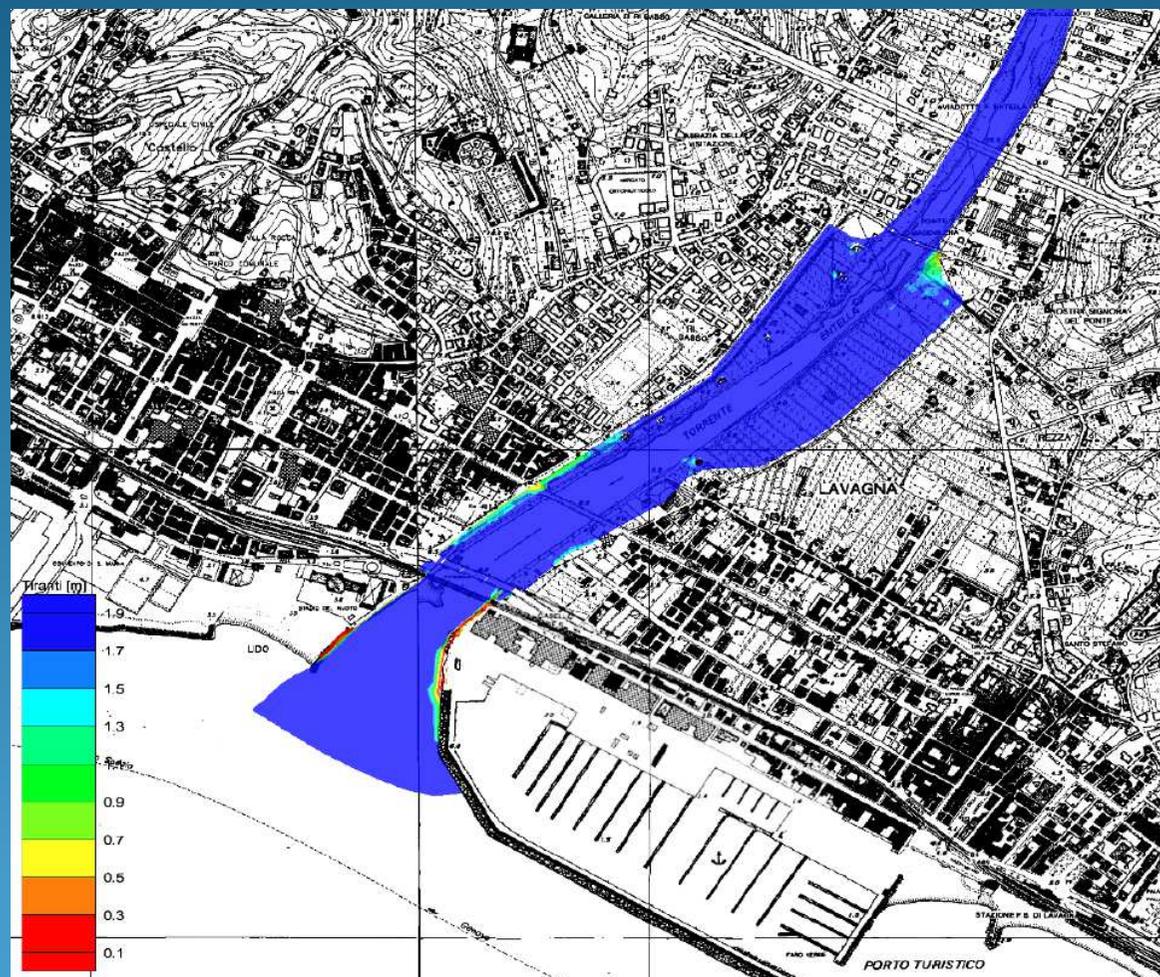
# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA



MASSIMI ALLAGAMENTI PER PORTATA TR = 200 ANNI (2'739 m<sup>3</sup>/s)

DOPO PARZIALE INTERVENTO (A VALLE)

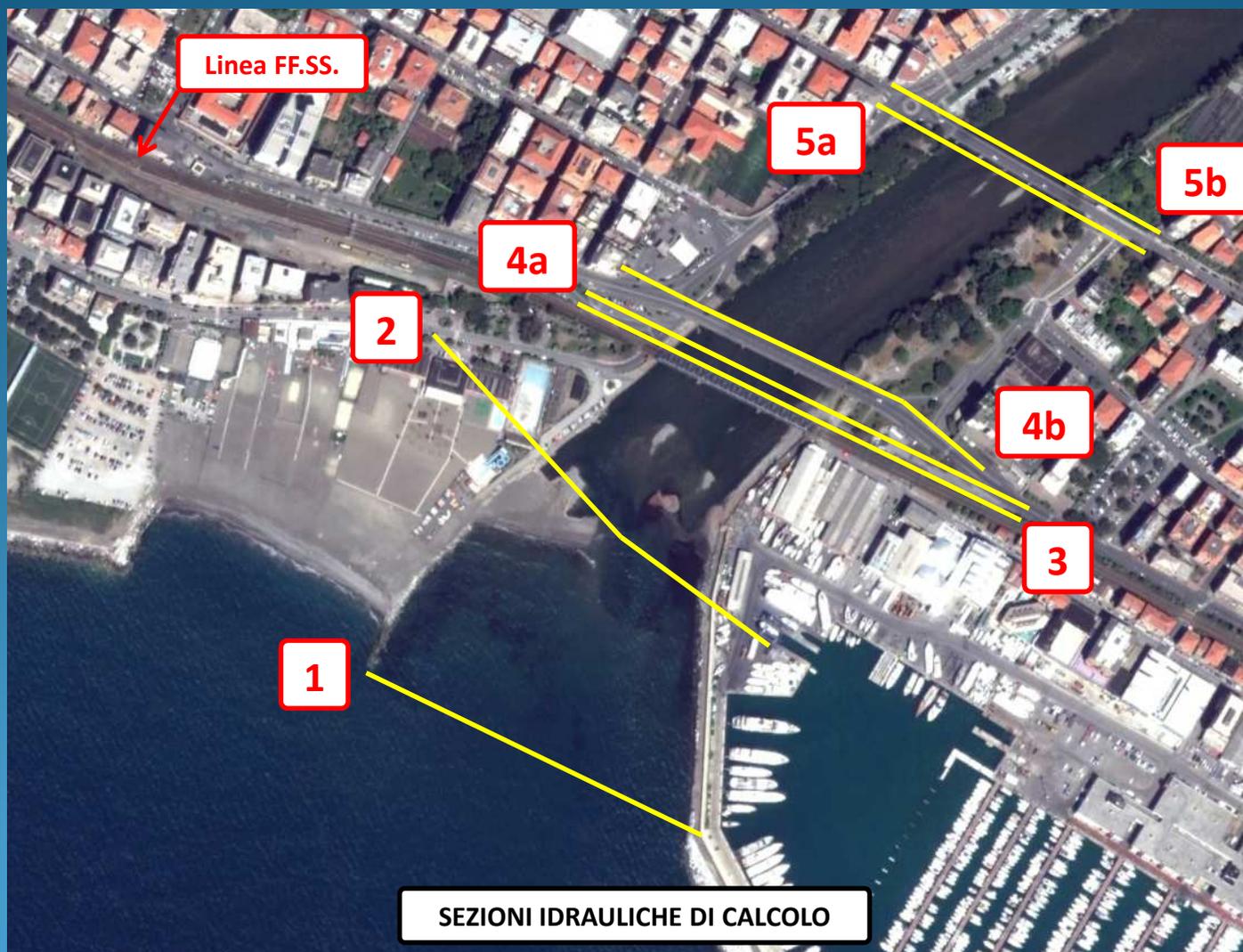
# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA



MASSIMI ALLAGAMENTI PER PORTATA TR = 200 ANNI ( $2'739 \text{ m}^3/\text{s}$ )

DOPO INTERVENTI DI VALLE E DI MONTE

# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA



# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA

Sezione	Stato di Fatto T 200 anni CCV 0.5 m s.l.m. (A)			Stato di Fatto T 200 anni CCV 1 m s.l.m. (B)			Differenza (B-A)		
	Golena SX (m s.l.m.)	Alveo Centrale (m s.l.m.)	Golena DX (m s.l.m.)	Golena SX (m s.l.m.)	Alveo Centrale (m s.l.m.)	Golena DX (m s.l.m.)	Golena SX (m)	Alveo Centrale (m)	Golena DX (m)
1	0.64	0.58	0.52	1.13	1.09	1.02	0.49	0.51	0.50
2	0.61	0.64	0.66	1.11	1.15	1.20	0.50	0.51	0.54
3	1.85	2.26	2.62	1.80	2.29	2.61	-0.06	0.03	-0.01
4a	1.92	1.77	2.18	1.94	1.78	2.24	0.02	0.01	0.06
4b	2.82	2.52	2.51	2.81	2.52	2.51	-0.02	0.00	0.00
5a	4.60	4.36	4.21	4.60	4.36	4.21	0.00	0.00	0.00
5b	5.20	5.17	5.19	5.20	5.17	5.19	0.00	0.00	0.00

**ATTUALE**

Sezione	Finale T 200 anni CCV 0.5 m s.l.m. (A)			Finale T 200 anni CCV 1 m s.l.m. (B)			Differenza (B-A)		
	Golena SX	Alveo Centrale	Golena DX	Golena SX	Alveo Centrale	Golena DX	Golena SX	Alveo Centrale	GolenaDX
1	0.65	0.58	0.52	1.16	1.09	1.02	0.51	0.51	0.50
2	0.61	0.68	0.65	1.11	1.15	1.22	0.50	0.47	0.57
3	2.26	2.49	2.69	2.21	2.51	2.71	-0.05	0.01	0.02
4a	2.28	2.01	2.05	2.30	2.00	2.07	0.02	-0.01	0.02
4b	2.97	2.66	2.74	2.96	2.68	2.74	-0.01	0.02	0.00
5a	4.77	4.75	4.76	4.77	4.75	4.76	0.00	0.00	0.00
5b	4.78	4.82	4.82	4.78	4.82	4.82	0.00	0.00	0.00

**PROGETTO**

CONDIZIONE AL CONTORNO DI VALLE: +1 m INVECE DI +0,5 m

# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA

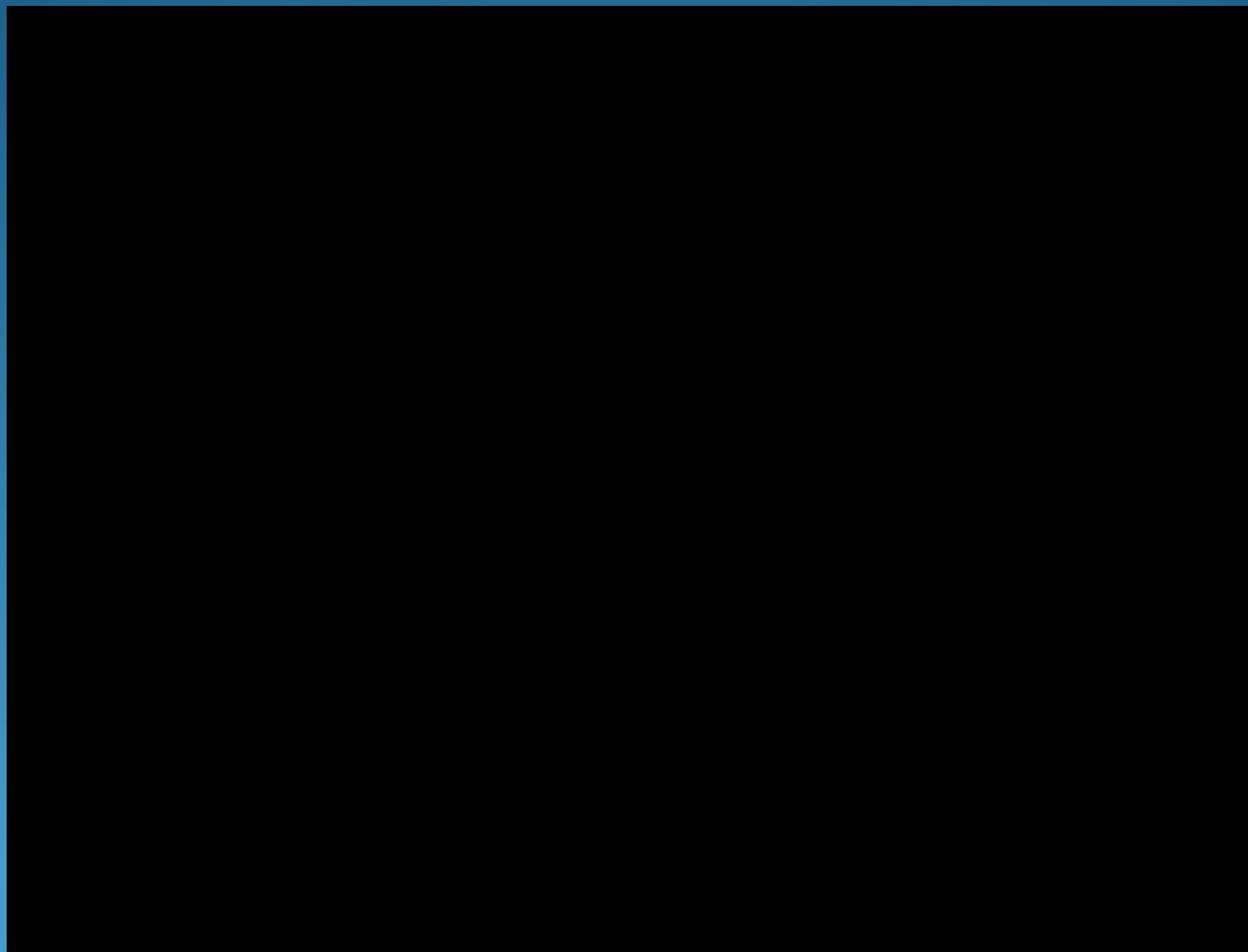
“Come si può notare dai raffronti condotti nelle precedenti tabelle sia per le simulazioni di Stato di Fatto che per quelle di Stato di Progetto in cui si prevede la sistemazione complessiva dell'Entella sia nel tratto vallivo che in quello a monte (simulazione di 1°lotto M+2°lotto), l'applicazione di una condizione di valle maggiormente gravosa (ulteriore innalzamento di 50 cm del livello del mare alla foce) **comporta la modifica significativa dei livelli solo in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2.**

Questo è dovuto al fatto che la corrente in corrispondenza del ponte della Ferrovia (sezione 3) e del ponte di Via Previati (sezione 4a) passa in critica, **creando così una sconnessione idraulica che permette all'innalzamento dei livelli di valle di non ripercuotersi a monte.**

**Quindi anche qualora si verificasse la concomitanza di una piena eccezionale con alti livelli del mare ciò non aggraverebbe le condizioni di allagamento lungo l'Entella.**

Ad ogni buon conto, tenuto conto comunque delle incertezze e delle particolari condizioni idrodinamiche di tale tratto, **gli interventi di cui al presente progetto realizzati intorno alle sezioni 3-4a vengono dimensionati con un franco di sicurezza superiore a quello minimo.**”

# INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TRATTO TERMINALE DEL BACINO DELL'ENTELELLA



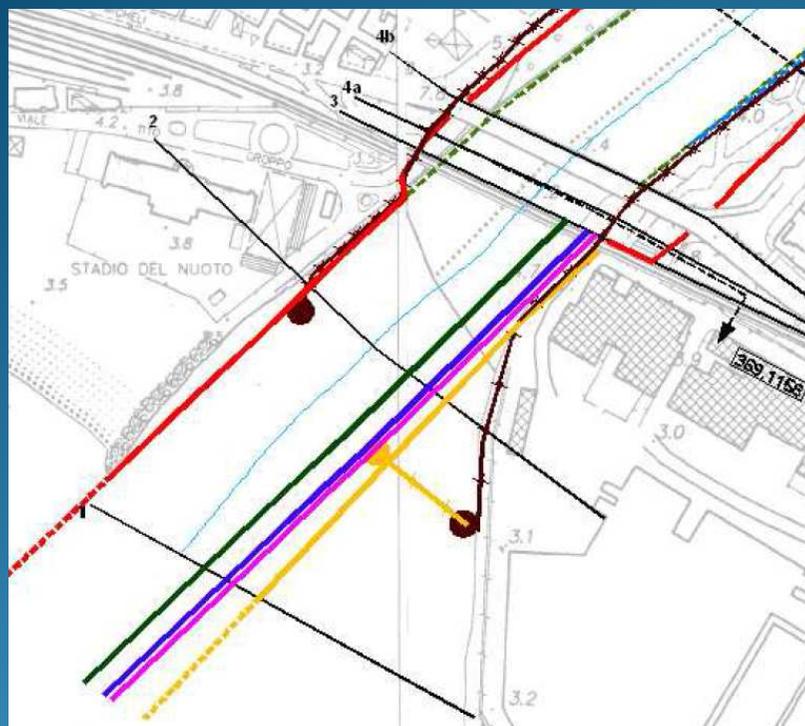
21/01/2009: fiume Entella in piena alla foce (fonte: Youtube)

# STUDIO PER LA REALIZZAZIONE DI UN'AREA DI COLMATA ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA\*

- *A) 1° lotto*
  - Scenario considerato nel progetto “*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale - 1° lotto dalla foce al P.te della Maddalena*” nel quale la foce ha una larghezza media di 115 metri (variabile tra 110 m e 120 m).
- *B) 1° lotto – foce allungata*
  - Scenario considerato nel progetto “*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale - 1° lotto dalla foce al P.te della Maddalena*” nel quale la foce ha una larghezza media di 115 metri, con ulteriore allungamento dei moli rispetto a questo scenario di 120 metri.
- *D) 105 m - foce allungata*
  - Restringimento della foce rispetto agli scenari A e B a 105 metri e allungamento dei moli di 120 metri rispetto alla simulazione A
- *E) 100 m - foce allungata*
  - Restringimento della foce rispetto agli scenari A e B a 100 metri e allungamento dei moli di 120 metri rispetto alla simulazione A
- *F) 85 m - foce allungata*
  - Restringimento della foce rispetto agli scenari A e B a 85 metri e allungamento dei moli di 120 metri rispetto alla simulazione A

\*Ing. D. Cerlini su incarico di Sviluppo Genova (2009)

# STUDIO PER LA REALIZZAZIONE DI UN'AREA DI COLMATA ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA



**SCENARI SIMULATI**

ASSE DELL'ENTEELLA  
 1a — SEZIONI DI RILIEVO 2006 (TO RRENTE ENTEELLA)  
 SEZIONI DI RILIEVO ENTEELLA (PROGETTO PRELIMINARE 2004)  
 LIMITE ALVEO DI MAGRA ATTUALE

INTERVENTI INSERITI NEL PROGETTO PRELIMINARE 1° LOTTO DELLA PROVINCIA DI GENOVA (2007)

RETE FOGNARIA METEORICA  
 NUOVI PUNTI DI SCARICO CON EVENTUALE PRESIDIO QUALITATIVO  
 LINEA DI CONTENIMENTO

INTERVENTI ESCLUSI DAL SUDDETTO PROGETTO MA INSERITI NELL'ASSETTO IDRAULICO/URBANISTICO/AMBIENTALE PREVISTO

LINEA DI CONTENIMENTO  
 ADEGUAMENTO MANUFATTO  
 NUOVO TRATTO DI RETE FOGNARIA METEORICA

CONFIGURAZIONI MOI SIMULATE

molo sinistro

FOCE NELLA CONFIGURAZIONE PR. GENOVA (largh. variabile tra 110 m e 120 m)  
 FOCE ALLUNGATA E CONFIGURAZIONE PR. GENOVA (largh. varia tra 110 m e 120 m)  
 FOCE ALLUNGATA E LARGHEZZA FOCE = 105 m  
 FOCE ALLUNGATA E LARGHEZZA FOCE L = 100 m  
 FOCE ALLUNGATA E LARGHEZZA FOCE L = 85 m

molo destro

PROLUNGAMENTO DEL MOLO DESTRO (eventuale)

# STUDIO PER LA REALIZZAZIONE DI UN'AREA DI COLMATA ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

“Analizzando le diverse soluzioni in relazione ad un evento duecentennale, l’innalzamento dei livelli prodotto dalla modifica della foce (...) risulta praticamente impercettibile nel caso di solo allungamento della foce: 4 cm a valle del ponte ferroviario che va praticamente ad annullarsi a monte del ponte di Corso Buenos Aires.

Nello scenario che prevede un restringimento della foce a 105 m si verifica un incremento dei livelli prossimo ai 20 cm nella zona dei ponti ferroviario e di via Previati e inferiore a 15 cm in corrispondenza con il ponte di corso B. Aires, innalzamento che si va a ridurre risalendo verso monte e si va praticamente ad annullare in corrispondenza del ponte della Maddalena.

Gli scenari che prevedono un restringimento maggiore della foce causano un innalzamento più significativo dei livelli rispetto allo scenario di 1° lotto che supera i 60 cm in corrispondenza del ponte ferroviario nello scenario con foce ristretta a 85 metri.

Lo scenario quindi proposto nel presente studio, che prevede il solo allungamento della foce senza ulteriore restringimento (...), produce un trascurabile innalzamento dei livelli sia in termini di altezza che di estensione longitudinale. (...)”

# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA



12 luglio 2012

## STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE CONSORTILE CENTRALIZZATO PER I COMUNI DELL'AREA DEL TIGULLIO DA REALIZZARSI IN AREA DI COLMATA ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

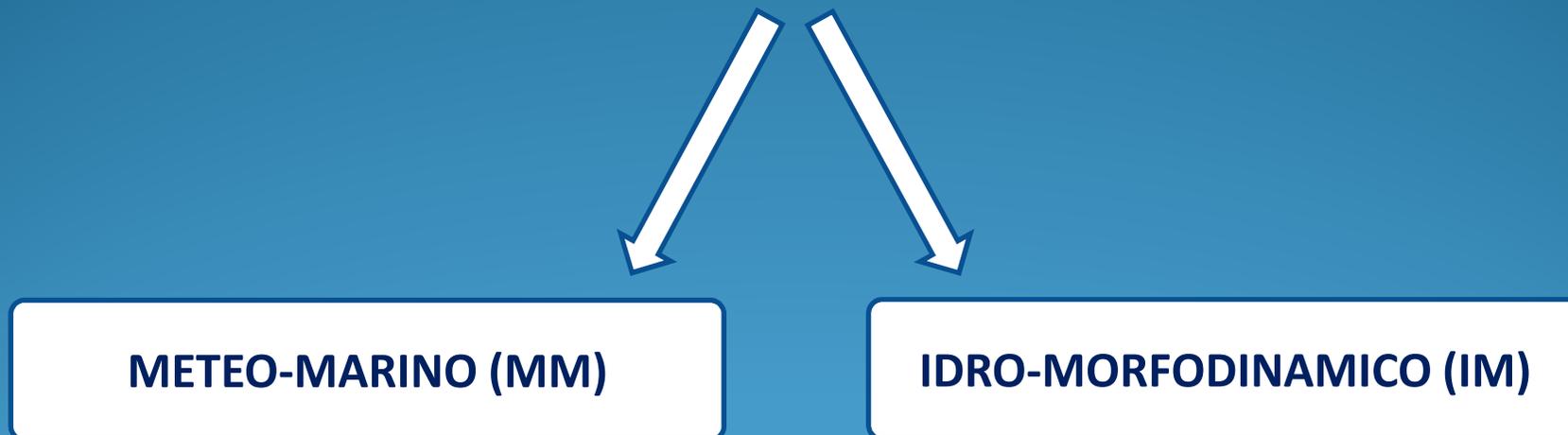
**COORDINAMENTO:** Ufficio Tecnico Mediterranea delle Acque – ing. G. Fontana

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:** ing. E. Gallarati + STUDIOELB Ingegneri Associati (ing. E. La Barbera + altri)

**CONSULENZA TECNICA:** DEAM s.r.l. (dott.ssa B. Guida)

# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

L'ANALISI DI FATTIBILITA' E' STATA SVOLTA SULLA BASE DI UNO  
STUDIO ARTICOLATO IN DUE SEZIONI



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

# 1

- ANALISI DATI PRELIMINARI E DEFINIZIONE AREA DI STUDIO



# 2

- REGIME ANEMOLOGICO



# 3

- MOTO ONDOSO



# 4

- LIVELLO DEL MARE



# 5

- CORRENTI MARINE



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 1 – ANALISI DATI PRELIMINARI E DEFINIZIONE AREA DI STUDIO

- misure di moto ondoso effettuate dalla boa ondometrica ubicata alla profondità di 100 m al largo di La Spezia alle coordinate 43° 55.7' N e 9° 49.6' E. L'ondametro direzionale fa parte della Rete Ondometrica Nazionale (RON) del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale;
- dati di vento ricostruiti dal noto modello numerico ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasting) di Reading, Inghilterra [rif. 1] relativi ad un punto al largo del Golfo di Moneglia (**Fig. 2.1**);
- dati batimetrici generali, desunti dalla carta nautica n° 3 “Da Portofino a S. Rossore”, in scala 1:100.000, emessa dall'Idrografico della Marina e dati batimetrici a scala di unità fisiografica desunti da carte nautiche digitali;
- dati mareografici desunti da “Admiralty Tide Tables” Vol. 1, edito da “Hydrographer of the Navy”, Gran Bretagna;
- dati progettuali forniti dal Committente: in **Fig. 2.2** è riportata la planimetria di progetto;
- studio idraulico di dettaglio del tratto terminale del torrente Entella [rif. 2].

# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

*1 – ANALISI DATI PRELIMINARI E DEFINIZIONE AREA DI STUDIO*



Golfo del Tigullio



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

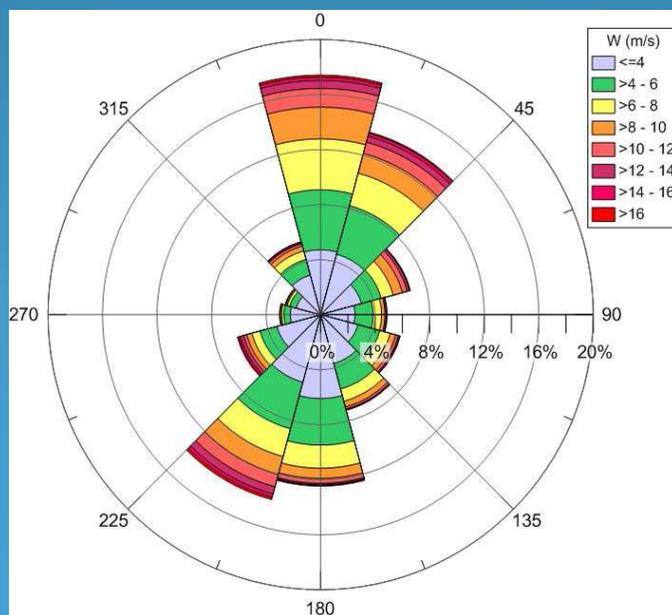
## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 2 – REGIME ANEMOLOGICO

La distribuzione dell'intensità del vento per direzione di provenienza desunta dai dati ECMWF.

Il regime medio annuale del vento presenta una prevalenza dei settori 0-30°N (circa il 31% dei dati), 180-210°N (circa il 26% dei dati).

Per quanto concerne le intensità, le calme rappresentano circa il 16% del totale, gli eventi con velocità inferiore a 4 m/s sono circa il 43%, quelli con intensità minore di 8 m/s sono circa l'82%, mentre il 4% circa presenta velocità maggiori di 12 m/s.

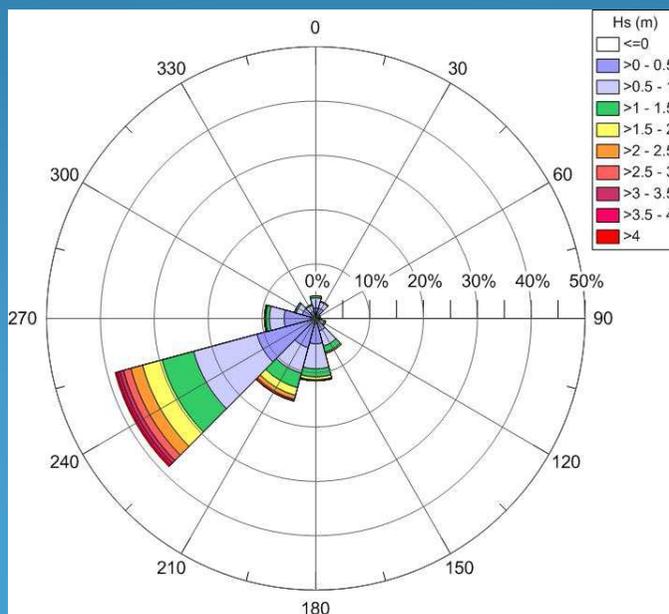


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 3 – MOTO ONDOSO

La distribuzione dell'altezza d'onda al largo in funzione delle direzioni di provenienza è riportata graficamente in figura. E' evidente la marcata direzionalità del clima ondoso con il settore 240°N, che rappresenta ben il 38% degli eventi. Complessivamente si nota come il 71% degli eventi provenga dal III quadrante (S-O). Lo scirocco è presente nel 9% ca dei casi.

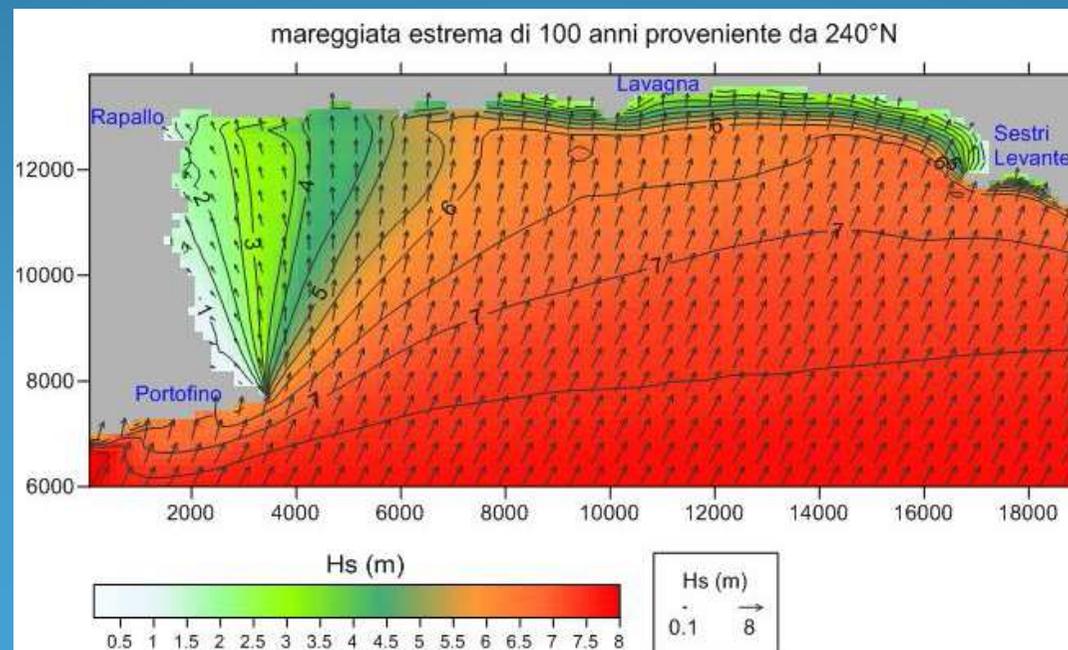


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 3 – MOTO ONDOSO

Nella propagazione dal largo verso acque meno profonde le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondale (che inizia quando la profondità dell'acqua diventa circa metà della lunghezza d'onda). Per l'analisi dettagliata della propagazione a costa dei valori estremi (**CLIMA A COSTA**) si è invece preferito utilizzare il modello numerico SWAN: rispetto ad altri modelli, esso definisce con maggiore completezza la dissipazione dell'energia permettendo quindi di ottenere una migliore descrizione del moto ondoso sotto costa.

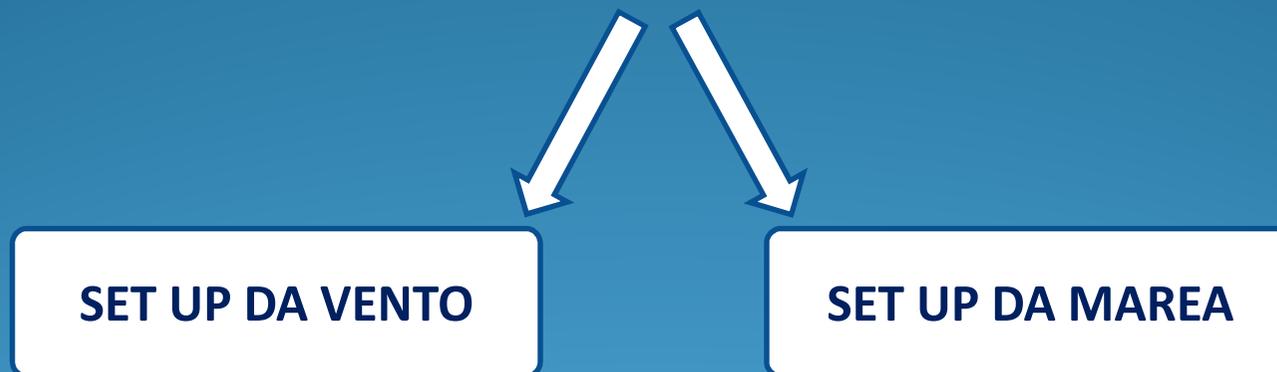


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 4 – LIVELLO DEL MARE

LA VARIAZIONE DEL LIVELLO MARINO NEI PRESSI DELLA COSTA È DOVUTA A:



N.B.: nei calcoli è stata utilizzata la somma del set up indotto dalla marea e dal vento trasversale

VALORI ESTREMI DEL LIVELLO (cm)				
LIVELLO DEL MARE	1 ANNO	10 ANNI	50 ANNI	100 ANNI
set up con vento trasversale	23	41	56	62
set up con vento longitudinale	14	29	43	49
marea	13	13	13	13

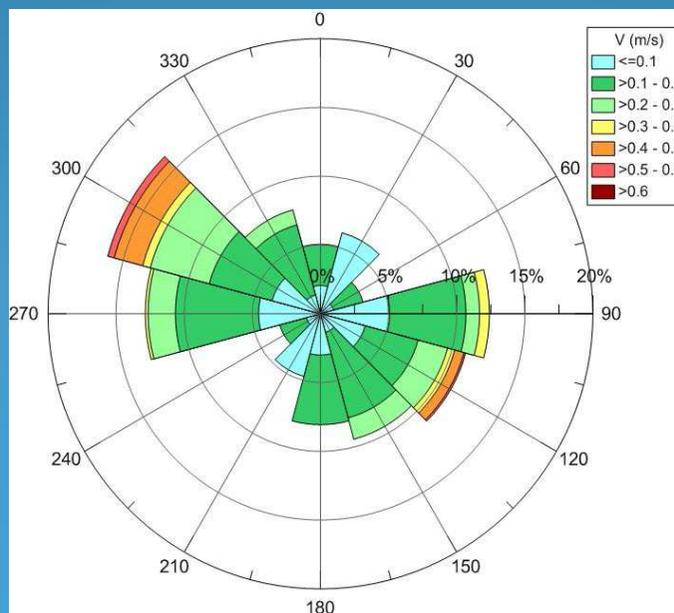


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO METEO-MARINO (MM)

### 5 – CORRENTI MARINE

Non disponendo di misure dirette di corrente nell'area di studio, la stima del regime delle correnti locali nell'area di progetto è stata effettuata ricostruendo la corrente con il modello di EKMAN applicato al regime dei venti al largo di Lavagna. Durante l'anno la corrente superficiale fluisce prevalentemente verso i settori 90-120°N (circa il 23% degli eventi), e 270-300°N (circa il 30% degli eventi), sostanzialmente in direzione parallela alle batimetriche locali. Riguardo le intensità, le velocità sono generalmente basse (circa l'82% degli eventi risulta inferiore a 0.2 cm/s) pur essendoci comunque correnti sostenute con valori massimi fino a circa 60 cm/s.



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

# 1

- AREA DI STUDIO, DATI DI BASE E METODOLOGIA



# 2

- REGIME SEDIMENTARIO LITORANEO



# 3

- CAMPO DI MOTO ONDOSO COSTIERO



# 4

- CAMPO IDRODINAMICO COSTIERO



# 5

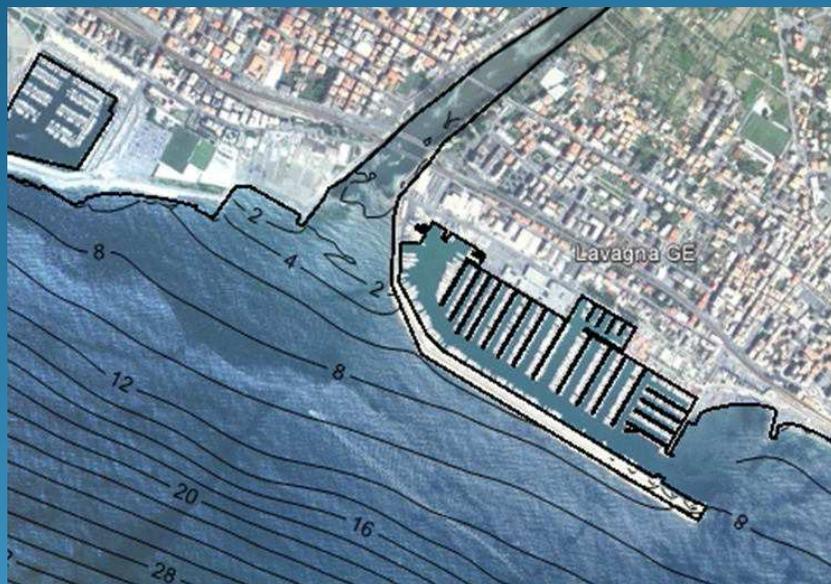
- EVOLUZIONE DEI FONDALI



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

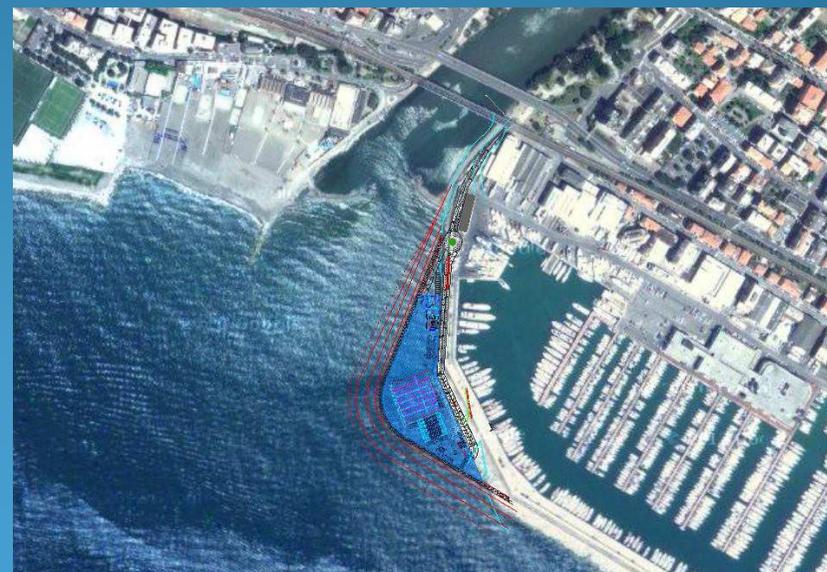
## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

*1 – AREA DI STUDIO, DATI DI BASE E METODOLOGIA*



**CONFIGURAZIONE ATTUALE**

**CONFIGURAZIONE DI PROGETTO**

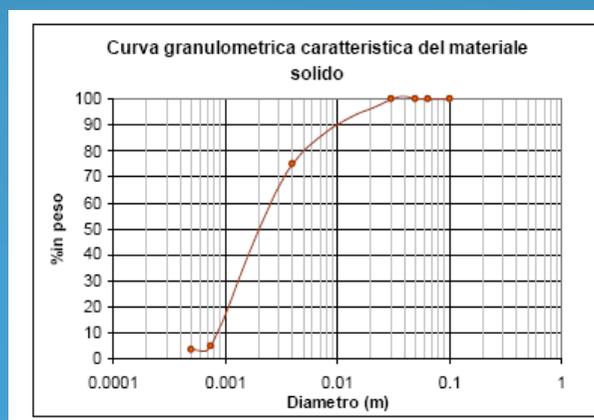


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 1 – AREA DI STUDIO, DATI DI BASE E METODOLOGIA

- I **dati meteo-marini** (vento, onde, livello del mare) forniti in input ai modelli matematici sono quelli desunti dalle attività descritte in precedenza;
  - I **dati batimetrici generali** sono desunti dalla carta nautica n° 3 “Da Portofino a S.Rossore”, in scala 1:100.000, emessa dall’Idrografico della Marina, mentre i dati batimetrici a scala di unità fisiografica sono ricavati da carte nautiche digitali.
- I **dati batimetrici di dettaglio** sono stati forniti dal Committente e ottenuti mediante un rilievo locale effettuato con tecniche single-beam e multi-beam;
- I **dati sedimentologici** relativi al torrente Entella e forniti dal Committente sono stati desunti da dati disponibili. La granulometria dei sedimenti in prossimità della foce può essere considerata caratterizzata da un  $D_{50}$  pari a 2 mm, mentre nelle aree antistanti il litorale il  $D_{50}$  è stato assunto pari a 0.2 mm.



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 1 – AREA DI STUDIO, DATI DI BASE E METODOLOGIA

Considerando la presenza del torrente, l'irregolare andamento della linea di costa e la presenza dei porti di Chiavari e Lavagna, i progettisti hanno ritenuto indispensabile adottare modelli solitamente utilizzati in fase di progettazione definitiva ed esecutiva già in fattibilità.

L'applicazione della modellistica numerica ha comportato lo sviluppo delle seguinti fasi principali:

- definizione delle caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e batimetriche del sito;
- definizione delle caratteristiche meteo-oceanografiche del sito nella configurazione attuale;
- schematizzazione numerica dell'area di studio (profondità del mare e diametro dei sedimenti);
- simulazione del moto ondoso nelle diverse configurazioni di analisi;
- stima quantitativa del trasporto solido litoraneo locale potenziale con TRALIT;
- scelta degli stati di mare da simulare;
- scelta delle portate del torrente Entella da simulare;
- simulazione idrodinamica delle situazioni più significative. Il modello è di tipo "time dependent" e calcola l'evoluzione temporale del campo idrodinamico forzato dal moto ondoso e dal vento su tutte le maglie del dominio di calcolo, registrando ad intervalli di tempo prestabiliti la terna di valori di elevazione della superficie del mare e le componenti E e N della corrente in ciascuna delle maglie del dominio;
- simulazione della evoluzione del fondale basata sui campi idrodinamici calcolati al punto precedente.

Anche il modello morfodinamico è di tipo "time dependent" e calcola l'evoluzione temporale del fondale sulla base del campo idrodinamico e di moto ondoso.



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 2 – REGIME SEDIMENTARIO LITORANEO

Il modello monodimensionale **TRALIT** è stato utilizzato per valutare quantitativamente il **regime sedimentario litoraneo potenziale**, associato al clima ondoso medio annuo dell'area di studio, **allo scopo di individuare gli stati di mare più significativi in termini di trasporto solido** e, quindi, da utilizzare come input del modello morfodinamico 3D per la valutazione dell'evoluzione dei fondali nel lungo termine.

Sono stati selezionati gli stati di mare per le simulazioni con modello morfodinamico 3D riportati in tabella in termini di direzione di provenienza del moto ondoso ( $^{\circ}$ N), altezza d'onda (Hs), periodo di picco (Tp) e frequenza percentuale di occorrenza su base annua (P).

Sim.	Portata Torrente [m <sup>3</sup> /s]	Dir onde [ $^{\circ}$ N]	Hs [m]	Tp [s]	P [%]
A150	100	150	1.3	5.5	4.02
B150			2.0	6.6	0.24
C150			2.5	6.8	0.03
A180	100	180	1.3	5.5	6.09
B180			2.2	6.8	0.69
C180			3.0	8.0	0.05
D180			4.0	8.5	0.01
A210	100	210	1.0	5.5	4.88
B210			2.0	6.6	4.99
C210			3.2	8.0	0.36
D210			4.0	8.5	0.04
A240	100	240	1.0	5.5	12.17
B240			1.8	6.6	9.82
C240			2.8	8.0	3.67
D240			3.8	8.3	1.24
E240			4.8	9.8	0.36



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 3 – CAMPO DI MOTO ONDOSO COSTIERO

Per la definizione delle condizioni di moto ondoso è stato utilizzato il modello SWAN (Simulating Waves Nearshore). Data l'orientazione del piano batimetrico antistante il litorale dell'area di studio, le onde provenienti da 150° e 180°N giungono inclinate, rispetto alla normale a costa, in corrispondenza della foce del torrente Entella, mentre le onde provenienti da 210° e 240°N risultano perpendicolari a costa.

Dalla figura si nota come, nell'area di foce, in tutti i casi indagati, le onde incidenti subiscano fenomeni di dissipazione dell'energia principalmente sui fondali compresi tra 6 e 3 m di profondità circa, con conseguente repentina riduzione dell'altezza d'onda in questa zona. Lo stato di mare più critico per il tratto di costa considerato è quindi quello proveniente da 240°N, sia in termini direzionali che di intensità.

Dal confronto tra situazione attuale e di progetto si nota che l'ampliamento del molo di sopraflutto del porto di Lavagna non sembra influire in modo rilevante sulla propagazione del moto ondoso nell'area di studio: nella configurazione di progetto la risalita delle onde lungo il torrente risulta ostacolata dalla presenza della struttura in progetto, ma le differenze di altezza d'onda risultano, comunque, dell'ordine di pochi cm.

# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

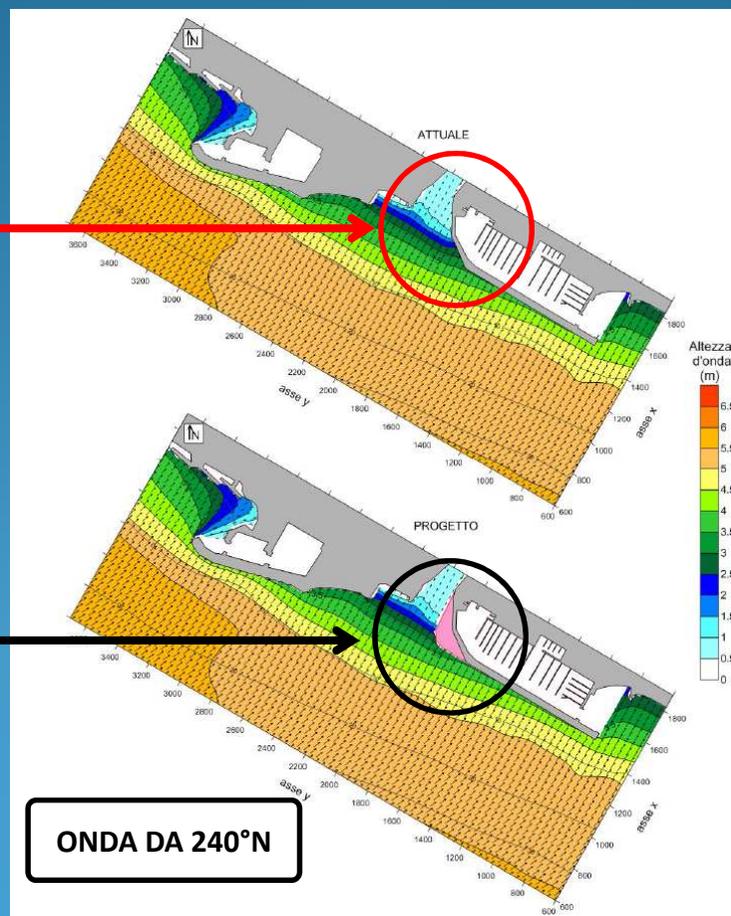
## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 3 – CAMPO DI MOTO ONDOSO COSTIERO

CONFIGURAZIONE ATTUALE

CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

ONDA DA 240°N



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 4 – CAMPO IDRODINAMICO COSTIERO

Il campo di corrente è stato calcolato con il modello idrodinamico, utilizzando condizioni al contorno aperte, sullo schema di dettaglio descritto precedentemente. Si è proceduto, quindi, con le simulazioni dei campi idrodinamici risultanti dal defluire delle acque del torrente Entella e dal contemporaneo moto ondoso incidente che, nella zona delle onde frangenti, mediante il meccanismo del “radiation stress”, induce una corrente costiera di forte intensità che rappresenta il veicolo principale della movimentazione dei sedimenti lungo la costa.

Il modello idrodinamico utilizzato permette di ottenere una dettagliata descrizione della circolazione costiera che considera anche gli effetti 3D, di mixing laterale e di interazione onda-corrente, mediante il calcolo del campo di velocità medio sulla verticale della corrente.

Nella relazione sono riportate figure ove sono messi a confronto i campi idrodinamici istantanei ottenuti nelle due configurazioni (attuale e progetto) simulate. L'andamento della corrente è rappresentato da frecce (una ogni 2 nodi della griglia) la cui direzione corrisponde alla direzione di propagazione del flusso e la cui lunghezza è proporzionale al valore della velocità (la velocità rappresentata si riferisce al valore medio sulla verticale). La scala cromatica si riferisce all'intensità della corrente, ed è stata opportunamente selezionata per evidenziare le zone di maggiore variabilità del flusso indotto dai gradienti di “radiation stress”.

Le onde che generano flussi più intensi lungo costa sono quelle provenienti da 240°N, con valori massimi dell'ordine di 1.5 e 2.5 m/s rispettivamente per i periodi estremi di 10 e 50 anni.

# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

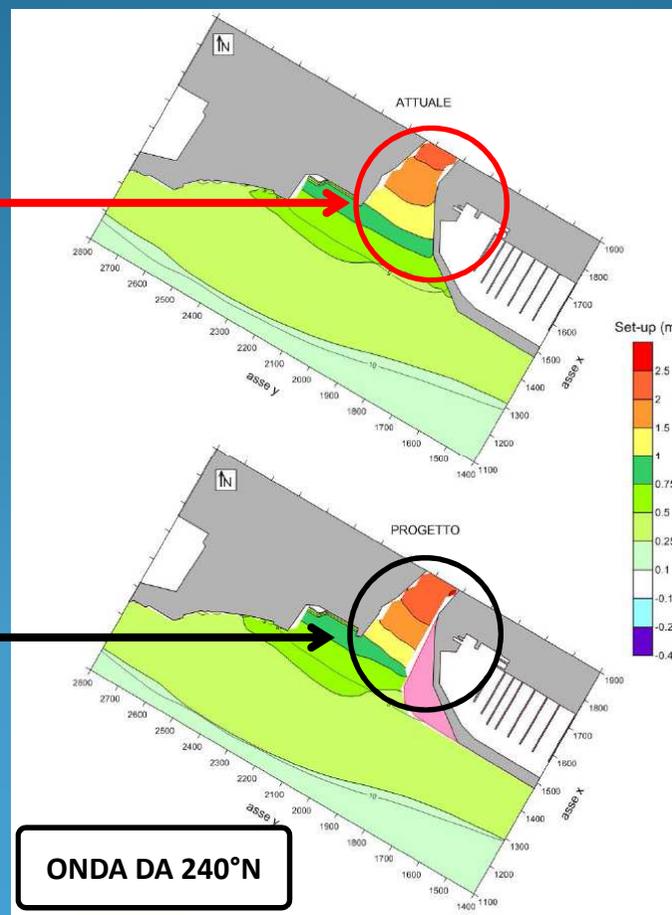
## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 4 – CAMPO IDRODINAMICO COSTIERO

CONFIGURAZIONE ATTUALE

CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

ONDA DA 240°N



# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

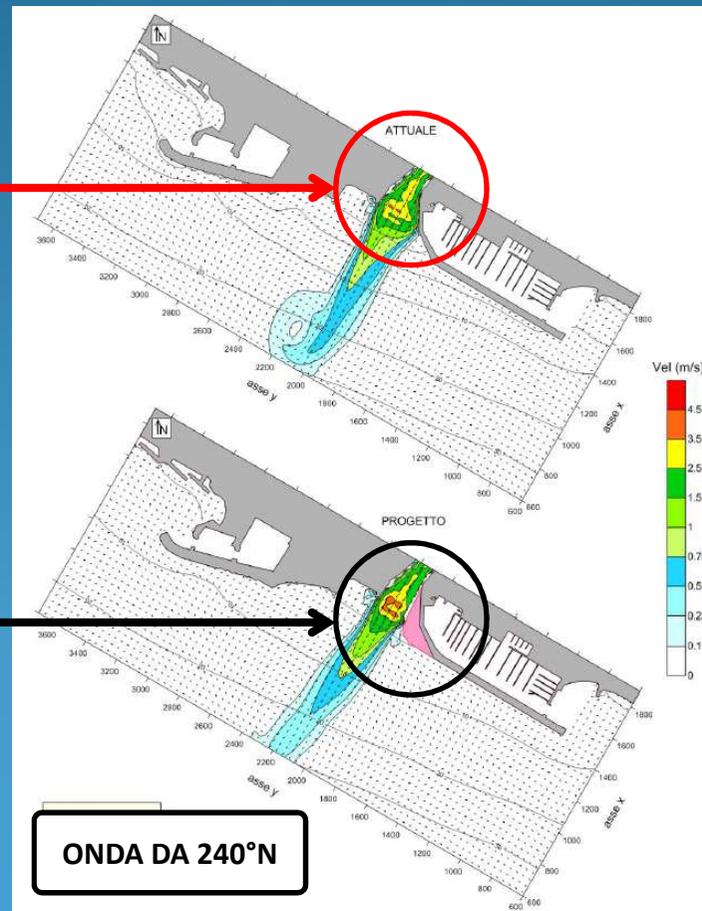
## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 4 – CAMPO IDRODINAMICO COSTIERO

CONFIGURAZIONE ATTUALE

CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

ONDA DA 240°N

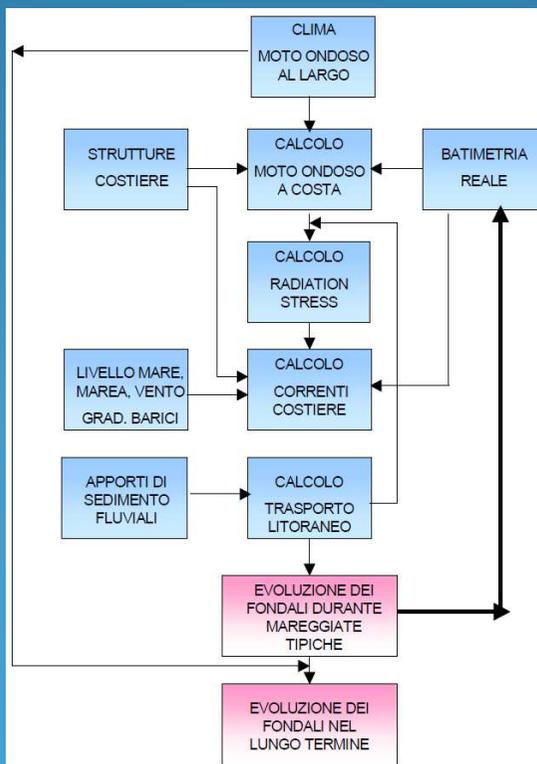


# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 5 – EVOLUZIONE DEI FONDALI

Il trasporto dei sedimenti e la conseguente evoluzione dei fondali sono stati calcolati mediante l'applicazione del modello morfodinamico di cui al diagramma di flusso a blocchi. Il modello è in grado di calcolare la variazione del fondale derivante dalle dinamiche di trasporto solido (sospeso e in prossimità del fondo) in ciascuna maglia della griglia di calcolo.



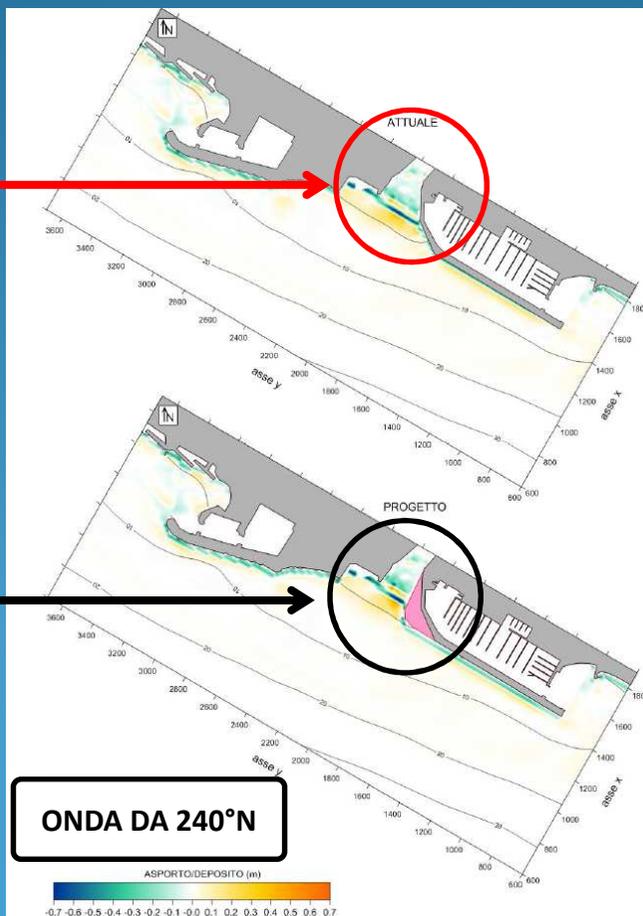
# STUDIO DI FATTIBILITA' DEL NUOVO DEPURATORE DA REALIZZARSI ALLA FOCE DEL FIUME ENTELLA

## STUDIO IDRO-MORFODINAMICO (IM)

### 5 – EVOLUZIONE DEI FONDALI

CONFIGURAZIONE ATTUALE

CONFIGURAZIONE DI PROGETTO



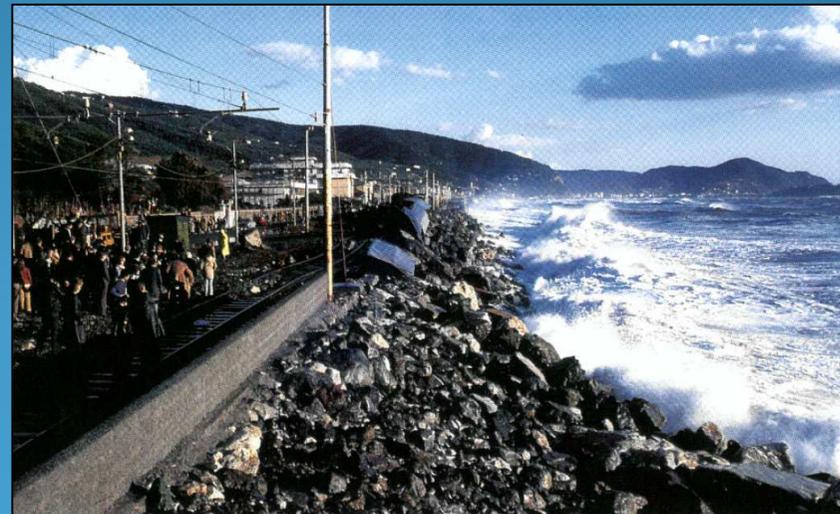
- 0,7 m

+ 0,7 m



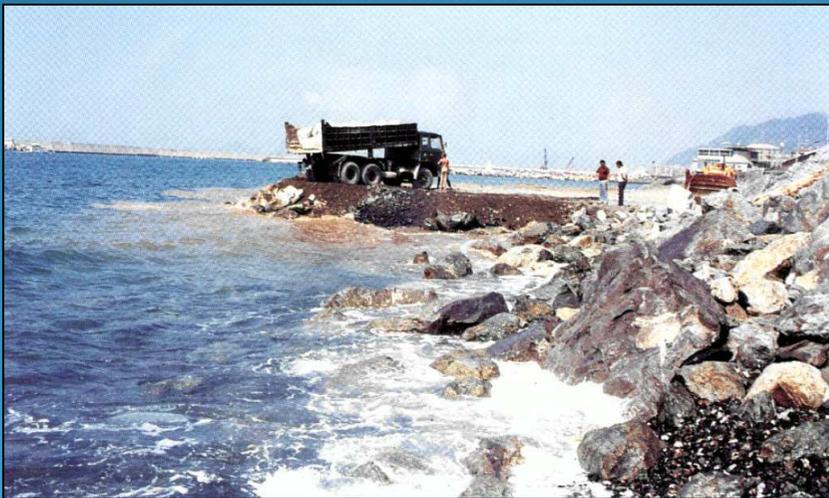
# LA STORIA DELLA RICOSTRUZIONE DI UNA SPIAGGIA DISTRUTTA DALLE MAREGGIATE A LAVAGNA – R. TERRANOVA

NEL CORSO DELLA STAGIONE INVERNALE 1976-77 IL LITORALE DI LAVAGNA E' INVESTITO DA RIPETUTE MAREGGIATE CHE "DEVASTANO IL TRATTO COMPRESO TRA PIAZZA MILANO (...) E L'EX CASELLO FERROVIARIO 44, PER UNO SVILUPPO DI CIRCA 600 m".



# LA STORIA DELLA RICOSTRUZIONE DI UNA SPIAGGIA DISTRUTTA DALLE MAREGGIATE A LAVAGNA – R. TERRANOVA

L'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LAVAGNA CONFERI' AL PROF. TERRANOVA L'INCARICO DI PROGETTARE E DIRIGERE I LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELLA SPIAGGIA. DA GIUGNO 1977 FURONO COSTRUITI DUE PENNELI ORTOGONALI ALLA COSTA, TRA I QUALI FURONO RIPORTATI 140.000 m<sup>3</sup> DI MATERIALI LAPIDEI. FU REALIZZATA UNA SPIAGGIA LUNGA 600 m, LARGA CIRCA 35m, CON UNA SUPERFICIE COMPLESSIVA DI 21.000 m<sup>2</sup>.



# LA STORIA DELLA RICOSTRUZIONE DI UNA SPIAGGIA DISTRUTTA DALLE MAREGGIATE A LAVAGNA – R. TERRANOVA

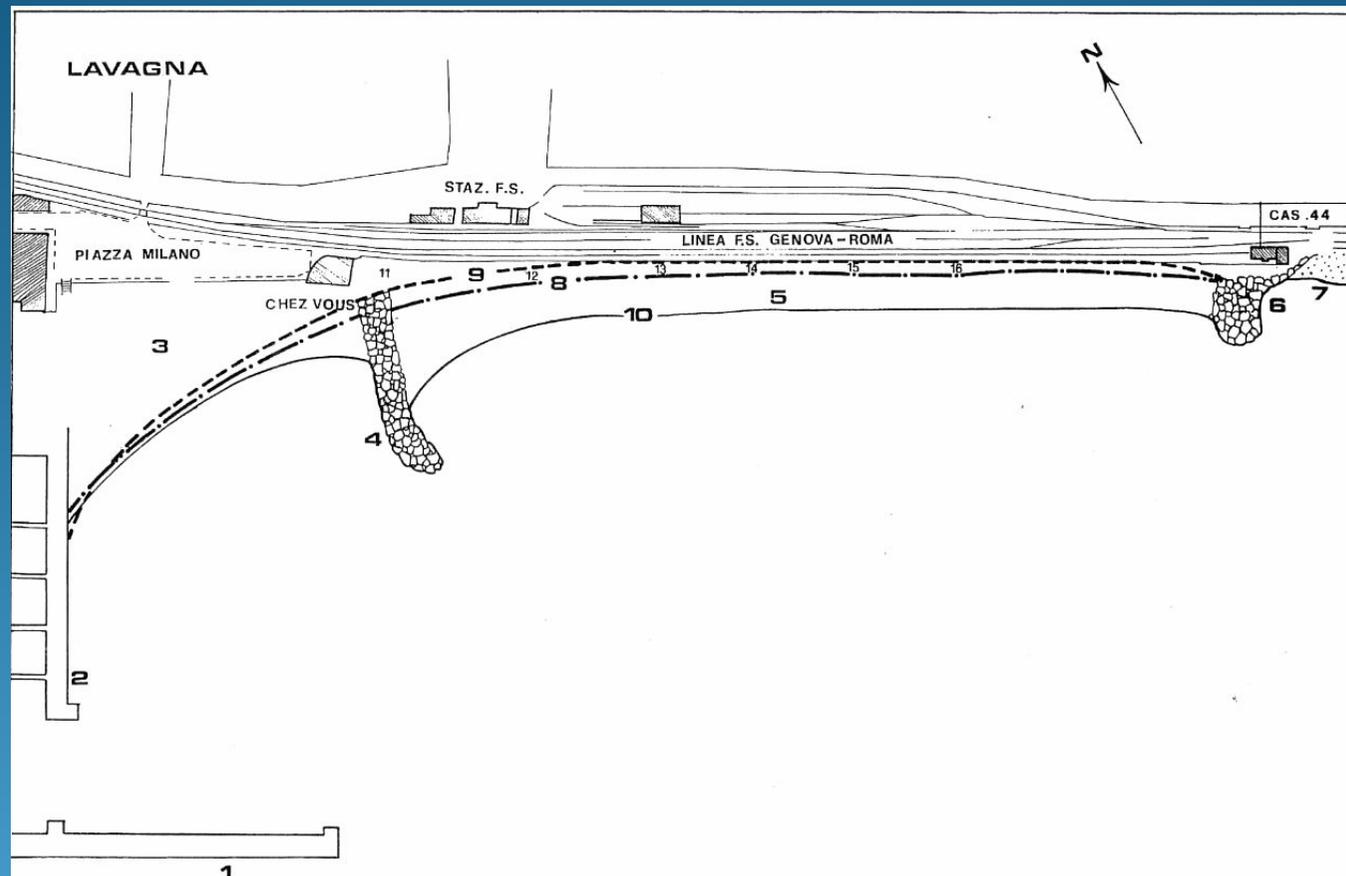


Fig. 31 - Carta del litorale di Lavagna tra Piazza Milano e l'ex-casello 44 F.S.: 1. diga foranea del porto turistico; 2. molo sottoflutto del porto; 3. spiaggia di Piazza Milano; 4. pennello costruito presso il bar Chez Vous; 5. spiaggia ricostruita fra i pennelli 4 e 6; 6. pennello costruito presso l'ex-casello 44; 7. spiaggia di Ripamare-Cavi; 8. linea di battigia all'ottobre 1976 (prima delle mareggiate devastatrici); 9. linea di battigia al gennaio 1977 (dopo tali mareggiate); 10. linea di battigia del 1978, conseguita con gli interventi effettuati; 11-12-13-14-15-16 ex Bagni Rossella, Boggiano, Nazionale, Mediterraneo, Lido, S. Giorgio (da Cortemiglia G.C. e Terranova R., 1978).



**COMPILATE IL MODULO!**

IL GRUPPO DI LAVORO FORNIRA' RISCONTRO ALLE RICHIESTE

NEL CORSO DEL PROSSIMO INCONTRO



*Lavagna (GE), 27 marzo 2014*

**GRAZIE**

*per info e approfondimenti: [riccardo.roscelli@polito.it](mailto:riccardo.roscelli@polito.it)*



**DIST**  
Dipartimento Interateneo  
di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio  
POLITECNICO E UNIVERSITA' DI TORINO