

***INTEGRAZIONI ISTRUTTORIA VIA
CDED 02: REVISIONE PROGETTO OPERA A MARE***

***NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA
ADEGUAMENTO DEL SISTEMA A7 – A10 – A12***

PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1. PREMESSA.....	5
1.1 Procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale	9
1.2 Accordo di Programma tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale.....	11
2. METODOLOGIA DI LAVORO: REVISIONE DEL PD PUBBLICATO.....	13
3. STRUTTURA DELLA CONTRODEDUZIONE	16
4. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	20
5. CRITERI DI PROGETTO.....	27
5.1 Caratteristiche statico-funzionali	27
5.2 Caratteristiche dell'area portuale di intervento.....	27
5.3 Criteri di navigabilità nel Canale di Calma.....	29
5.4 Criteri di operatività alla banchina dell'ILVA.....	30
5.5 Criteri di operatività nell'area di accesso al bacino di Multedo.....	31
5.6 Criteri meteomarini - Dimensionamento delle opere	32
5.7 Criteri meteomarini - Tracimazione	35
5.8 Criteri ambientali	36
5.9 Criteri costruttivi	38
6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....	40
6.1 Le opere di conterminazione.....	40
6.2 L'utilizzo dello spazio all'interno delle opere di conterminazione	48
6.3 Bilancio dei materiali impiegati.....	52
7. VERIFICHE IDRAULICHE	54
7.1 Caratterizzazione meteomarina	54
7.1.1 Esposizione del paraggio d'interesse.....	55
7.1.2 I livelli del mare	55
7.1.3 Le correnti litoranee	57

7.1.4	Le condizioni anemometriche	58
7.1.5	Il moto ondoso al largo.....	60
7.1.6	Propagazione del moto ondoso in corrispondenza della diga foranea esistente.....	64
7.2	Propagazione del moto ondoso nel canale attraverso le imboccature alle estremità della diga foranea: stato di fatto e di progetto	68
7.3	Studio della tracimazione dell'onda dalla diga foranea esistente nel canale di calma	75
7.3.1	Valutazione dell'onda trasmessa a tergo della diga foranea esistente.....	76
7.3.2	Valutazione della portata di tracimazione in relazione alla distanza dal muro di protezione	79
7.3.3	Conclusioni e raccomandazioni	83
7.4	Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso nell'area in prossimità della banchina dell'ILVA	84
7.5	Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso sull'operatività dell'area di accesso al bacino di Multedo.....	88
7.6	Analisi della navigabilità nel nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti	93
7.6.1	L'attività di navigazione esistente nel Canale di Calma	93
7.6.2	Verifica della profondità e larghezza del nuovo Canale di Calma	94
7.6.3	I fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti.....	99
7.7	Studio di simulazione di manovra nel nuovo Canale di Calma.....	101
7.8	Analisi dell'idrodinamica e della dispersione potenziale.....	106
7.8.1	Il modello idrodinamico e dispersivo	108
7.8.2	Idrodinamica e dispersione potenziale nella zona di progetto.....	113
7.8.3	Trasporto solido nella zona di progetto	125
7.9	Deflussi con tempo di ritorno di 200 anni	131
8.	VERIFICHE GEOTECNICHE	136

8.1	Verifica opere di conterminazione.....	136
8.2	Verifiche di portanza dei terreni dell’Opera a Mare	139
8.2.1	Verifica di portanza per l’aeromobile Boeing 737/800.....	140
8.2.2	Transitabilità dei mezzi di soccorso	146

Allegati:

Allegato 1: Comunicazione prot. 154244 del Comune di Genova - Settore Urban Lab del 15 Maggio 2012

Allegato 2: Verbale incontro presso la sede dell’Autorità Portuale di Genova del 6 Giugno 2012

Allegato 3: Comunicazione prot. 0014656/P dell’Autorità Portuale del 15 Giugno 2012

Allegato 4: Consegna Stralcio Progetto Definitivo dell’opera a mare nel Canale di calma

Allegato 5: Lettera prot. 0056179/CIA di ENAC del 04 Maggio 2011

Allegato 6: Verbale incontro presso la sede di ENAC a Roma del 13 Giugno 2012

Allegato 7: Bozza Accordo di Programma tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale

1. PREMESSA

La Commissione tecnica VIA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) nella nota DVA-2012-0002060 del 27/01/2012 ha richiesto di:

- *“fornire il parere dell'ENAC e dell'Autorità Portuale in merito alla consistenza della colmata a mare e del canale di calma”* (punto 1.3);
- *“fornire il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ai sensi della legge 84/1994, sul progetto dell'opera della colmata a mare e sulle dimensioni del canale di calma e fornire la preventiva intesa comunale come prevista dalla medesima legge”* (punto 1.4);
- *“fornire il parere della Capitaneria di Porto sulle nuove dimensioni del canale di calma ai fini della sicurezza per la navigazione”* (punto 1.5);
- *“fornire chiarimenti in merito alle osservazioni sul progetto formulate dall'Autorità Portuale e dall'Autorità Marittima di Genova in merito alle dimensioni del canale di calma e alla configurazione delle estremità a mare di tale canale, alle interferenze tra il progetto e il tombamento in atto della calata Derna destinata a ricevere navi portacontenitori, all'approfondimento dello studio delle correnti marine e della marea in concomitanza con la corrente del torrente Polcevera, anche con riferimento alle portate delle ultime alluvioni, all'influenza delle onde riflesse della diga di Voltri sull'accesso del canale del porto di Multedo, all'impatto del moto ondoso sulla banchina dell'ILVA, con riferimento alla realizzazione dell'impianto di depurazione delle acque ivi previsto”* (punto 1.14).

La Regione Liguria con il Parere n. 270 del 25 Ottobre 2011 (allegato alla DGR 1345 del 11/11/2011) del Comitato Tecnico Regionale per il Territorio - Sezione per la VIA esprime la seguente considerazione:

- *“Le indagini e le analisi geotecniche forniscono alcune indicazioni operative per la realizzazione del riempimento a mare, ma data l'estensione dell'opera in progetto, raccomandano l'esecuzione di indagini geotecniche integrative propedeutiche alla realizzazione delle opere di conterminazione e di riempimento, al fine di affinare la ricostruzione delle stratigrafie del sito e verificare, in particolare, la profondità su cui poggiare lo scanno di fondazione”* (punto 6.10a).

Il Comune di Genova - Settore Urban Lab con Parere Prot. n. 254302 del 04/08/2011 esprime la seguente osservazione:

- *“Per quanto concerne il rapporto fra l’opera a mare e la politica della mobilità comunale, si evidenzia che, le opere di restringimento del Canale di Calma dovranno comunque garantire la possibilità di mantenere la navigazione della navebus secondo l’attuale regime, senza compromettere il potenziamento del trasporto pubblico via mare esistente e previsto dal nuovo PUC” (punto 9.6).*

L’Autorità Portuale di Genova nella Deliberazione del Comitato Portuale Prot. 93/10/2011 del 27 Ottobre 2011 formalizza le seguenti condizioni per l’espressione di un parere favorevole:

- *“Ai fini di assicurare un adeguato specchio acqueo al transito dei mezzi nautici in servizio tra il bacino di Sampierdarena ed i poli di Multedo/Voltri occorre valutare con particolare attenzione la dimensione del parziale riempimento del canale. In particolare, la proposta di riempire uno specchio acqueo di 3600 m di lunghezza per 180 m di larghezza non pare garantire i requisiti per un normale e sicuro transito dei mezzi di servizio. Secondo quanto indicato nella nota della Capitaneria di Porto sopra richiamata, si tratterebbe di ridurre l’ampiezza del riempimento garantendo una dimensione del canale navigabile al momento in 80 m, idonea a garantire transiti sicuri anche in condizioni meteo marine avverse” (punto 15.1);*
- *“Al fine di evitare effetti di agitazione ondosa, in particolare durante il passaggio dei mezzi nautici nel residuo specchio acqueo destinato al transito, occorre prevedere che la banchina ed il muro paraonde di nuova realizzazione da parte di Autostrade S.p.A. siano costruiti con tecniche tali da indurre la riflessione del moto ondoso stesso. Allo scopo occorrerà prevedere banchine e muro paraonde con coefficienti di riflessione non superiori a 0,3” (punto 15.2);*
- *“Si rende necessario verificare gli stessi effetti generati dal riempimento sul moto ondoso sia sul fronte di levante, sia su quello di ponente. Si tratta di verificare, secondo le metodologie adottate dagli Uffici Tecnici dell’Autorità Portuale, lo stato della navigabilità, accessibilità e manovrabilità degli specchi acquee costituenti l’imboccatura di ponente del bacino di Sampierdarena e di quelli afferenti il canale di accesso del bacino di Multedo, nonché le condizioni di agibilità delle banchine*

ILVA e di quelle del fronte Ronco - Canepa – Libia. Tali approfondimenti andranno svolti tenendo anche conto degli interventi già programmati dall'Amministrazione, quali la creazione di un unico fronte di banchina parallelo alla diga fra il Molo Ronco e Molo Libia e l'ampliamento dell'imboccatura di ponente" (punto 15.3).

L'Autorità Portuale richiama le considerazioni sopra formulate, unitamente a quelle sviluppate dalla Capitaneria di Porto di Genova, nel parere Prot. 21835/P del 7 Ottobre 2011 (cfr. punti 16.1, 16.2 e 16.3), aggiungendo la seguente osservazione:

- *“Si evidenzia l'opportunità di valutare i gradi di consolidamento del materiale conferito nel nuovo riempimento in modo che lo stesso possa costituire una base utile per successive infrastrutturazioni" (punto 16.4).*

La Capitaneria di Porto di Genova, unitamente al Gruppo Piloti Genova, ai Rimorchiatori Riuniti Genova e al Gruppo Antichi Ormeggiatori, ha formulato con nota del 13 Ottobre 2011 (Prot.12.01.00/46535) le seguenti considerazioni:

- *“Per mantenere integra l'attuale funzione (comprensiva della necessità di mantenere il servizio di collegamento urbano Porto Antico – Pegli) la larghezza del bacino è stimata in mt 80" (punto 17.1);*
- *“Non pare che lo studio prodotto, per ciò che attiene all'imboccatura del Polcevera, abbia tenuto conto del tombamento in atto dello specchio acqueo della calata Derma. In effetti, con il completamento del riempimento, calata Derna verrà “abilitata” a ricevere navi portacontainer di ultima generazione. La realizzazione del previsto intervento di conferimento del materiale di smarino limita il bacino di manovra delle unità (porta container) destinate a detta calata, non escludendo il rinvio all'impiego di un maggiore di rimorchiatori per l'esecutività delle relative manovre di ormeggio e disormeggio" (punto 17.2);*
- *“Conseguenze d'impatto che l'intervento in oggetto della presente analisi sviluppa avuto a riguardo:*
 - *alla corrente che crea il Torrente Polcevera soprattutto in presenza di piogge abbondanti;*
 - *ai rilievi anemometrici funzionali che devono essere riferiti allo specchio acqueo di intervento;*

- *alle misurazioni dirette del moto ondoso anch'esse da riferirsi all'area di intervento e non costituite/calcolate in maniera deduttiva.*

Quanto sopra stante la concreta esigenza di ottenere uno studio mirato per l'area di influenza dell'intervento, caratterizzata da elementi (correnti, maree) propri dell'area stessa" (punto 17.3);

- *"Gli studi prodotti non permettono di stabilire l'influenza delle onde riflesse della Diga di Voltri sull'accesso del canale al Porto di Mulredo" (punto 17.4);*
- *"Non appare superfluo valutare l'impatto del moto ondoso sulla banchina ILVA in occasioni di particolari mareggiate provenienti dai quadranti meridionali (per memoria si fa espresso rinvio a quanto accaduto a quella banchina nell'ottobre 2008)" (punto 17.5).*

In aggiunta ai pareri sopra richiamati, formulati nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto del nodo stradale e autostradale di Genova, occorre richiamare anche:

- gli incontri e le ulteriori osservazioni formulate dagli Enti coinvolti nella procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale, che deve essere espletata, presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per la realizzazione dell'opera a mare;
- gli incontri e le comunicazioni avvenute con ENAC e la società di gestione Aeroporto di Genova, al fine di sottoscrivere un Accordo di Programma ("Accordo di Programma per la realizzazione di un'Opera a Mare nel Canale di Calma del Porto di Genova finalizzata al riutilizzo del materiale di smarino delle gallerie necessarie per la realizzazione delle opere del "Nodo stradale e autostradale di Genova") tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale.

La presente relazione è pertanto redatta in risposta alla richiesta di integrazioni del MATTM (ai punti da 1.3 a 1.5, relativi al quadro di riferimento programmatico dello SIA, ed al punto 1.14, relativo al quadro di riferimento progettuale dello SIA), al punto 6.10a del parere della Regione, al punto 9.6 del parere del Comune di Genova

- Settore Urban Lab, ai punti da 15.1 a 15.3 e da 16.1 a 16.4 del parere dell’Autorità Portuale e ai punti da 17.1 a 17.5 del parere dell’Autorità Marittima.

Si precisa che, nella predisposizione delle integrazioni e nel conseguente aggiornamento del Progetto Definitivo dell’Opera a Mare, si è ovviamente tenuto conto anche delle osservazioni emerse nell’ambito della procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale e della sottoscrizione dell’Accordo di Programma tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale sopra richiamate e descritte nei successivi paragrafi.

1.1 Procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale

L’iter approvativo dell’opera a mare include anche la procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale, che deve essere svolta presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Occorre, pertanto, richiamare gli incontri e le ulteriori osservazioni formulate dagli Enti coinvolti in tale procedura; si fa riferimento in particolare ai seguenti incontri ed alle comunicazioni degli Enti sotto richiamate:

- la “Richiesta di convocazione di un Tavolo Tecnico per le attività di conferimento dello smarino della Gronda nella porzione di canale di calma antistante l’aeroporto previa realizzazione di opere di conterminazione” formulata al Consiglio dei Lavori Pubblici dall’Autorità Portuale di Genova con nota prot. 22961/P del 19 Ottobre 2011;
- la riunione di insediamento del Tavolo Tecnico presso il Consiglio dei Lavori Pubblici del 2 Novembre 2011;
- l’incontro tenutosi presso il Consiglio dei Lavori Pubblici, in data 09 Febbraio 2012;
- l’incontro tenutosi presso la Capitaneria di Porto di Genova, in data 14 Febbraio 2012;
- la comunicazione del 01 Marzo 2012 (Prot n° 9651) della Capitaneria di Porto di Genova, con la quale vengono trasmesse le schede riportanti le caratteristiche dimensionali delle unità autorizzate al transito nel Canale di Calma;

- la lettera dell’Autorità Portuale di Genova del 5 Aprile 2012 (Prot N°0009034/P), nella quale, in particolare, l’Autorità Portuale afferma che *“si ritiene necessario completare le verifiche tecnico-nautiche e di navigabilità attraverso l'utilizzo di un modello con simulatore di manovra, allo scopo di verificare per ciascuno Scenario... le effettive condizioni di sicurezza della navigazione in concomitanza con i definiti e preposti stati di mare e di vento”*.
- la comunicazione del 10 Aprile 2012 (Prot n° 25.24.00/16288) della Capitaneria di Porto di Genova;
- la comunicazione prot. n. 154244 del Comune di Genova - Settore Urban Lab del 15 Maggio 2012 (vedi Allegato 1), con la quale viene rilevato il “non contrasto con la disciplina urbanistica comunale, vigente ed in salvaguardia, a condizione che venga garantita la navigabilità del canale di calma per quanto concerne il servizio di trasporto pubblico, per cui si rimanda alle valutazioni di competenza dell’Autorità Portuale e della Capitaneria di Porto per la definizione dei requisiti tecnici necessari”;
- l’incontro presso la Capitaneria di Porto di Genova del 17 Maggio 2012, avente come oggetto “Opera a Mare nel Canale di Calma – Aggiornamento e integrazioni Progetto Definitivo Febbraio 2011”;
- l’incontro presso la sede dell’Autorità Portuale di Genova del 6 Giugno 2012, avente per oggetto “Analisi delle simulazioni di navigazione svolte presso CETENA” (vedi verbale riportato in Allegato 2), il cui esito viene sinteticamente riassunto nei termini seguenti:
 - “le simulazioni svolte sono risultate soddisfacenti in termini di verifica tecnico/operativa degli spazi e delle traiettorie per tutti i mezzi considerati;
 - in relazione al tema degli effetti generati dai “treni d’onda” non si ritiene che possano sussistere particolari criticità per i mezzi di servizio tecnico-nautici. Per quanto concerne gli “incroci dei treni d’onda” con la Navebus non si può escludere che, a seguito dell’esperienza che sarà verificata nelle diverse condizioni meteo e con la nuova opera realizzata ,si debba procedere a

specifiche regolamentazioni del transito della Navebus medesima. Dell'esito in questione verrà edotta l'Amministrazione comunale in relazione al parere dalla stessa espresso, e richiamato in apertura di riunione, circa il "non contrasto" della nuova opera con gli strumenti urbanistici;

- In relazione alle verifiche svolte a proposito delle condizioni poste da APG circa la navigabilità, l'accessibilità e la manovrabilità degli specchi acquei posti agli estremi del canale di calma, nonché circa l'agibilità delle banchine Ilva e del fronte Ronco-Canepa-Libia, i tecnici di APG e di SPEA provvederanno, a stretto giro, ad una verifica congiunta delle risultanze emerse dalla simulazione.”;
- la comunicazione dell'Autorità Portuale del 15 Giugno 2012 (Prot 0014656/P – vedi Allegato 3), con la quale la Direzione Tecnica dell'Autorità Portuale rilascia “il nulla-osta tecnico relativamente agli aspetti di modellazione degli effetti dell'agitazione ondosa all'interno del canale di calma ed in prossimità delle imboccature del canale stesso nella nuova configurazione di progetto”, quale esito della verifica congiunta delle risultanze emerse dalle simulazioni, richiamata nel verbale di cui all'Allegato 2;

A valle degli incontri e della condivisione del progetto di cui sopra, ASPI in data 21 Giugno 2012 (prot. ASPI/RM/21.06.12/0014141/EU, riportata in Allegato 4) ha inviato ad Autorità Portuale uno Stralcio del Progetto Definitivo dell'opera a mare nel canale di calma, in modo che Autorità Portuale potesse avviare la procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

1.2 Accordo di Programma tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale

In parallelo alle attività sopra richiamate, si sono svolti diversi incontri con ENAC e la società di gestione Aeroporto di Genova, al fine di condividere i contenuti dell'“Accordo di Programma per la realizzazione di un'Opera a Mare nel Canale di Calma del Porto di Genova finalizzata al riutilizzo del materiale di smarino delle gallerie necessarie per la

realizzazione delle opere del “Nodo stradale e autostradale di Genova””. Nello specifico si fa riferimento ai precedenti incontri e comunicazioni intercorse:

- incontro del 01 Aprile 2011, presso la sede di ENAC a Roma;
- lettera di ENAC del 04 Maggio 2011 (Prot 0056179/CIA), “Aeroporto C. Colombo di Genova Sestri - Nodo autostradale di Genova - Adeguamento del sistema A7-A10-A12 - Opera a Mare nel Canale di Calma”, con la quale ENAC esprime una preliminare condivisione (cfr. Allegato 5);
- incontro del 07 Giugno 2011, presso la sede di ENAC a Roma;
- incontro del 16 Settembre 2011, presso la sede di ENAC a Roma;
- incontro del 13 Giugno 2012, presso la sede di ENAC a Roma (cfr. verbale riportato in Allegato 6).

Si precisa che sono attualmente in corso gli iter procedurali interni ai soggetti coinvolti (ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale), che porteranno alla sottoscrizione dell’Accordo di Programma (cfr. Allegato 7) sopra richiamato.

2. METODOLOGIA DI LAVORO: REVISIONE DEL PD PUBBLICATO

Dal punto di vista progettuale, le osservazioni analizzate nel precedente capitolo hanno comportato sia una revisione delle caratteristiche tecnico geometriche dell'opera a mare, sia un approfondimento degli studi specialistici.

Sono state inoltre considerate le modifiche che gli interventi programmati nell'ambito del tombamento di Calata Derna apportano ai seguenti elementi:

- l'imboccatura di ponente del Bacino di Sampierdarena, attraverso la demolizione di alcune componenti dell'attuale Diga Foranea e operazioni di dragaggio;
- i fondali portuali in corrispondenza della foce del Torrente Polcevera, soggetti a significative operazioni di dragaggio.

La revisione del Progetto Definitivo (PD) pubblicato a giugno 2011 ha previsto lo sviluppo dei seguenti approfondimenti tematici:

- Aggiornamento e integrazione dello Studio di propagazione del moto ondoso con riferimento a:
 - le nuove caratteristiche tecniche e geometriche dell'Opera a Mare;
 - la nuova configurazione di progetto dell'Imboccatura di Ponente del Bacino portuale di Sampierdarena, conseguente agli interventi programmati sulla Calata Derna;
 - l'analisi degli effetti, in termini di agitazione ondosa, che si generano in corrispondenza delle Banchina ILVA e degli apprestamenti necessari per minimizzare l'interferenza sull'operatività di tale banchina;
 - l'analisi degli effetti, in termini di agitazione ondosa, nel Canale di accesso al Bacino di Multedo, ed individuazione degli interventi necessari a preservare le attuali condizioni;

- la valutazione, correlata al fenomeno dell'onda tracimante dalla Diga Foranea, di fasce di canale all'interno del Canale di Calma, caratterizzate da differenti valori di portata tracimante e corrispondenti gradi di sicurezza per gli operatori.
- Aggiornamento ed integrazione dello Studio Idrodinamico e Dispersivo con riferimento:
 - alle nuove caratteristiche tecniche e geometriche dell'Opera a Mare;
 - alla nuova conformazione dei fondali nell'area dell'Imboccatura Ponente del Bacino di Sampierdarena e della Foce del Torrente Polcevera;
 - alle portate di deflusso e alle correnti del Torrente Polcevera associate ad eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni.
- Aggiornamento e integrazione dell'Analisi della navigabilità del nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti. L'analisi di navigabilità è stata sviluppata considerando:
 - la nuova geometria del Canale di Calma;
 - i risultati derivanti dall'aggiornamento dello Studio di propagazione del moto ondoso;
 - le due tipologie di imbarcazioni riconducibili al naviglio che effettua il servizio:
 1. nave bus tra il Porto Antico e Pegli;
 2. rimorchiatore tra il bacino portuale di Sampierdarena e quello di Miltedo;
 - gli scenari che simulano il verificarsi di possibili condizioni operative all'interno del Canale di Calma.

L'aggiornamento dell'analisi di navigabilità ha avuto l'obiettivo di verificare le attuali condizioni di manovra e di identificare nuove condizioni di manovra che soddisfino comunque il requisito di navigazione in sicurezza del Canale di Calma alla luce della nuova larghezza di progetto. Le verifiche hanno avuto per oggetto, oltre ai mezzi dei servizi tecnici, anche i natanti utilizzati per il trasporto pubblico Porto Antico – Pegli

(denominati “Navebus”); questo al fine comunque di considerare nelle verifiche tutte le tipologie di navi che attualmente operano nel canale e inoltre di dare positivo riscontro a quanto evidenziato dall’osservazione del Comune di Genova.

Inoltre, secondo quanto indicato dall’Autorità Portuale, la larghezza del nuovo Canale di Calma è stata verificata attraverso lo sviluppo di uno studio di simulazioni di manovra all’interno del Canale di Calma, con l’ausilio di un simulatore in tempo reale.

In merito alle considerazioni formulate dalla Regione Liguria sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione (cfr. punto 6.10a), con particolare riguardo allo strato superficiale, definito con il nome di unità “Fondale”, si ribadiscono le raccomandazioni riportate nell’elaborato “Opera a Mare nel Canale di Calma - Relazione Geotecnica e Sismica”. La campagna d’indagine del Progetto Definitivo ha individuato uno strato superficiale costituito da un orizzonte a grana fine, di scarse caratteristiche meccaniche, avente spessore variabile tra 1 e 4 m. Tale livello sarà direttamente interessato dal fenomeno di compenetrazione del materiale di riempimento e nelle zone caratterizzate da spessori significativi di tale materiale (i.e. 3÷4 m), si prevede l’eventuale dragaggio localizzato nell’area ubicata sotto lo scanno di fondazione dei cassoni. La campagna d’indagine geotecnica, propedeutica alla fase di progettazione esecutiva e già individuata nella documentazione del PD pubblicato, oltre ad affinare le proprietà del modello geotecnico dei terreni di fondazione, consentirà di definire con maggiore dettaglio le aree caratterizzate dai maggiori spessori dello strato superficiale.

Inoltre, con riferimento all’osservazione dell’Autorità Portuale relativa ai gradi di consolidamento del materiale conferito (cfr. punto 16.4), si precisa che le caratteristiche dello stato di addensamento dei terreni di riempimento costituenti la colmata dell’Opera a Mare sono state determinate in accordo alle prescrizioni ENAC (Linee guida per l’adeguamento delle strip aeroportuali - 2008). Non sono presi in considerazione futuri usi portuali dell’Opera a Mare, in quanto tale aspetto non risponderebbe ai requisiti della procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale cui l’opera è soggetta.

3. STRUTTURA DELLA CONTRODEDUZIONE

Come sopra riportato, il presente documento ha l'obiettivo di illustrare e descrivere le attività svolte (cfr. Capitolo 2), al fine di rispondere alle osservazioni ed alle richieste di integrazione presentate dagli Enti coinvolti (cfr. Capitolo 1) in merito al Progetto Definitivo dell'Opera a Mare nel Canale di Calma.

Nel Capitolo 4 si fornisce una descrizione generale dell'Opera a Mare, con un'analisi delle modifiche apportate alla configurazione plano-altimetrica e alle caratteristiche tecniche delle opere di con terminazione (con riferimento specifico all'adozione di cassoni cellulari con cella antiriflettente), rispetto al PD pubblicato.

Nel Capitolo 5 vengono richiamati ed integrati i criteri di progetto adottati nelle verifiche progettuali condotte sulle opere.

Nel Capitolo 6 vengono descritte le nuove opere di conterminazione che costituiscono il marginamento e viene richiamato il funzionamento delle vasche in cui viene suddivisa l'opera.

La caratterizzazione meteomarina, le verifiche idrauliche integrative (in termini di agitazione ondosa interna al bacino portuale, di tracimazione dell'onda dalla Diga Foranea e analisi idrodinamiche), così come le verifiche di navigabilità (condotte con l'utilizzo di un simulatore real-time) sono descritte e riassunte all'interno del Capitolo 7.

Infine, nel Capitolo 8 sono richiamati i risultati delle verifiche di stabilità condotte per le tipologie di cassoni cellulari che costituiscono il marginamento e delle verifiche condotte relativamente alla portanza dei terreni che costituiscono l'Opera a Mare.

Per un maggiore dettaglio o approfondimento delle singole tematiche, descritte e riassunte all'interno del presente documento, si rimanda comunque alla Relazione Generale e agli elaborati specialistici della documentazione di progetto.

Per un'agevole lettura del documento si riporta di seguito un sinottico riassuntivo che indica per le singole osservazioni ricevute i paragrafi del documento in cui sono riportate le corrispondenti controdeduzioni ed integrazioni progettuali.

Tabella 3-1 - Caratteristiche delle navi di progetto che transitano nel canale di navigazione

Osservazione	Paragrafo
Punto 1.3	1 Premessa
Punto 1.4	1 Premessa
Punto 1.5	1 Premessa
Punto 1.14	1 Premessa 4 Descrizione dell'opera 5 Criteri di progetto 6 Caratteristiche tecniche dell'opera 7 Verifiche idrauliche
Punto 6.10a	2 Metodologia di lavoro: revisione del PD pubblicato
Punto 9.6	1 Premessa 5.3 Criteri di navigabilità nel canale di calma 7.6 Analisi della navigabilità nel nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti 7.7 Studio di simulazione di manovra nel nuovo Canale di Calma
Punti 15.1 e 16.1	5.3 Criteri di navigabilità nel canale di calma 7.6 Analisi della navigabilità nel nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti 7.7 Studio di simulazione di manovra nel nuovo Canale di Calma
Punti 15.2 e 16.2	4 Descrizione dell'opera 5.6 Criteri meteomarini – Dimensionamento delle opere

	6.1 Le opere di conterminazione
Punti 15.3 e 16.3	<p>5.2 Caratteristiche dell'area portuale di intervento</p> <p>5.4 Criteri di operatività alla banchina dell'ILVA</p> <p>5.5 Criteri di operatività nell'area di accesso al bacino di Multedo</p> <p>7.2 Propagazione del moto ondoso nel Canale di Calma attraverso le imboccature alle estremità della Diga Foranea</p> <p>7.4 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso nell'area in prossimità della banchina dell'ILVA</p> <p>7.5 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso sull'operatività dell'area di accesso al bacino di Multedo</p> <p>7.8.3 Trasporto solido nella zona di progetto</p>
Punto 16.4	2 Metodologia di lavoro: revisione del PD pubblicato
Punto 17.1	<p>5.3 Criteri di navigabilità nel canale di calma</p> <p>7.6 Analisi della navigabilità nel nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti</p> <p>7.7 Studio di simulazione di manovra nel nuovo Canale di Calma</p>
Punto 17.2	5.2 Caratteristiche dell'area portuale d'intervento
Punto 17.3	<p>7.1.1 Esposizione del paraggio d'interesse</p> <p>7.1.4 Le condizioni anemometriche</p> <p>7.1.5 Il moto ondoso al largo</p> <p>7.8 Analisi dell'idrodinamica e della dispersione potenziale</p> <p>7.9 Deflussi con tempo di ritorno di 200 anni</p>

Punto 17.4	<p>5.5 Criteri di operatività nell'area di accesso al bacino di Multedo</p> <p>7.5 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso sull'operatività dell'area di accesso al bacino di Multedo</p>
Punto 17.5	<p>5.4 Criteri di operatività alla Banchina dell'ILVA</p> <p>7.4 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso nell'area in prossimità della banchina dell'ILVA</p>
Lettera AP Prot N°0009034/P del 05/04/2012	7.7 Studio di Simulazione di Manovra nel nuovo Canale di Calma

Le modifiche planimetriche apportate all'opera hanno consentito di:

- garantire un Canale di Calma con una larghezza residua pari a 75 m;
- rispettare le attuali condizioni di operatività della Banchina ILVA.

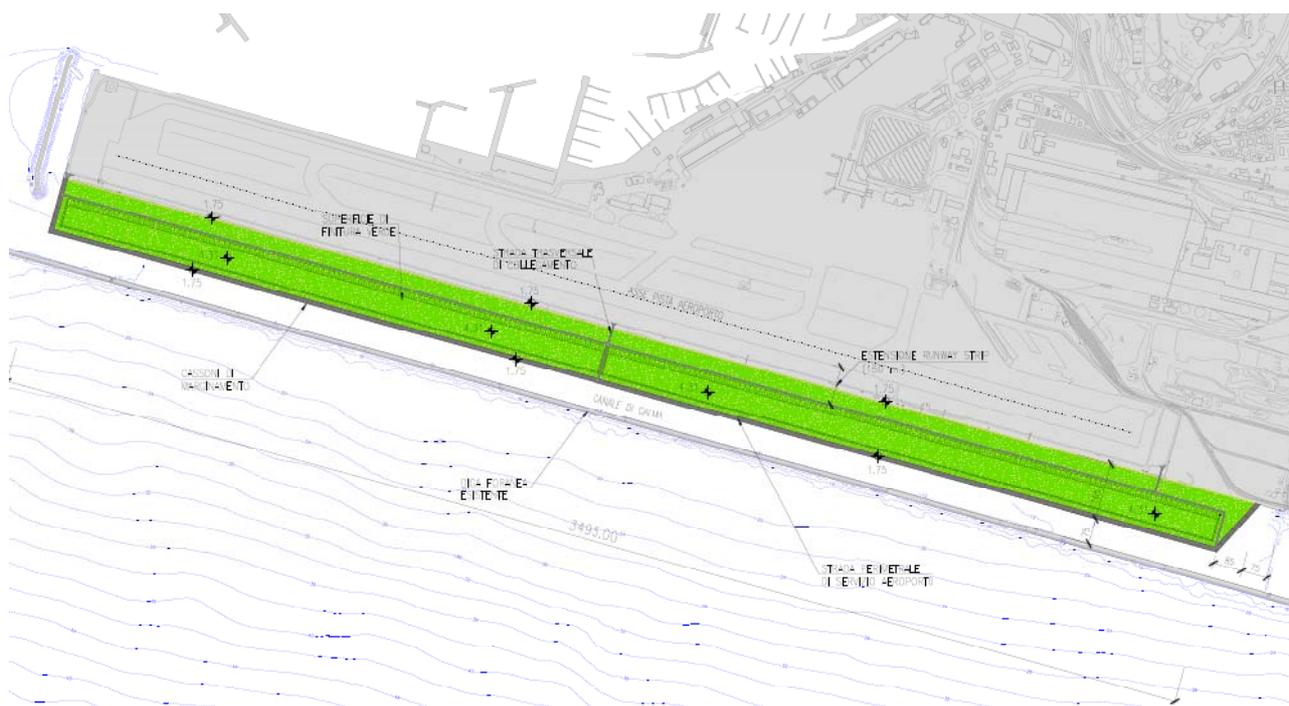


Figura 4.2 - Opera a mare nel Canale di Calma - Layout finale della colmata - Planimetria revisione PD

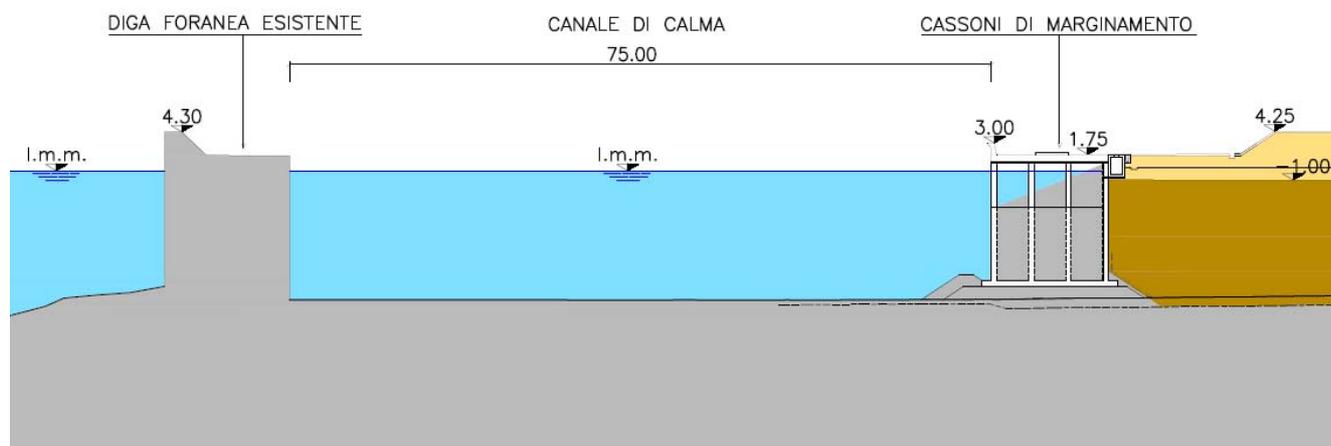


Figura 4.3 - Canale di Calma - sezione trasversale revisione PD

Un richiamo particolare è doveroso per le verifiche condotte sulla larghezza del nuovo Canale di Calma. L'Opera a Mare infatti comporta una riduzione del Canale dagli attuali 240 m a 75 m; tale larghezza è derivata dallo sviluppo di una serie di verifiche, aventi lo scopo oltre che di preservare le condizioni di operatività, anche di garantire l'adeguato grado di sicurezza degli operatori e degli utenti. Le analisi sono state condotte sia con metodi matematici, sia con l'utilizzo di simulatori real-time (nello specifico il simulatore SAND della società CETENA SpA), e attraverso una costante e approfondita interazione con la Capitaneria di Porto e con i soggetti operanti attualmente nel Canale di Calma (Servizi Tecnico Nautici – Compagnie di Navigazione che gestiscono il servizio Nave bus). Si rimanda agli Allegati 2, 3 e 4 per un riepilogo delle conclusioni a cui si è giunti, al termine dell'attività di revisione e integrazione del Progetto, congiuntamente con l'Autorità Portuale di Genova, la Capitaneria di Porto ed i Servizi Tecnici del Porto di Genova.

Al fine di preservare la capienza volumetrica dell'opera prevista nel PD pubblicato, nonostante la riduzione complessiva dell'impronta planimetrica della nuova conterminazione, esternamente all'area della strip-way è prevista la realizzazione di un rilevato, anch'esso sistemato a verde. Tale rilevato presenta un'altezza media pari a 2,50 m, una larghezza in sommità di 62 m, con pendenza 2/3 sul lato mare, ed 1/7 sul lato terra, al fine di rispettare i coni di sicurezza richiesti dall'aeroporto "Cristoforo Colombo".

Per i dettagli in merito al bilancio terre (materiale non contenente amianto e materiale con possibile contenuto di amianto) si rimanda alla controdeduzione CDED 07.

A completamento del layout finale sono previste due strade di servizio, di larghezza 3,50 m: la prima corre appena oltre il limitare della "runway strip", la seconda al limite esterno dell'area, al di sopra dei cassoni cellulari di marginamento, illuminata con fanali di altezza massima 9 m e con emissione verso il basso, in modo da evitare interferenze con le attività dell'aeroporto. Sulle estremità occidentale ed orientale, ed in mezzeria della colmata, è prevista una viabilità trasversale di collegamento. La parte interna, lato aeroporto, rispetto alla strada che delimita la nuova "runway strip" sarà compattata con le caratteristiche di portanza previste dai regolamenti aeroportuali.

All'interno dell'area sono ricavati anche:

- la gronda di captazione delle acque meteoriche provenienti dall'aeroporto;
- il sistema di captazione delle acque meteoriche;
- un cunicolo a disposizione dei sottoservizi, richiesto dall'aeroporto, ubicato internamente ai cassoni cellulari di conterminazione. Si tratta di un cunicolo ispezionabile, in conglomerato cementizio armato, di dimensioni interne nette di 1,15 m x 1,80 m, oggi destinato ad ospitare i cavi di alimentazione dell'illuminazione stradale ed in futuro a disposizione per la posa di altri sottoservizi da parte dell'aeroporto.

La tipologia di conterminazione prevista nel PD pubblicato (cfr. Figura 4.4) si compone di uno scanno di imbasamento, realizzato con materiale di cava, su cui è posizionato un cassone cellulare di altezza variabile tra 9,50 m e 13,50 m.

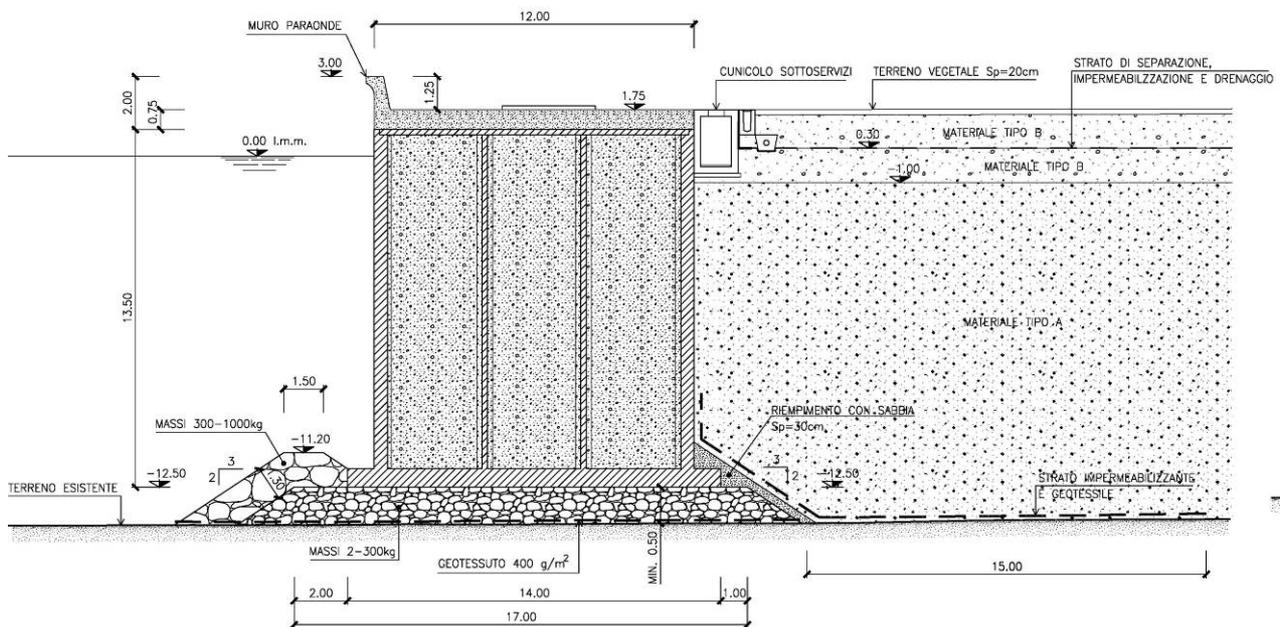


Figura 4.4 - Marginamento - Sezione tipo adottata nel PD pubblicato

In merito alla richiesta avanzata dall'Autorità Portuale di Genova (cfr. punti 15.2 e 16.2), si precisa che la realizzazione di una struttura di conterminazione caratterizzata da un coefficiente di riflessione inferiore o eguale a 0,3 avrebbe comportato l'adozione di una soluzione progettuale caratterizzata dalla realizzazione di un'opera a gettata (argine in materiale granulare di differente pezzatura) fino alla quota + 1, protetta dal moto ondoso da una berma rivestita in massi e da un muro paraonde in sommità.

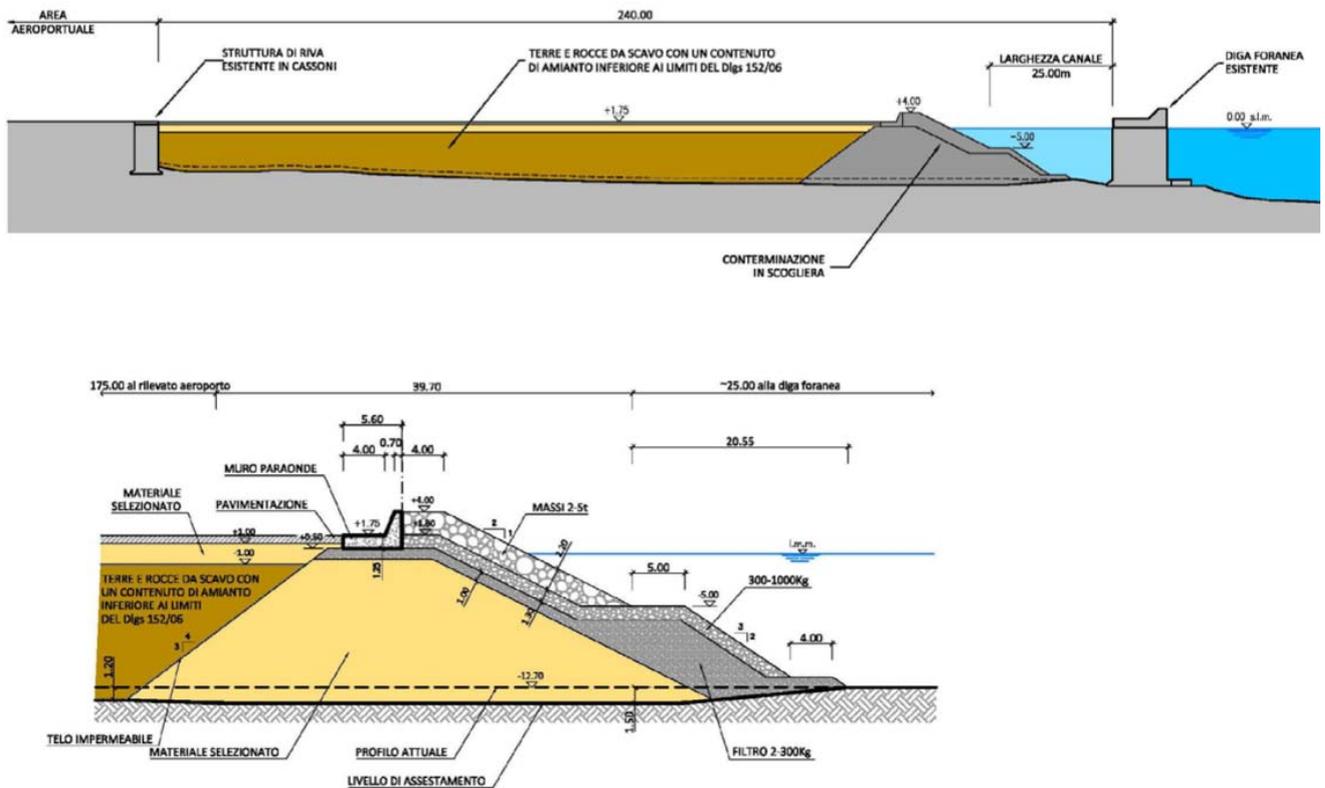


Figura 4.5 - Opere di conterminazione: soluzione a scogliera

Tale soluzione, già esaminata nell'ambito del PD originario, non è stata adottata perchè:

- a parità di perimetro, comporta una riduzione della capacità della colmata, rispetto alla soluzione con cassoni;
- essendo il corpo dell'argine costituito da materiali granulari, è caratterizzato da elevata permeabilità e occorre quindi rivestire/proteggere il lato interno dell'opera con una soluzione che preveda la realizzazione di una barriera impermeabilizzante, questo al fine di impedire il possibile flusso all'esterno della colmata stessa. Nel caso dell'utilizzo di cassoni cellulari tale impermeabilizzazione viene messa in opera invece solo sullo scanno d'imbasamento;
- rispetto alla soluzione con cassoni cellulari, è necessario un ricorso nettamente maggiore ai materiali da cava.

A valle anche di un confronto con l’Autorità Portuale stessa, si è deciso quindi di adottare una struttura di conterminazione caratterizzata da un coefficiente di riflessione inferiore o eguale a 0,5, che ha portato all’utilizzo di cassoni cellulari dotati di un’apertura anteriore, che presentano una cella cava riempita con pietrame, disposto inclinato, che garantisce una riduzione degli effetti di riflessione; la sezione è illustrata nella Figura 4.6 seguente.

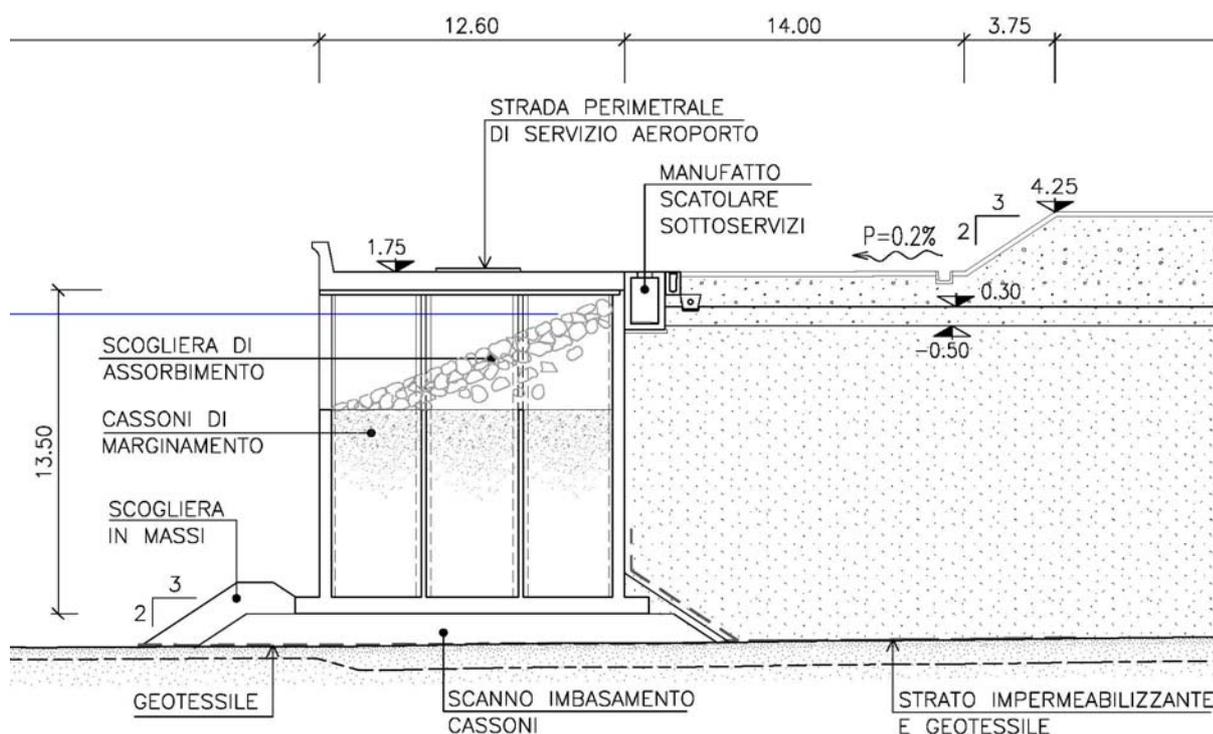


Figura 4.6 - Marginamento - Sezione tipo adottata nella revisione PD

La sezione aggiornata dell’Opera Mare è pertanto quella riportata nella seguente figura.

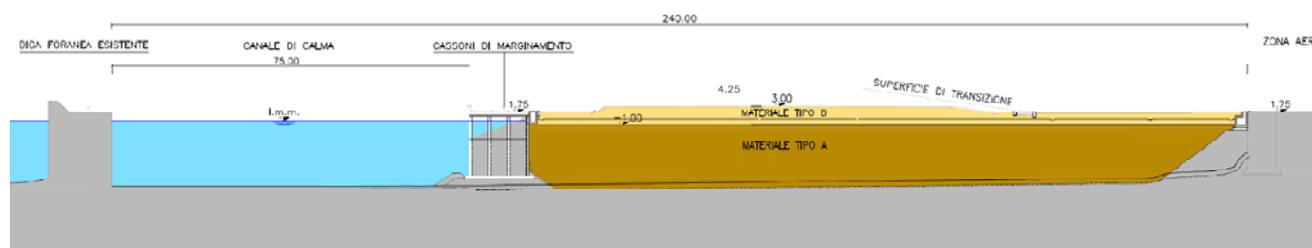


Figura 4.7 - Marginamento - Sezione revisione PD

5. CRITERI DI PROGETTO

5.1 Caratteristiche statico-funzionali

L'ubicazione dell'opera a mare in fregio all'aeroporto internazionale Cristoforo Colombo di Genova suggerisce un'opportunità, verificata nel corso della redazione del progetto con i tecnici della società di gestione Aeroporto di Genova e con i tecnici di ENAC; si tratta in sostanza dell'estensione della "runway strip" dai 105 m odierni ai 150 m richiesti dalla normativa internazionale, in modo tale da risolvere la non conformità dell'Aeroporto.

La possibilità di utilizzo dell'area emersa così ottenuta per l'adeguamento alle normative internazionali delle aree di rispetto in fregio alla pista dell'aeroporto ha comportato la scelta della durata della vita utile dell'opera, individuata in 100 anni.

Questa scelta, in conformità a quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, riguardante le "Norme tecniche per le costruzioni"(NTC 2008), ed alla letteratura correntemente utilizzata per le azioni marittime, non comprese nel Decreto del 2008, ha comportato la scelta:

- dei tempi di ritorno per le azioni di tipo sismico, ambientale, meteomarinico;
- delle caratteristiche dei materiali e degli stati limite di esercizio (fessurazione ad esempio) utilizzati nel progetto.

Nel seguito di questa relazione e nelle relazioni tematiche specialistiche sono riportati nel dettaglio i criteri statici derivati, nelle varie situazioni, dalla sopraccitata normativa, considerata come la base per il dimensionamento statico dell'opera, assieme alle "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti" edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996).

5.2 Caratteristiche dell'area portuale di intervento

In ottemperanza a quanto richiesto dall'Autorità Portuale di Genova, nell'ambito del progetto si è tenuto conto della nuova configurazione di progetto dell'imboccatura di Ponente del Bacino portuale di Sampierdarena, conseguente agli interventi programmati

sulla Calata Derna, che in seguito alla realizzazione del tombamento dello specchio acqueo, sarà “abilitata” a ricevere navi portacontainer di ultima generazione.

In particolare, le modifiche indotte dai suddetti interventi, evidenziate nella planimetria riportata in Figura , riguardano:

- l’imboccatura di ponente del Bacino di Sampierdarena, attraverso la demolizione di alcune componenti dell’attuale Diga Foranea;
- i fondali portuali in corrispondenza dell’imboccatura e della foce del Torrente Polcevera, soggetti a significative operazioni di dragaggio.

Per quanto riguarda il Lato Est dell’Opera a Mare, ai fini della definizione della configurazione di progetto, è stato considerato l’ingombro planimetrico del bacino di manovra che effettuano “gli spintori” a servizio del naviglio operante sulla banchina “ILVA”.



Figura 5.2.1 - Interventi programmati all’imboccatura di Ponente del Bacino di Sampierdarena

5.3 Criteri di navigabilità nel Canale di Calma

Il nuovo deposito di materiali a mare consente da un lato l'ampliamento dell'area aeroportuale e dall'altro comporta la riduzione della larghezza del Canale di Calma, per il quale si è proceduto a verificare la compatibilità con le funzioni antropiche esistenti.

In tal senso è stato assunto alla base del dimensionamento del nuovo Canale di Calma il criterio fondamentale di mantenere l'attività di navigazione nel canale stesso secondo le modalità oggi esistenti. Si fa riferimento in particolare:

- ai traghetti, catamarani, motonavi adibiti al trasporto pubblico che collegano Genova Pegli al Porto Antico;
- ai rimorchiatori del Corpo dei Piloti, dei Rimorchiatori Riuniti e del Gruppo Antichi Ormeggiatori del Porto di Genova.

Sulla base delle informazioni raccolte, i suddetti mezzi possono circolare anche a velocità superiori ai 6 nodi, pertanto in deroga a quanto previsto nel Regolamento di sicurezza e dei servizi marittimi del Porto di Genova.

In Tabella 5.3-1 sono riportate le caratteristiche delle navi di progetto per cui vanno effettuate le verifiche di navigabilità del nuovo canale. Infatti la motonave per il servizio pubblico Mare Express e i tre rimorchiatori rappresentano i natanti con le dimensioni maggiori che transitano oggi nel canale di calma.

Tabella 5.3-1 - Caratteristiche delle navi di progetto che transitano nel canale di calma

Flotta	Lunghezza L _{OA} (m)	Larghezza (m)	Pescaggio D (m)
MAREXPRESS	26.70	9.00	1.70
100 SVEZIA	27.50	11.50	6.00
101 INGHILTERRA	27.50	11.50	6.00
102 MESSICO	36.65	13.60	7.00

Con riferimento alle imbarcazioni di progetto sopra indicate e a differenti condizioni meteomarine (ordinarie, ovvero tempo di ritorno 5 anni, e gravose, ovvero tempo di ritorno

20 anni) e modalità di navigazione (secondo quanto discusso e concordato con le Autorità Competenti), sono stati verificati 5 scenari per il calcolo della larghezza minima del canale, ai fini di una navigazione in sicurezza:

1. transito a 2 sensi di circolazione per nave bus Mare Express in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
2. transito a 2 sensi di circolazione per rimorchiatori Svezia e/o Inghilterra in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
3. transito a 2 sensi di circolazione per nave bus Mare Express e rimorchiatore Svezia o Inghilterra in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi).
4. transito a 1 senso di circolazione per rimorchiatore Messico in condizioni meteomarine gravose (per velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
5. transito a 1 senso di circolazione per nave bus Mare Express in condizioni meteomarine ordinarie e gravose (per velocità di transito maggiori di 12 nodi).

Si precisa infine che vanno tenuti in debito conto anche gli effetti idrodinamici indotti nel canale dalla navigazione (in termini di onde, correnti di ritorno e livello idrico) e a sua volta dei loro eventuali effetti per il dimensionamento della nuova conterminazione.

5.4 Criteri di operatività alla banchina dell'ILVA

Si fa cenno anche al criterio da considerare per il mantenimento delle condizioni di operatività/funzionalità alla banchina dell'ILVA, ubicata sul lato est della nuova opera a mare. A tale riguardo, si precisa che è stata studiata una configurazione/tipologia delle nuove opere in grado di garantire le condizioni di operatività alla banchina.

Si fa riferimento in particolare agli effetti delle onde che si propagano attraverso l'imboccatura all'estremità est della diga foranea esistente. Le condizioni meteomarine di riferimento per la funzionalità della banchina sono evidentemente quelle ricorrenti, relative a periodi di ritorno dell'onda di 1 e 5 anni.

Per definire la configurazione del Lato Est dell'Opera a Mare, viene considerato l'ingombro planimetrico del bacino di manovra degli spintori a servizio del naviglio operante sulla banchina ILVA (cfr. Figura 5.4.1).

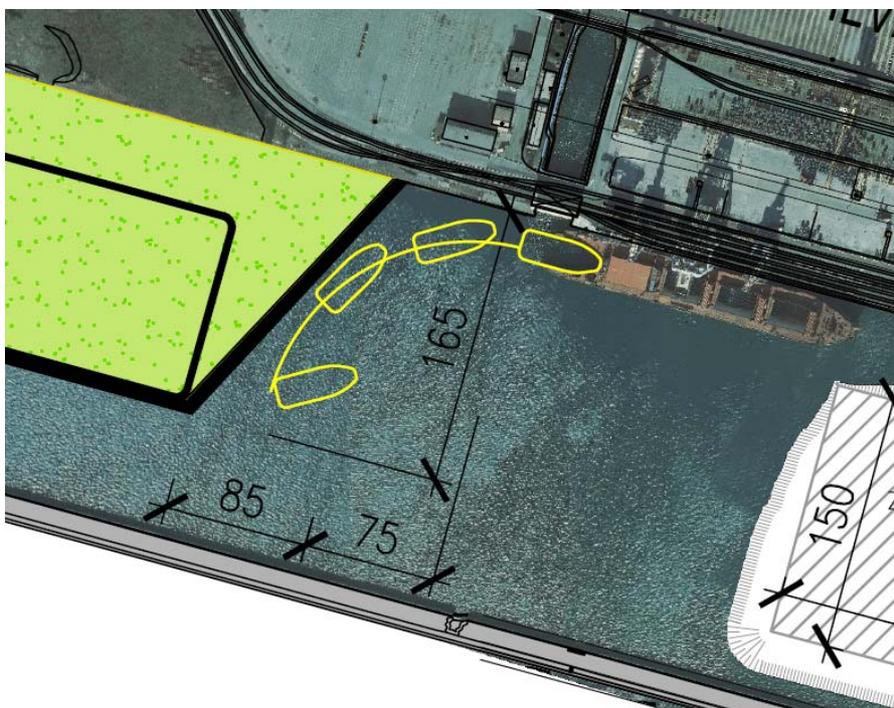


Figura 5.4.1 - Raffronto ingombro planimetrico Opera a Mare e bacino di manovra spintore a servizio banchina ILVA

5.5 Criteri di operatività nell'area di accesso al bacino di Multedo

Al fine di non compromettere le attività esistenti, si è provveduto a verificare che gli effetti indotti dalla nuova cassa di colmata sul lato ovest dell'opera a mare siano tali da non indurre un aumento dell'agitazione ondosa in prossimità dell'area di accesso al bacino di Multedo, rispetto a quella che caratterizza lo stato di fatto.

A tale scopo sono state eseguite delle attività modellistiche con riferimento a condizioni significative di navigazione, considerando eventi ondosi corrispondenti a tempi di ritorno di 5 anni e 20 anni.

Ai fini delle simulazioni, in prossimità dell'area di accesso al bacino di Multedo è stata considerata la configurazione di progetto riportata in Figura 5.5.1.



Figura 5.5.1 - Configurazione di progetto in prossimità dell'area di accesso al bacino di Multedo

5.6 Criteri meteomarini - Dimensionamento delle opere

Il periodo di ritorno dell'onda di progetto è stato definito in conformità alle "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti" edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996). Il periodo di ritorno dipende dalla vita tecnica dell'opera e dalla massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera.

La durata minima di vita per le opere è definita nella Tabella 5.6-1.

Tabella 5.6-1 - Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo Tv

Tipo dell'opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	Vita di progetto (anni)		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Per infrastrutture di uso generale si intendono opere di difesa di complessi civili o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera. Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc..

Il livello di sicurezza 1 si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.). Il livello di sicurezza 2 si riferisce ad opere e installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso dell'opera (opere di grandi porti, scarichi a mare di grandi città, ecc.). Il livello di sicurezza 3 si riferisce ad opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali, ecc.).

Per quanto riguarda la probabilità di occorrenza delle condizioni meteomarine di progetto, si assumono le probabilità corrispondenti al danneggiamento incipiente o alla distruzione totale in relazione alle deformazioni-modificazioni subite dall'opera in caso di danneggiamento ed alla difficoltà di riparare il danno subito (vedi Tabella 5.6-2).

Nel nostro caso si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di

sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione.

Tabella 5.6-2 - Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera Pf

Danneggiamento incipiente		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0,50	0,30
Media	0,30	0,20
Alta	0,25	0,15
Distruzione totale		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0,20	0,15
Media	0,15	0,10
Alta	0,10	0,05

Per rischio limitato per la vita umana si intendono i casi in cui a seguito del danneggiamento non è prevista alcuna perdita di vite umane. Quando queste perdite sono preventivabili, il rischio è elevato. Per ripercussione economica bassa, media e alta s'intendono casi in cui il rapporto fra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti dovuti alla perdita di funzionalità delle opere protette ed, il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5, è compreso fra 5 e 20 o è maggiore di 20.

Nel caso in esame il rischio per la vita umana viene ritenuto basso; per quanto riguarda la massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo operativo dell'opera, relativamente allo scenario di danneggiamento incipiente si assume una ripercussione economica medio bassa e quindi una probabilità di 0,4.

Alle opere presentate in questo progetto si può associare un livello di sicurezza pari a 2. Tutte le opere definitive possono essere considerate come infrastrutture civili ad uso generale, cui corrisponde quindi un tempo di vita di 50 anni. Ciò nonostante, su raccomandazione delle Autorità dell'Aeroporto di Genova, orientate ad una maggiore cautela, si è presa in considerazione una vita tecnica dell'opera pari a 100 anni.

La combinazione del tempo di vita dell'opera T_v e della probabilità di danneggiamento P_f determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto T_{rp} :

$$T_{rp} = T_v / [-\ln(1 - P_f)]$$

Tipo di danno	T_v (anni)	P_f	T_{rp} teorico (anni)	T_{rp} adottato (anni)
Danneggiamento incipiente	100	0,4	196	200

In definitiva, per il dimensionamento delle opere di progetto, si considerano condizioni meteomarine (ed in particolare un'onda significativa) corrispondente ad un periodo di ritorno di 200 anni.

5.7 Criteri meteomarini - Tracimazione

La quota di coronamento della nuova opera di conterminazione è stata definita in modo tale da garantire adeguati margini di sicurezza nei confronti della tracimazione del moto ondoso che si verifica nel Canale di Calma.

A tal fine, sulla base delle condizioni meteomarine all'interno del Canale di Calma, lungo tutto lo sviluppo della nuova opera di conterminazione, vanno stimate le portate medie di tracimazione al variare del tempo di ritorno, verificando che l'entità di tali portate risulti compatibile con i limiti consentiti in base alle caratteristiche strutturali e alle diverse funzionalità delle opere. Più precisamente si fa riferimento al criterio di verifica delle condizioni di tracimazione della nuova opera in grado di garantire da una parte le condizioni di operatività/esercizio a tergo in situazioni meteomarine ricorrenti e dall'altra la sicurezza strutturale in situazioni meteomarine estreme.

Per la definizione dei limiti di accettabilità si è fatto riferimento all'EurOtop Manual (2007)¹.

In particolare, i limiti di tollerabilità delle portate di tracimazione sono stati definiti come segue, in relazione alle condizioni critiche per il normale esercizio e la sicurezza strutturale delle opere:

- $q_{\max} (T_r=1 \text{ anni}) = 1 \text{ l/s/m}$ per l'azione in sicurezza del personale dell'aeroporto;
- $q_{\max} (T_r=5 \text{ anni}) = 10 \text{ l/s/m}$ per l'azione in sicurezza del personale dell'aeroporto;
- $q_{\max} (T_r=200 \text{ anni}) = 50-200 \text{ l/s/m}$ per la sicurezza strutturale.

Per quanto riguarda la sicurezza del personale, si è verificato che i limiti di accettabilità vengano rispettati, con riferimento all'estremo inferiore dell'intervallo, per tempi di ritorno di 1 anno, e con riferimento all'estremo superiore dell'intervallo, per tempi di ritorno di 5 anni.

Per la sicurezza strutturale, in relazione a eventi con tempo di ritorno di 200 anni, si è fatto riferimento all'estremo superiore dell'intervallo indicato.

Pertanto, sulla base dei limiti delle portate massime di tracimazione, sono state definite la quota e le caratteristiche del muro paraonde per garantire le funzioni sopra evidenziate.

5.8 Criteri ambientali

Considerata la presenza di significative concentrazioni di amianto in buona parte dei materiali che saranno utilizzati per realizzare la colmata, dal punto di vista ambientale il principale obiettivo del progetto è stato quello di evitare ogni rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente circostante (sia in atmosfera che nelle acque marine) durante tutte le

[†] EA (UK), ENW (NL), KFKI (DE) (2007). "EurOtop - Wave Overtopping of sea defences and related structures: assessment manual";

operazioni di realizzazione della colmata e, sul lungo periodo, dopo l'ultimazione della colmata stessa.

È nota in letteratura la pericolosità delle fibre di amianto in atmosfera per la salute pubblica, legata principalmente alla loro cancerogenicità se inalate in concentrazioni elevate o per lunghi periodi; meno nota è la pericolosità delle fibre in ambiente acquatico. Tuttavia la possibile presenza di fibre libere nelle acque della colmata e la necessità di scaricare le stesse nelle acque circostanti comportano la necessità di adottare opportune misure, per evitare impatti significativi nei confronti dell'ambiente marino.

Per quanto riguarda la minimizzazione del rischio di rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente marino esterno al sito di progetto, i principali criteri adottati sono stati:

- realizzare la struttura di contenimento della colmata in modo da garantire una costante di permeabilità non superiore a 10^{-6} m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa ^[1];
- prevedere che il materiale proveniente dalle tubazioni di mandata sia scaricato solo dopo che il perimetro della colmata sia stato completato;
- man mano che il materiale verrà depositato all'interno della colmata, inviare tramite una tubazione dedicata, le acque in eccesso ad un impianto di trattamento prima dello scarico in mare, così da garantire il rispetto dei limiti fissati dall'autorità di controllo^[2].

Per quanto riguarda invece il rilascio delle fibre in atmosfera, aspetto di particolare rilevanza non solo ambientale ma anche per la valutazione del rischio per la salute umana, i principali criteri ambientali a base della progettazione sono stati:

^[1] Si ricorda che l'amianto non è presente in acqua in fase disciolta ma come fibra in sospensione e quindi non è necessaria l'adozione di uno standard di tenuta più restrittiva, come nel caso di colmate realizzate con materiali contaminati da elementi che possono essere presenti in fase disciolta

^[2] La legislazione vigente (DLgs.152/06) non prevede un limite alle acque di scarico, ma solo un valore guida per le acque di falda sottoposte a bonifica (7 milioni di fibre /l) che deve essere ulteriormente definito. La legislazione specifica per l'amianto (DL 114/95) prevede anche un limite di 30 mg/l come materia totale in sospensione per gli effluenti liquidi provenienti dalle attività industriali o di bonifica, tale limite non sembra però applicabile al caso in esame.

- prevedere che le fibre siano sempre mantenute in ambiente acquatico durante tutte le operazioni di versamento del materiale scavato e che non possano mai arrivare all'interfaccia acqua/aria;
- prevedere che le fibre siano sempre mantenute in ambiente acquatico durante le fasi di trattamento nell'impianto di depurazione appositamente realizzato;
- prevedere che le fibre si mantengano sempre in ambiente saturo durante lo stoccaggio a lungo termine all'interno della colmata, una volta completata l'opera.

Un'ulteriore aspetto rilevante è rappresentato dai sedimenti presenti nel canale di calma, i quali presentano concentrazioni significative di alcuni analiti, fatto che richiede l'adozione di specifiche misure durante la costruzione della colmata e di versamento dei materiali, per evitare fenomeni di risospensione tali da provocare un rilascio significativo di sostanze verso l'esterno della colmata.

5.9 Criteri costruttivi

I criteri costruttivi utilizzati per la scelta della soluzione progettuale dell'opera nel canale di Calma riguardano in sostanza:

- la vicinanza con l'aeroporto e la conseguente necessità di minimizzare le operazioni in cantiere che possono avere ripercussioni sulle attività dell'aeroporto;
- la correlazione della "Gronda di Ponente" ed in particolare con l'escavo delle gallerie destinate a produrre lo smarino utilizzato per il riempimento.

Per quanto riguarda il primo aspetto è stata prescelta la soluzione che potesse consentire la massima prefabbricazione delle opere di conterminazione.

È stata pertanto prescelto l'utilizzo di cassoni cellulari in conglomerato cementizio armato, prefabbricati in un cantiere esterno all'area di intervento, trasportati quindi in navigazione all'interno del Canale di Calma, affondati con l'utilizzo di acqua di mare e quindi appesantiti, per la stabilità a lungo termine, con lo smarino privo di contenuto di amianto derivato dalle gallerie in sponda sinistra o dalla porzione non amiantifera delle gallerie in sponda destra. Con questa soluzione la presenza in cantiere è ridotta alla fase finale del

trasporto ed all'affondamento, utilizzando rimorchiatori e pontoni dotati di gru e mezzi di movimentazione comunque compatibili per altezza con i coni di sicurezza previsti dall'aeroporto.

Per quanto riguarda la correlazione temporale con l'escavo delle gallerie della Gronda di Ponente, si rimanda al cronoprogramma dell'opera dove è ben individuato il rapporto temporale reciproco tra le attività di escavo delle gallerie, la relativa produzione di materiale di smarino e le fasi di realizzazione dell'opera a mare.

6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

6.1 Le opere di conterminazione

La conterminazione dell'opera a mare è prevista tramite 143 cassoni cellulari in conglomerato cementizio armato; di essi, 6 sono posti nel senso ortogonale all'attuale marginamento dell'aeroporto, a formare il marginamento sul lato ovest della colmata, 7 sono posti sul lato est, con un'inclinazione di $62^{\circ},4$ rispetto alla linea di riva, al fine di consentire le manovre dei rimorchiatori che supportano le manovre delle navi che approdano alla banchina ILVA, i rimanenti 130 sono posti parallelamente all'attuale marginamento a formare la nuova conterminazione del Canale di Calma; le dimensioni totali della colmata sono 165 m ortogonalmente all'attuale marginamento e 3.493,0 m nella direzione del Canale di Calma (vedi Figura 6.1.1).

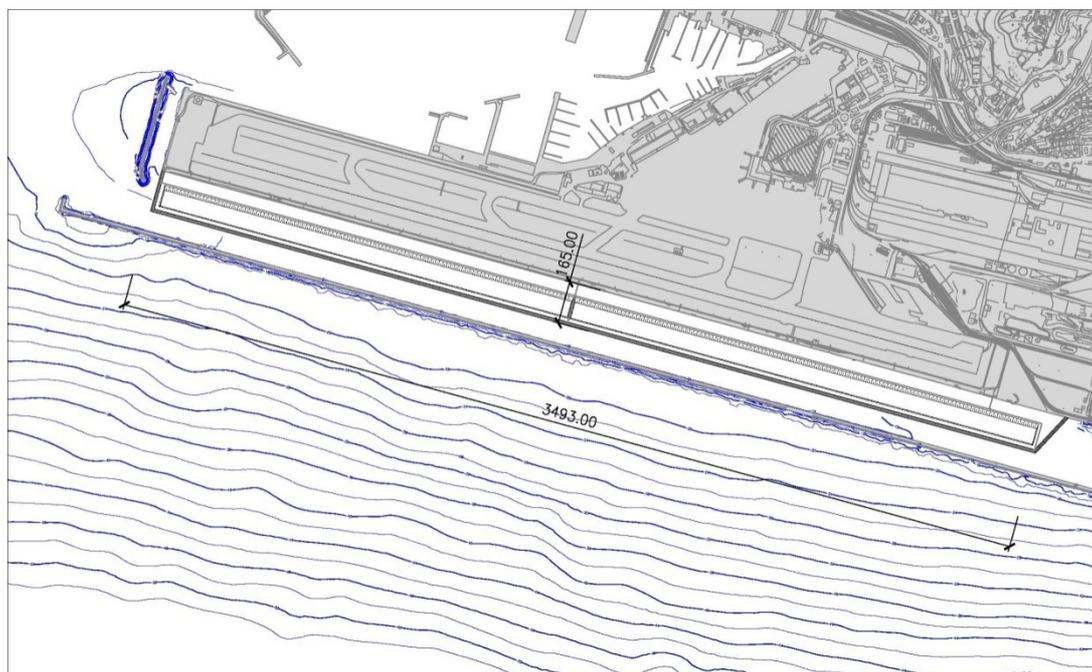


Figura 6.1.1 - Opera a mare nel Canale di Calma - Dimensioni in pianta dell'estensione del marginamento

Sul lato ovest i cassoni cellulari continuano il filo esistente dell'area aeroportuale; sul lato est la colmata si estende per circa 88 m oltre all'attuale limite dell'area aeroportuale, nella zona antistante la concessione ILVA, fino a circa 75 m dal canale scolmatore interno alla concessione ILVA; qualora fosse di interesse del concessionario, la nuova banchina di lunghezza 185 m ottenuta sul lato est, potrà essere affidata in concessione compensando in tal modo la sottrazione del tratto di riva ad ovest del canale scolmatore interno, che pure non pare efficacemente utilizzabile né frequentemente utilizzata.

La tipologia della sezione è rappresentata nella Figura 4.6. L'imbasamento dei cassoni è previsto, a quote variabili in funzione della batimetria presente, su uno strato granulare di pezzatura 2-300 kg a sua volta posato su un geotessuto di grammatura 400 g/m² avente lo scopo di separare il materiale presente sul fondale dal pietrame di imbasamento; all'esterno dell'imbasamento è prevista una mantellata di protezione in scogliera, di pezzatura 300÷1000 kg.

I cassoni prefabbricati raggiungono la quota +1,0 m s.m.m.; al di sopra di questa quota è prevista la soletta di finitura, di spessore 0,75 m, a raggiungere la quota finita di +1,75 m s.m.m.; sul lato esterno, lungo i lati ovest e sud della colmata, è previsto un muro paraonde, con sommità alla quota +3,50 m s.m.m.; sul lato est della colmata, ove l'altezza d'onda è inferiore, non è previsto il muro paraonde.

Lungo il filo esterno del marginamento, le batimetrie variano tra la quota -14,50 m s.m.m. e la quota -10,00 m s.m.m.; al fine di ottimizzare il costo della soluzione, al contempo minimizzando le operazioni in sito, si è previsto, lungo lo sviluppo del marginamento, di realizzare imbasamenti in pietrame di spessore massimo 2,5 m. Questo criterio è stato assolto impostando, lungo lo sviluppo del marginamento, tre diverse quote di sommità dell'imbasamento; rispettivamente, procedendo da ovest, dove sono presenti le maggiori batimetrie, verso est, dove il fondale esistente è più alto, le quote sommitali dell'imbasamento sono la -12,50 m s.m.m.; -10,50 m s.m.m.; -8,50 m s.m.m..

Nelle tre zone sono quindi state previste tre diverse tipologie di cassoni; i cassoni di tipo A, in totale 62, di altezza 13,50 m, occupano 80,40 m del voltatesta sul lato ovest e 1.661,60 m di marginamento lungo il Canale di Calma; i cassoni di tipo B sono in totale 64, hanno un'altezza di 11,50 m, ed occupano 84,60 m del voltatesta sul lato ovest, oltre ad un tratto

di marginamento lungo il Canale di Calma di 1.634,80 m; i cassoni di tipo C sono in totale 17, hanno un'altezza di 9,50 m ed occupano il tratto orientale del marginamento lungo il Canale di Calma per una lunghezza di 196,60 m; il voltatesta sul lato est dell'opera a mare è realizzato con 7 cassoni di tipo C per una lunghezza di 185 m; come già anticipato in questa relazione, tutti i cassoni sono dotati di celle antiriflettenti.

Nel novero dei cassoni di ciascuna delle tipologie "correnti" sopra citate, sono previsti cassoni "speciali" che contengono le opere di scarico della gronda dell'aeroporto o del rio Secco e del Rio Roncallo che oggi scaricano nel Canale di Calma e sarebbero quindi intercettati dall'opera a mare, descritte nel dettaglio nel seguito di questa relazione.

Si veda nella seguente Figura 6.1.2 una pianta in cui sono individuati i cassoni delle diverse tipologie e, al loro interno, il numero e la posizione dei cassoni "speciali" che contengono le opere di scarico idraulico.

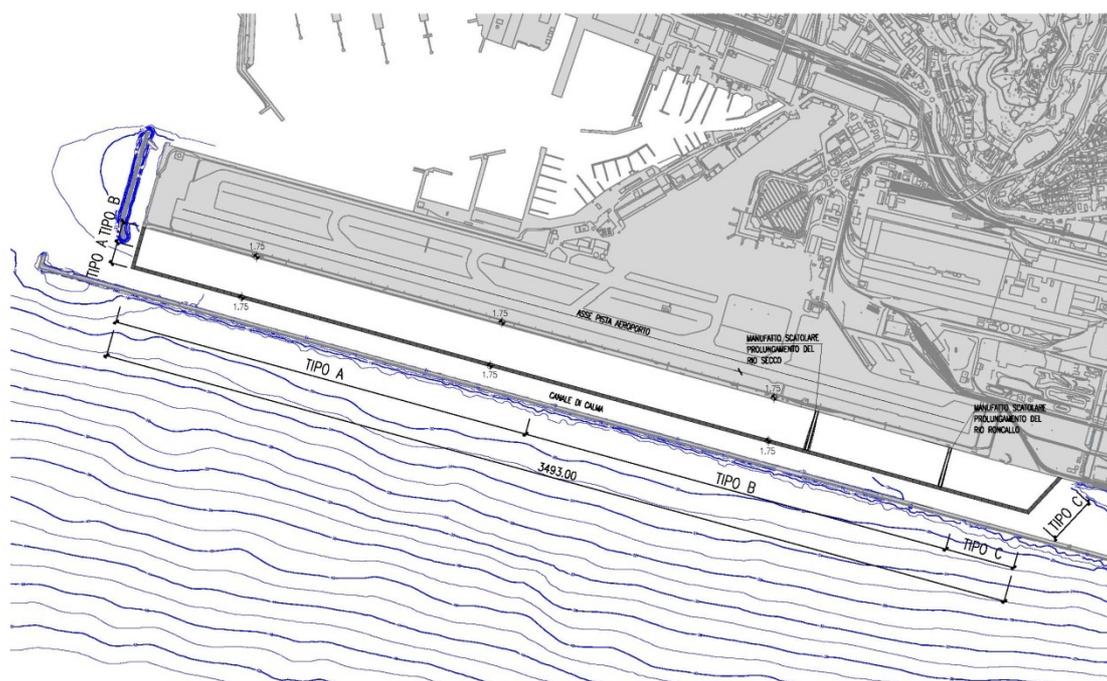


Figura 6.1.2 - Opera a mare nel Canale di Calma - Conterminazione - Tipologia dei cassoni

I cassoni tipo A sono dunque caratterizzati da un'altezza di 13,50; essi (vedi Figura 6.1.3) hanno dimensioni in pianta di 14,80 m x 26,70 m; sono costituiti da 21 celle di dimensioni interne nette di 3,50 m x 3,70 m (3,80 m le celle centrali); i muri perimetrali hanno uno spessore di 50 cm; le pareti interne che compartimentano le celle hanno spessore di 20 cm; la soletta di fondo ha uno spessore di 70 cm.

La parte superiore del cassone, per un'altezza di 4,60 m, è occupata dalla cella antiriflettente, nella quale il pietrame di protezione, di pezzatura 300÷1000 kg, è disposto con una pendenza di circa 1 / 2,5, ad occupare l'intera larghezza interna del cassone; tali dimensioni e la pendenza del pietrame sono stati definiti in base ai risultati di una campagna sperimentale svolta dal "Danish Hydraulic Institute" nell'anno 1987 su cassoni destinati alla base navale di Taranto, al fine di verificarne le proprietà antiriflettenti (Danish Hydraulic Institute – Taranto Naval Base – Hydraulic Model Tests Reflection from quay structures – May 1987); i risultati dello studio citato affidano ad una siffatta cella il richiesto coefficiente di riflessione uguale a 0,5.

Lungo le pareti laterali, destinate ad essere affiancate dal cassone adiacente, due incavi trapezoidali sono preparati durante la fase di getto per poter poi realizzare in opera le calze di sigillatura idraulica del giunto tra i cassoni, previsto dell'ordine di 10 cm.

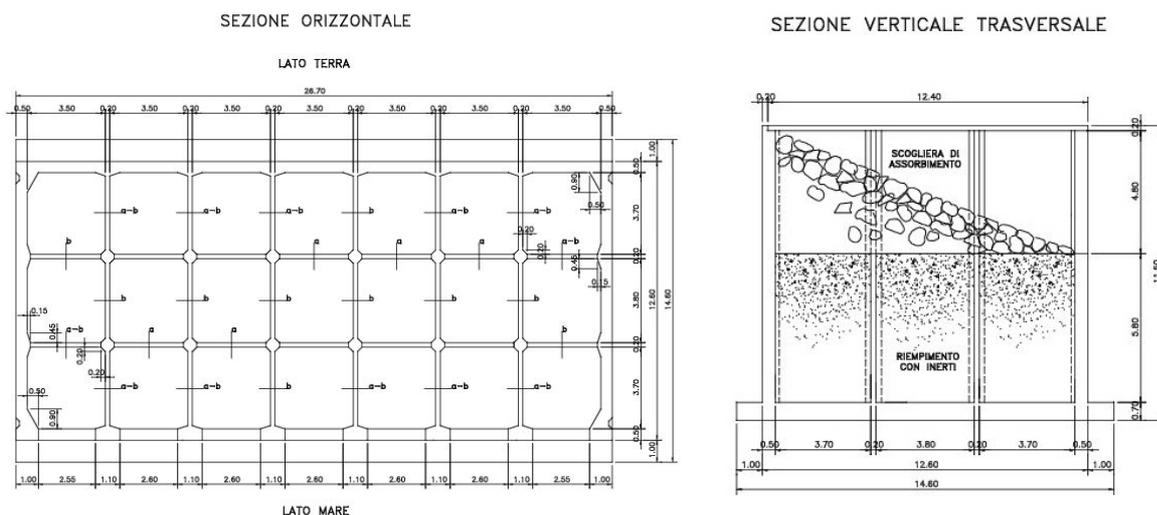


Figura 6.1.3 - Opera a mare nel Canale di Calma - Conterminazione - Cassoni tipo A

I cassoni tipo B hanno un'altezza di 11,50 m; essi (Figura 6.1.4) hanno dimensioni in pianta di 14,80 m x 26,70 m; sono costituiti da 21 celle di dimensioni 3,50 m x 3,70 m (3,80 m le celle centrali); i muri perimetrali, i setti interni e la soletta di fondo hanno spessori del tutto identici a quelli del cassone tipo A, così come le caratteristiche della cella antiriflettente; anche gli incavi per le calze sono presenti, realizzati con il medesimo criterio.

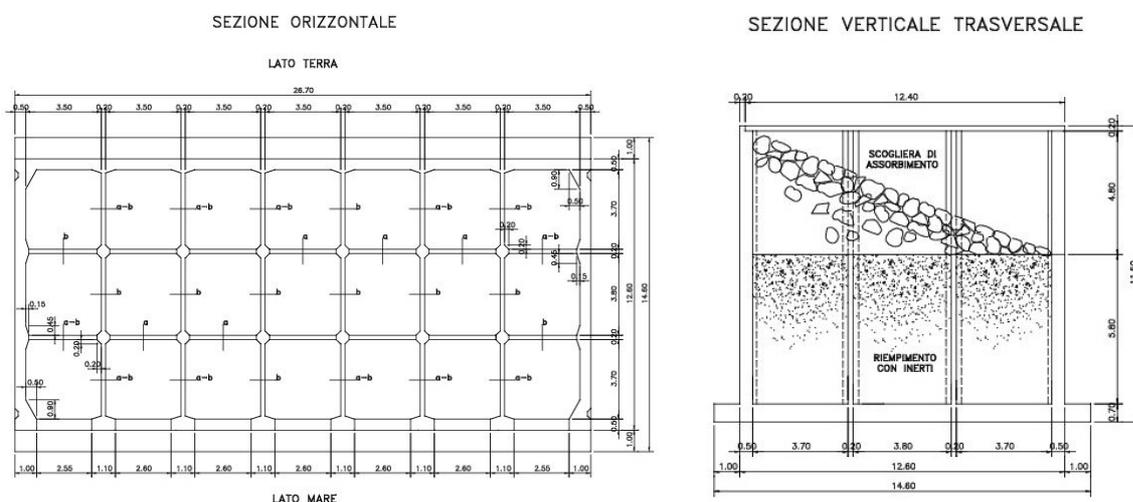


Figura 6.1.4 - Opera a mare nel Canale di Calma - Conterminazione - Cassoni tipo B

I cassoni tipo C hanno un'altezza di 9,50 m; essi (Figura 6.1.5) hanno dimensioni in pianta di 14,80 m x 26,70 m; sono costituiti da 21 celle di dimensioni 3,50 m x 3,70 m (3,80 m le celle centrali); i muri perimetrali, i setti interni e la soletta di fondo hanno spessori del tutto identici a quelli del cassone tipo A, così come le caratteristiche della cella antiriflettente.

Anch'essi riportano lungo il lato corto le tasche che consentiranno la posa delle calze di sigillatura dei giunti tra cassone e cassone.

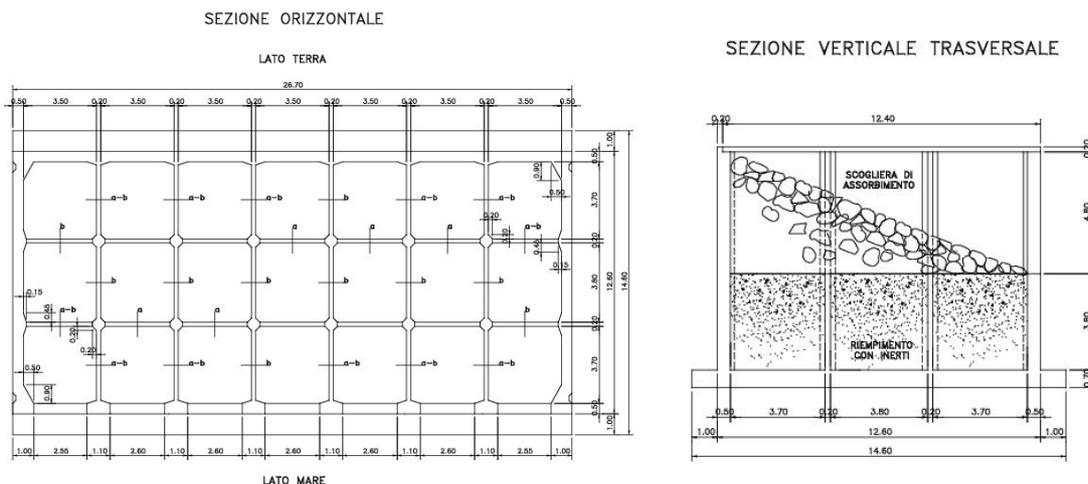


Figura 6.1.5 - Opera a mare nel Canale di Calma - Conterminazione - Cassoni tipo C

Come già velatamente anticipato, il marginamento del deposito deve assolvere non solo le funzioni statiche di sostegno del materiale versato internamente alla colmata, ma anche quella di chiusura idraulica, secondo i criteri ambientali esposti al Paragrafo 5.8 di questa relazione.

La tenuta idraulica dell'opera è garantita dalla struttura del cassone stesso, dalla presenza di giunti impermeabili posti negli spazi esistenti fra cassone e cassone e dalla impermeabilizzazione della struttura di imbasamento, che costituisce una via preferenziale per le acque a causa della permeabilità elevata del materiale grossolano.

La realizzazione della parete in cassoni prevede la posa di un tessuto non tessuto sul fondale e la successiva posa di materiale di cava di pezzatura adeguata mediante bettolina a fondo apribile o mediante benna montata su pontone.

La posa del tessuto non tessuto ha una finalità essenzialmente ambientale ossia quella di minimizzare la risospensione dei sedimenti di fondo durante le operazioni di versamento del materiale necessario per costruire lo scanno.

In questo modo si possono minimizzare sia l'emissione di torbidità (ricordiamo che i sedimenti superficiali hanno predominanza delle frazioni limose ed argillose) che delle sostanze inquinanti presenti.

Una volta terminata la realizzazione dello scanno di imbasamento, i cassoni, precedentemente realizzati in siti esterni all'area di progetto, vengono portati in galleggiamento fino al canale di calma e qui vengono affondati nelle posizioni previste, per poi essere riempiti con il materiale non amiantifero proveniente dallo scavo delle gallerie.

Lo spazio esistente fra ogni cassone ed il cassone adiacente viene sigillato mediante la realizzazione di due giunti impermeabili costituiti da elementi tubolari ("calza") composti da un tessuto geosintetico in cui è posto un materiale di riempimento costituito da una miscela di cemento bentonite in grado di dare un coefficiente di permeabilità non superiore a quello del calcestruzzo dei cassoni (stimato in 10^{-6} m/s).

L'impermeabilizzazione dello scanno viene invece ottenuta mediante posa di un telo impermeabile, risvoltato sul cassone, che si estende sul fondale per una lunghezza di circa 10 m.

Con l'adozione delle misure citate, nel complesso la barriera è in grado di fornire un coefficiente di permeabilità non superiore a 10^{-6} m/s.

Dal punto di vista prestazionale, la definizione del grado di protezione della barriera è stata sviluppata sulla base delle seguenti considerazioni:

- trascurando le fibre di amianto, i materiali scaricati nella cassa di colmata sono essenzialmente "puliti" ossia non presentano concentrazioni di metalli in tracce in quantità tali da generare concentrazioni significative all'interno della colmata tenendo conto dei volumi di diluizione necessari per mantenere fluida la miscela nello slurrydotto e dei volumi d'acqua presenti nella colmata all'inizio delle operazioni. la quantità di elementi in traccia rilasciati dai materiali durante le fasi di scavo e trasporto non è nota (sarà determinata tramite sperimentazioni di prossimo avvio) tuttavia considerando che si tratta di elementi di origine naturale legati alla matrice cristallina delle rocce e che le condizioni di trasporto e deposito avvengono in ambiente neutro o debolmente alcalino (è noto in letteratura che la maggior parte dei metalli viene mobilizzata in ambiente acido), si è ipotizzato che la quantità in grado di passare in soluzione in fase acquosa sia modesta.

- L'eventuale flusso di inquinanti in soluzione attraverso la barriera dipende quasi esclusivamente da fenomeni diffusivi, il moto avvertito principale è diretto verso la vasca di ricircolo per effetto dell'azione delle pompe che aspirano le acque dalla colmata per inviarle al depuratore e alla tubazione di ritorno dello slurrydotto; lungo la barriera, l'unico flusso che potrebbe instaurarsi è quello legato all'oscillazione della marea, che genera una differenza di pressione idrostatica fra l'interno della colmata e l'esterno; tuttavia viste le ampiezze in gioco, anche questo aspetto è stato considerato trascurabile
- Le schiume utilizzate per mantenere il materiale nello slurrydotto della consistenza desiderata potrebbero raggiungere concentrazioni significative nelle acque di colmata al procedere del ricircolo e nelle fasi finali del riempimento; tuttavia si tratta di sostanze soggette a degradazione biologica in tempi abbastanza rapidi (giorni), la cui concentrazione originale nella colmata tende dunque a ridursi nel tempo (anche in questo caso è prevista una sperimentazione per verificare le concentrazioni attese ed i possibili tempi di decadimento)

Dalle considerazioni sopraesposte, emerge che le fibre libere di amianto rappresentano quindi il principale elemento di criticità ambientale, in quanto potrebbero essere presenti in quantità significative nelle acque.

Si tratta comunque di elementi in sospensione, la cui dimensione, per quanto micrometrica (le fibre libere hanno un diametro dell'ordine di 1-5 micron), può essere efficacemente contrastata adottando un coefficiente di permeabilità pari a quello normalmente fornito dal calcestruzzo (10^{-6} m/s) che quindi è stato adottato come criterio di progetto; tuttavia va segnalato che anche per questo aspetto sono già previste sperimentazioni volte a verificare la capacità di intercettare le fibre di setti porosi a differente grado di permeabilità.

Esaminando la struttura di conterminazione si può dunque osservare come la struttura del cassone sia certamente idonea a garantire lo standard richiesto e gli altri punti critici, gli spazi fra cassone e cassone e lo scanno di imbasamento sono stati risolti rispettivamente attraverso la creazione di giunti impermeabili in cemento e bentonite e la posa di una

guaina impermeabile. Si ricorda che anche per le fibre vale quanto detto sopra in merito alla assenza di gradienti idraulici significativi in grado di creare flussi attraverso la barriera.

Per quanto riguarda la possibile filtrazione sotto la barriera, le verifiche svolte (vedi Quadro di Riferimento Ambientale del volume 2 dello Studio di Impatto Ambientale) hanno evidenziato che solo le acque interstiziali presenti negli strati superficiali di sedimento possono effettivamente rilasciare acque verso l'esterno, anche se in misura limitata, per effetto delle pressioni generate dalla colmata. Ciò non riguarda invece i materiali potenzialmente amiantiferi in quanto durante il consolidamento, le pressioni generate all'interno dei materiali vengono dissipate verso le acque sovrastanti, a causa della elevata permeabilità del materiale versato e non sono in grado quindi di generare un flusso che spinga le fibre attraverso il sedimento di fondo.

6.2 L'utilizzo dello spazio all'interno delle opere di conterminazione

L'area della colmata, interna alle opere di conterminazione, può essere sostanzialmente divisa in due parti (Figura 6.2.1):

- la prima parte, sul lato est, per una lunghezza di circa 555 m denominata piarda - vasca A1 + vasca W1, è dedicata in un primo momento alla realizzazione di una piarda, destinata a ricevere i primi apporti di materiale, non amiantifero, provenienti dall'escavo delle gallerie con TBM;
- la seconda parte, a completamento della colmata, è destinata ad accogliere le vasche per il deposito del materiale potenzialmente amiantifero (denominate A2 e A3) e la vasca di captazione dell'acqua di ricircolo/esubero (vasca W2).

Il motivo di questa prima suddivisione dello spazio all'interno della colmata deriva sostanzialmente dalla necessità di ospitare all'interno dello spazio disponibile i materiali di smarino con la cadenza temporale con cui essi sono prodotti durante le operazioni di escavo delle gallerie.

Dunque la prima parte della colmata sul lato est, in grado di ricevere circa 1.150.000 m³ di materiale non amiantifero, sarà realizzata predisponendo inizialmente un rilevato in materiale granulare, di conterminazione dell'area della piarda, impermeabilizzato sul lato ovest con il telo in HDPE precedentemente descritto, ad evitare eventuali contaminazioni del materiale depositato nella piarda da parte del materiale potenzialmente amiantifero o dell'acqua in cui esso si trova immerso, che sarà depositato nella vasca A2 adiacente. L'argine ha dimensioni in sommità di 5 m, al fine di consentire il transito di mezzi di cantiere e scarpate di pendenza 4/3.

Prima del deposito del materiale della piarda, al fine di garantire la separazione tra il materiale in sito ed il materiale depositato, sarà posto in opera un geotessuto di grammatura 400 g/m².

Il materiale depositato all'interno della piarda, una volta completato il deposito del materiale potenzialmente amiantifero nelle vasche adiacenti A2 e A3, e dopo che sarà posta in opera la impermeabilizzazione alla quota +0,30 m s.m.m. su detto materiale, sarà quindi riscavato ed utilizzato per formare il capping delle vasche adiacenti.

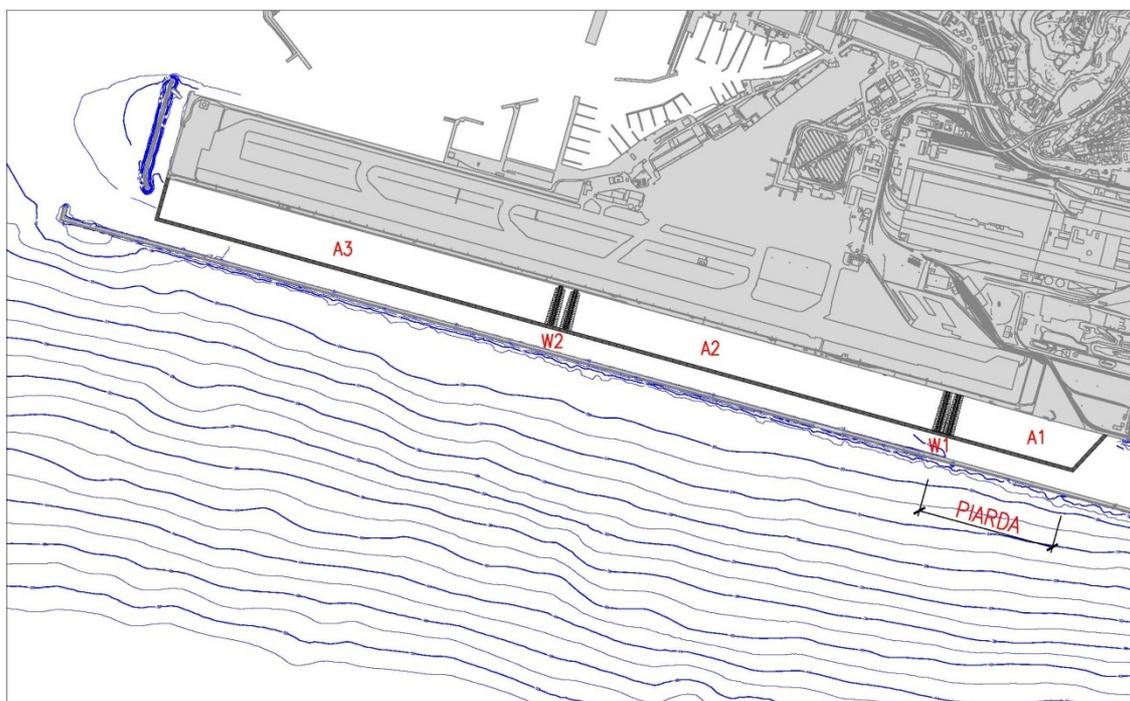


Figura 6.2.1 - Opera a mare nel Canale di Calma - Utilizzo dello spazio all'interno delle opere di conterminazione

Lo scavo è previsto fino a 50 cm al di sopra del fondale esistente, al fine di lasciare con certezza in opera un filtro di una certa consistenza che assicuri che durante l'escavo nella piarda non sia prelevato anche il materiale oggi esistente sul fondale, non idoneo dal punto di vista fisico/chimico alla formazione del capping.

A questo punto il volume scavato sarà disponibile per la posa del materiale potenzialmente amiantifero entro la vasca denominata A1, che sarà depositato dopo la formazione di una vasca per la captazione delle acque, denominata W1, ottenuta con la costruzione di un secondo argine, delle stesse caratteristiche geometriche del primo, e dopo la predisposizione della impermeabilizzazione dello scanno dei cassoni.

Al termine del deposito delle rocce da scavo provenienti dalle formazioni potenzialmente amiantifere, alla quota -1,00 m s.m.m., si porrà in opera un primo strato di materiale non amiantifero sino alla quota +0.30 m, quindi si predisporrà l'impermeabilizzazione superficiale e successivamente un secondo strato di materiale non amiantifero che costituirà il capping dell'opera e che conterrà il sistema di captazione delle acque superficiali; per il dettaglio relativo si rimanda il lettore ai successivi paragrafi di questa relazione.

La seconda parte della colmata, sul lato ovest, di lunghezza 2.960 m circa, è deputata a ricevere da subito il materiale proveniente dalle formazioni potenzialmente amiantifere.

Essa è a sua volta divisa in tre vasche; le due vasche laterali, denominate A2 e A3, di lunghezza rispettivamente 1.415,00 m e 1.495,00 m, sono deputate a ricevere lo smarino proveniente dalle formazioni potenzialmente amiantifere; la parte centrale, di lunghezza 50,00 m, costituirà invece la vasca W2 dalla quale sarà prelevata l'acqua, nella misura di cinque parti per il ricircolo nel circuito dello slurry, ed una parte per il depuratore; quest'ultima è la porzione di acqua "eccedente", corrispondente al volume "solido" depositato.

L'approccio seguito è essenzialmente quello di minimizzare i fenomeni di turbolenza mediante l'adozione di un sistema di diffusione della miscela che, operando sempre sott'acqua sia in grado di ridurre le velocità di uscita a poche decine di cm/s.

La forma e dimensione del diffusore sarà sviluppata in fase esecutiva a valle di una sperimentazione specifica in quanto questo tipo di diffusori deve essere sviluppato caso per caso, in base alle caratteristiche specifiche della miscela e dell'obiettivo di riduzione della portata in ingresso, tuttavia, come verrà evidenziato nel capitolo specifico, simulazioni modellistiche preliminari indicano che con velocità inferiori ai 30 cm/s è possibile evitare fenomeni di risalita delle fibre in prossimità della superficie dello specchio d'acqua.

Una volta completato il riempimento alla quota -1,0 m s.m.m., scelto al fine di assicurare che il materiale depositato proveniente dalle formazioni potenzialmente amiantifere sia sempre sotto il livello medio mare, si procederà alla stesa di uno strato di materiale non contenente amianto sino alla quota di +0,30m, quindi alla posa del sandwich formato da geotessile, geogriglia di captazione dell'acqua, membrana di impermeabilizzazione, e quindi alla posa di un secondo strato di materiale da scavo proveniente dalle formazioni non amiantifere, che conterrà anche il sistema dei drenaggi superficiali; per maggiori dettagli su questo argomento si rimanda ai paragrafi seguenti di questa relazione.

6.3 Bilancio dei materiali impiegati

Lo schema complessivo dei volumi nella nuova configurazione di progetto è riportato in Tabella 6.3-1, mentre la Tabella 6.3-2 riporta il confronto tra fabbisogni complessivi e disponibilità.

Tabella 6.3-1 Terre: quadro complessivo dei fabbisogni – Nuova configurazione

<i>Opera</i>	<i>Elementi infrastrutturali</i>	<i>Materiale con possibile contenuto di amianto (m³)</i>	<i>Materiale non contenente amianto (m³)</i>
Infrastrutture autostradali	Gallerie - Arco rovescio	903.732,00	365.029,00
	Pavimentazioni - Strati bianchi		272.250,00
	Totale infrastrutture autostradali	903.732,00	637.279,00
Opera a mare	Cassoni cellulari		220.094,70
	Scanno di imbasamento		275.582,40
	Scanno scatolari Rio Secco e Roncallo, comprensivo di compenetrazione e cedimento		10.640,20
	Argini, comprensivo di compenetrazione e cedimento		383.258,90
	Piarda, comprensivo di compenetrazione e cedimento		156.344,80
	Vasche acqua		70.904,80
	Strato copertura (capping)		2.009.294,00
	Vasche, comprensivo di compenetrazione e cedimento	5.616.448,90	
	Totale opera a mare	5.616.448,90	3.126.119,70
Totale		6.520.180,90	3.763.398,80

Tabella 6.3-2 Terre: fabbisogni e disponibilità – Nuova configurazione

<i>Opera</i>	<i>Materiale con possibile contenuto di amianto (m³)</i>	<i>Materiale non contenente amianto (m³)</i>
• Infrastrutture autostradali	903.732,00	637.279,00
• Opera a mare	5.616.448,90	3.126.119,70
• Sistemazioni morfologiche		329.000,00
• Smaltimento a discarica	156.622,00	
• Riempimento agli imbocchi		988.543,00
• Calcestruzzi non strutturali		396.175,00
Fabbisogno Totale	6.676.802,90	5.477.116,70
Disponibilità	6.671.105,00	5.380.059,00
Differenza	-5.697,90	-97.057,70

Ne deriva che la costruzione della colmata nel Canale di Calma comporta il riutilizzo di tutta la volumetria di materiale di smarino disponibile, garantendo una capienza residua di volume pari a 102.755,60 m³.

7. VERIFICHE IDRAULICHE

7.1 Caratterizzazione meteomarina

Nei paragrafi seguenti vengono delineate le principali caratteristiche meteomarine del paraggio di interesse, relativamente alla sua esposizione, ai livelli del mare, alle correnti litoranee, alle condizioni anemometriche ed ondose che lo caratterizzano.

A riguardo si fa presente che nelle analisi eseguite si è fatto riferimento, per quanto possibile, a registrazioni locali dei parametri di interesse, come delineato più precisamente nei paragrafi successivi.

Per quanto riguarda i livelli, le analisi sono state eseguite sulla serie storica delle registrazioni disponibili per il mareografo di Genova mentre relativamente alle correnti, i dati presi in considerazione sono quelli rilevati in due diversi punti al largo di Genova.

Per quanto attiene ai dati anemometrici, non avendo a disposizione dati in corrispondenza dell'area di intervento, si è fatto riferimento alle velocità del vento registrate dalla Stazione della Rete Mareografica Nazionale ubicata nei pressi dell'Acquario nel Porto Antico di Genova. Si è ritenuto che questa stazione sia in grado di fornire dati rappresentativi delle condizioni locali di interesse per la progettazione.

Infine, per quanto riguarda il moto ondoso, non essendo disponibili registrazioni locali nell'area oggetto dell'intervento, sono stati considerati due diversi set di dati: misurazioni dirette di moto ondoso reperibili in corrispondenza della boa della Rete Ondametrica Nazionale di La Spezia e dati di moto ondoso ricostruiti in un punto al largo di Genova, davanti al paraggio di interesse. Come di seguito spiegato più dettagliatamente, i dati di moto ondoso ritenuti rappresentativi per il paraggio di interesse sono poi stati trasferiti sottocosta e successivamente propagati in corrispondenza dell'area di realizzazione della colmata, al fine di ricavare le condizioni ondose di interesse per la progettazione delle nuove opere.

7.1.1 Esposizione del paraggio d'interesse

Il tratto di litorale lungo il quale si sviluppa Genova presenta una normale a riva orientata di circa 190° N ed è caratterizzato da un settore di traversia che presenta un angolo di apertura di circa 115° , essendo delimitato dalle direttrici 115° N (Isola di Palmaria) e 230° N (Imperia).

In Figura 7.1.1.1 è evidenziato il settore di traversia relativo al paraggio di interesse.

Dall'osservazione della morfologia delle coste limitrofe e dall'analisi del fetch è possibile individuare un settore di traversia principale compreso tra le direttrici 190° N e 230° N.



Figura 7.1.1.1 - Settore di traversia relativo al paraggio di interesse

7.1.2 I livelli del mare

Nel Golfo di Genova l'ampiezza di marea è modesta, come dimostrano i dati mareografici delle stazioni di Genova ed Imperia forniti dall'APAT (Agenzia per l'Ambiente ed il Territorio) per il periodo 1998-2008. I valori massimi di marea registrati nel periodo sono pari a $+0.5$ m per il sito di Genova e a $+0.43$ m per quello di Imperia. I valori minimi sono, rispettivamente, di -0.33 m e -0.36 m.

Le variazioni del livello marino definiscono un segnale complesso, che può considerarsi il risultato delle interazioni tra due componenti fondamentali: la marea astronomica, di

natura periodica e causata dalle forze di attrazione combinate della luna e del sole, e la cosiddetta componente meteorologica, aleatoria e dovuta agli effetti indotti sulla superficie marina dalle variazioni delle condizioni atmosferiche. Per poter eseguire un'analisi statistica della componente meteorologica del segnale di marea, e fare quindi previsioni di livello legate al tempo di ritorno, le registrazioni di marea sono state elaborate al fine di separare le due componenti astronomica e meteorologica. L'elaborazione è stata effettuata sulla serie storica delle registrazioni disponibili per il mareografo di Genova, relative al periodo 1998 – 2008. I dati hanno formato orario e sono riferiti allo 0 IGM.

L'analisi statistica di tali valori estremi è stata effettuata adattando la distribuzione di probabilità di Gumbel e la distribuzione Tipo III di Pearson. I risultati dell'elaborazione sono riportati nella tabella , con riferimento a valori del tempo di ritorno pari a 1, 5, 10, 20, 50 e 100 anni. Per determinare il livello estremo complessivo, occorre sommare al valore massimo stimato del contributo meteorologico un valore rappresentativo (la media) delle più elevate altezze di marea astronomica. I valori estremi complessivi del livello marino sono indicati anch'essi in Tabella 7.1.2-1.

T_r (anni)	M. Meteorologica (m)		M. Astronomica (m)	Livello marino (m)
	Pearson (tipo III)	Gumbel		
1	0.26	0.26	0.12	0.38 / 0.38
5	0.40	0.41	0.12	0.52 / 0.53
10	0.43	0.46	0.12	0.55 / 0.58
20	0.46	0.50	0.12	0.58 / 0.62
50	0.50	0.56	0.12	0.62 / 0.68
100	0.53	0.61	0.12	0.65 / 0.73
200	0.58	0.67	0.12	0.70 / 0.79

Tabella 7.1.2-1 - Risultati dell'analisi statistica dei livelli estremi

7.1.3 Le correnti litoranee

Il Mare Ligure è il bacino più settentrionale del Mediterraneo Occidentale. Si estende per un'area di circa 50.000 km², circondato dalle coste della Liguria, della Provenza orientale e, a sud, dalla Corsica settentrionale.

Il bacino ligure è allungato nella direzione Nord-Est – Sud-Ovest, e si apre, nella sua parte occidentale, verso il Golfo del Leone ed il bacino Algerino-Provenzale.

Nella sua parte orientale, il Mar Ligure è collegato al Mar Tirreno attraverso il Canale di Corsica, un passaggio ampio in superficie circa 90 km, e circa 30 Km sul fondo posto a 450 m di profondità tra la Corsica e l'isola di Capraia.

Lo sviluppo della piattaforma continentale è molto ridotto (con la sola eccezione della costa Toscana) e ciò pone la fascia costiera sotto l'effetto diretto del mare profondo. La batimetria della scarpata continentale segue l'andamento della costa, degradando rapidamente fino ai 1000 m.

Tra le particolarità più evidenti sono da citare due canyon presenti rispettivamente al largo di Genova e di Punta Mesco ed un promontorio sottomarino che si estende al largo di Nizza. Il centro del bacino è uniformemente profondo degradando progressivamente fino ad una profondità massima di 2700 m.

Il Mar Ligure, per la sua collocazione geografica, risente principalmente dei venti legati alle perturbazioni provenienti dall'Atlantico. Spostandosi da ovest verso est, queste richiamano dapprima venti meridionali mentre quando si allontanano dall'area lasciano il posto a venti nord-occidentali.

Il vento dominante è il Libeccio, che proviene da Sud-Ovest e dà luogo a forti mareggiate che interessano soprattutto la riviera di levante e le coste toscane, mentre lo Scirocco, che proviene dal Golfo della Sirte, interessa maggiormente la riviera di ponente, con aria caldo/umida portatrice di pioggia e temporali.

Senza entrare nel dettaglio delle complesse dinamiche che si sviluppano nel bacino ligure, è da sottolineare come esista, sotto costa, una corrente litoranea con circolazione antioraria, variabile come intensità a livello stagionale ed anche anno per anno, ma

comunque persistente in quanto alimentata sia dalla corrente del Mediterraneo Occidentale che dalla corrente Tirrenica (Figura 7.1.3.1).

Sulla base dei dati disponibili in letteratura, l'intensità della corrente che lambisce le coste liguri può essere valutata, al largo, in alcune decine di cm/s (mediamente ~ 20 cm/s).⁽²⁾

Al fine di tenerne conto nel presente studio, si è considerata una corrente proveniente da Nord Est, parallela alla costa, con intensità variabile fino a 10 cm/s nella zona più esterna del dominio di calcolo.

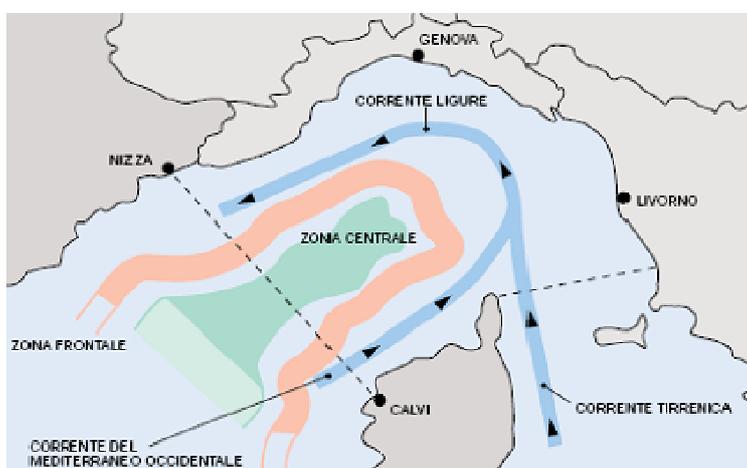


Figura 7.1.3.1 - Mar Ligure - Le principali strutture dinamiche e le correnti

7.1.4 Le condizioni anemometriche

I dati relativi alla velocità del vento, registrati dalla Stazione della Rete Mareografica Nazionale ubicata nei pressi dell'Acquario nel Porto Antico di Genova, si riferiscono al

⁽²⁾ Astraldi, M., and G. Gasparini, La circolazione costiera nel Mar Ligure orientale, Ist. Biol. Univ. Genova, 1986.

Cerrano C., Ponti M., Silvestri S. Guida alla biologia marina del Mediterraneo, Ananke Edizioni, ISBN 88-7325-050-5, 2004

Relini G., Dominio pelagico - il Santuario dei cetacei Pelagos, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, ISBN 88 88192 30 1, 2007

Laghi, M., Analisi della variabilità della circolazione del Mar Mediterraneo, Tesi di laurea in Oceanografia e Meteorologia - Università di Bologna, 2003

periodo che va dal 1-1-2001 al 31-12-2007; la quota di misurazione dei dati è 10 m l.m.m. Il vento rilevato da questa stazione presenta il 98% di dati validi. Si ritiene che questa stazione sia in grado di fornire dati rappresentativi delle condizioni locali.

I dati a disposizione sono stati elaborati nell'ambito del predetto studio al fine di ottenere le condizioni di vento nel paraggio d'interesse, con riferimento sia alle condizioni frequenti che a quelle estreme (vedi paragrafo seguente). In Figura 7.1.4.1 è riportata la rosa dei venti dedotta dalla serie anemometrica a disposizione. Le direzioni dominanti risultano essere quelle da N-NE, che rappresentano il 31% circa degli eventi e alle quali sono associati i venti più intensi e la direzione da S-SE con il 14% circa degli eventi. Per quanto riguarda l'intensità, il 97% circa degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 8 m/s mentre ai venti superiori a 16 m/s è associata la percentuale di 0.07.

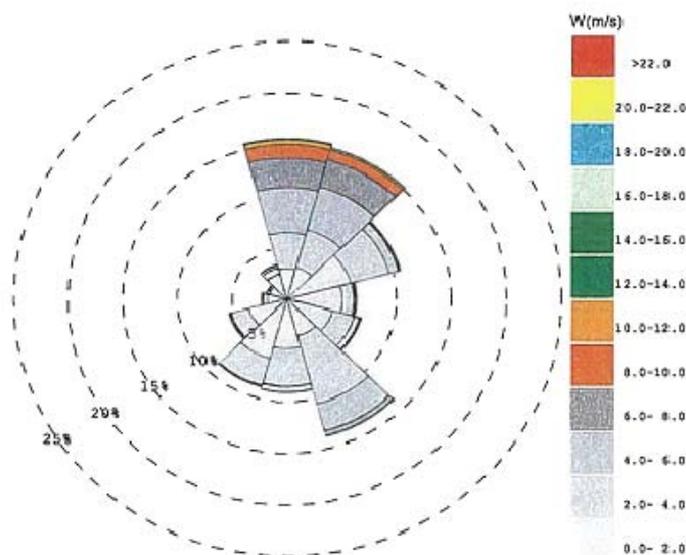


Figura 7.1.4.1 - Rosa dei venti - Stazione Rete Mareografica Nazionale S.R.N.M. (2001-2007)

I valori estremi della velocità del vento sottocosta sono stati ottenuti dall'elaborazione dello stesso set di dati, applicando la funzione probabilistica di Weibull.

In Tabella 7.1.4-1 si riportano i risultati delle elaborazioni effettuate.

DIR (°N)	PERIODO DI RITORNO (anni)					
	1	5	10	20	100	200
120	13.3	17.1	18.7	20.4	24.2	25.9
150	13.1	15.1	16.1	16.8	18.8	19.7
180	13.1	16.7	18.3	19.8	23.5	25.0
210	13.3	18.3	20.3	22.7	27.8	30.0
240	8.3	10.1	10.9	11.7	13.5	14.3
OMNI	19.7	22.6	23.9	25.1	28.1	29.3

Tabella 7.1.4-1 - Velocità del vento (m/s) in funzione del tempo di ritorno - dati S.R.N.M. (2001-2007)

7.1.5 Il moto ondososo al largo

I dati di moto ondososo che più si prestano a una definizione delle caratteristiche meteomarine del paraggio d'interesse sono riportati di seguito:

- Misurazioni dirette di moto ondososo: i dati registrati dalla boa della Rete Ondametrica Nazionale di La Spezia, dal 1/7/1989 al 10/10/2003. La boa ondometrica di La Spezia è direzionale ed ubicata alle coordinate 43°55.7' N e 9°49.6' E in acque di profondità 100 m. La disponibilità di dati è relativa a circa 15 anni, per un totale di 33882 dati triorari.
- Ricostruzione del moto ondososo dai dati di vento e di moto ondososo del Meteorological Office: i dati del MET OFFICE, ricostruiti a partire dalle carte sinottiche del tempo secondo il metodo di Bracknell, adottato dall'European Wave Model, forniscono, in corrispondenza dei nodi di una griglia, i dati triorari di vento e di moto ondososo dedotti attraverso l'applicazione del già citato metodo. Il nodo della griglia considerato ha le coordinate 44° N e 8.74° E ed è ubicato in una posizione adeguata per lo studio delle onde al largo del sito d'interesse. I dati acquisiti in questo punto sono relativi al ventennio 1987-2008 e costituiscono quindi un ampio campione di dati a disposizione.

In Figura 7.1.5.1 sono ubicati i punti di misura o di ricostruzione del moto ondososo.



Figura 7.1.5.1 - Ubicazione dei punti di misura o ricostruzione del moto ondoso

Il clima di moto ondoso al largo

Il litorale di Genova è interessato dalle onde provenienti dal settore 115° - 230° N, come è possibile dedurre dall'ubicazione e conformazione del paraggio d'interesse. Vengono presentati di seguito i risultati delle analisi condotte sulla base dei dati della RON, che sono stati considerati il riferimento per la progettazione delle opere. In termini di clima ondoso, per il settore di traversie d'interesse, le differenze tra i dati della UKMO e della RON non sono significative. In Figura 7.1.5.2 è riportata la rosa del moto ondoso ottenuta con i dati registrati dalla boa ondometrica di La Spezia. Nel grafico è stato riportato anche il settore di traversia (115° N- 230° N), in modo da evidenziare con più facilità le direzioni di provenienza delle onde di interesse per il paraggio di Genova.

I valori delle frequenze di occorrenza per determinate altezze d'onda significative e direzioni di provenienza sono invece riportati in Tabella 7.1.5-1.

Le mareggiate prevalenti, che risultano essere anche le più intense, provengono dal settore 210 - 240° N e rientrano nel settore di traversia che caratterizza il paraggio in esame.

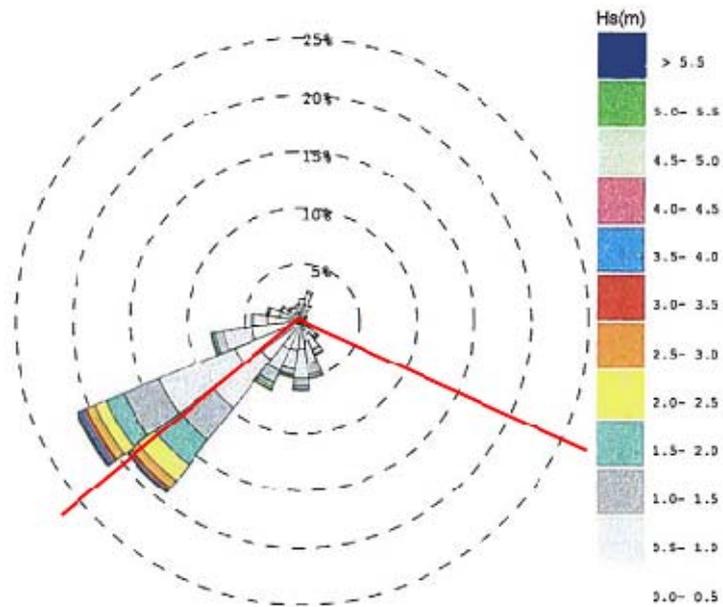


Figura 7.1.5.2 - Rosa del moto ondoso al largo ottenuta con i dati registrati dall'ondametro di La Spezia (1989-2003)

Hs (m)	≥ 0.25	≥ 0.75	≥ 1.25	≥ 1.75	≥ 2.25	≥ 2.75	≥ 3.25	≥ 3.75	≥ 4.25	≥ 4.75	≥ 5.25	≥ 5.75	≥ 6.25	≥ 6.75	≥ 7.25	Tot.
DIREZIONE °N	< 0.75	< 1.25	< 1.75	< 2.25	< 2.75	< 3.25	< 3.75	< 4.25	< 4.75	< 5.25	< 5.75	< 6.25	< 6.75	< 7.25		
0	0.960	0.910	0.160													2.040
15	1.360	1.150	0.270													2.780
30	0.910	0.500	0.080													1.490
45	0.410	0.150	0.020													0.580
60	0.310	0.130	0.020													0.460
75	0.230	0.090	0.020													0.340
90	0.240	0.080	0.010													0.330
105	0.250	0.120	0.030													0.390
120	0.370	0.390	0.160	0.020												0.940
135	0.660	0.980	0.260	0.060	0.010											1.960
150	1.220	1.430	0.480	0.090	0.010											3.230
165	1.750	2.010	1.040	0.290	0.070	0.010										5.180
180	2.420	2.640	0.730	0.270	0.070	0.030	0.010	0.010								6.190
195	2.550	1.750	0.500	0.160	0.090	0.020	0.010	0.010								5.080
210	2.650	2.120	1.150	0.450	0.190	0.070	0.010	0.020								6.670
225	4.290	5.390	3.620	2.810	1.720	0.790	0.370	0.180	0.050	0.010	0.000	0.000	0.000			19.230
240	6.300	7.120	3.350	1.690	1.000	0.750	0.420	0.330	0.170	0.080	0.040	0.010	0.000	0.000		21.260
255	4.290	2.510	0.750	0.250	0.100	0.040	0.010	0.000								7.970
270	2.840	1.210	0.260	0.070	0.050	0.020										4.450
285	1.900	0.890	0.190	0.040	0.010											3.030
300	1.310	0.540	0.130	0.030	0.010											2.020
315	0.810	0.530	0.140													1.480
330	0.670	0.560	0.110													1.340
345	0.700	0.660	0.110													1.460
Tot.	39.390	33.860	13.570	6.240	3.330	1.730	0.840	0.550	0.220	0.090	0.040	0.010	0.010	0.000	0.000	99.880

CALME 0.12

"0" significa percentuali <0.01%

Tabella 7.1.5-1 - Clima d'onda ottenuto con i dati registrati dall'ondametro di La Spezia (1989-2003)

I valori estremi delle onde al largo

La statistica degli eventi estremi è stata effettuata con riferimento alla funzione probabilistica di Weibull applicata ai dati della RON. Si evidenzia infatti che per la determinazione dell'onda di progetto in corrispondenza delle opere, si ritiene opportuno considerare i valori estremi di altezza d'onda ricavati dall'elaborazione delle onde registrate al largo di La Spezia, in quanto risultano maggiormente cautelativi, rispetto ai dati UKMO, in relazione in particolare alle mareggiate provenienti da libeccio. I settori considerati ai fini della determinazione degli eventi estremi che possono interessare il litorale in esame sono i seguenti: 105°N – 135°N, 135°N – 165°N, 165°N – 195°N, settore 195°N – 225°N. I risultati delle elaborazioni condotte, in relazione ai diversi tempi di ritorno considerati, sono riportati nella Tabella 7.1.5-2.

DIR (°N)	Hs (m)				
	TR 1 ANNO	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 20 ANNI	TR 200 ANNI
120	2.63	3.40	3.83	4.12	5.30
150	3.00	3.80	4.15	4.48	5.60
180	3.20	4.10	4.53	4.92	6.20
210	4.73	5.60	5.97	6.32	7.50
OMNI	4.14	5.47	6.04	6.61	8.50

Tabella 7.1.5-2 - Valori estremi delle onde al largo di La Spezia

Correlazione altezza d'onda-periodo

Dopo aver calcolato il valore di H_s corrispondente ad un assegnato tempo di ritorno, occorre associare a tale onda un valore del periodo significativo. La relazione adottata tra altezza d'onda e periodo, in relazione ai valori estremi di moto ondoso al largo di La Spezia, è la seguente: $H_s = 0.06 T_s^2$, dedotta dall'analisi di numerosi dati rilevati in vari bacini (Grancini et al., 1979; Cavaleri et al., 1986; Rampolli et al., 1996).

Relativamente ai dati UKMO, la correlazione tra altezza d'onda e periodo è stata determinata utilizzando la relazione: $T_z = a H_s^b$. I coefficienti a e b sono stati determinati

attraverso il metodo dei minimi quadrati; i valori individuati sono: $a = 3.8$, $b = 0.5$. Applicando la nota relazione tra T_z e T_s ($T_z = 0.83 \cdot T_s$) si ottiene la seguente relazione:

$$H_s = 0.05 T_s^2$$

che risulta in buon accordo con la correlazione adottata per il moto ondoso al largo di La Spezia.

7.1.6 Propagazione del moto ondoso in corrispondenza della diga foranea esistente

Ai fini progettuali occorre considerare che nella propagazione dal largo verso la costa le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondale e questo fa sì che l'altezza dell'onda al largo si modifichi continuamente nella propagazione verso le acque basse.

Di seguito si presentano i risultati di uno studio elaborato nel 2008 dalla società D'Appolonia tramite l'utilizzo di un modello spettrale di terza generazione, al fine di analizzare le caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza della diga foranea, in condizioni tipiche ed estreme. Il modello numerico utilizzato è lo SWAN (Simulating Waves Nearshore (Booij et al., 1996)), che è in grado di simulare i parametri delle onde in aree costiere, a partire da condizioni definite al largo, tenuto conto delle condizioni del vento, delle correnti e delle caratteristiche del fondale.

Le simulazioni condotte hanno consentito di ottenere una stima del clima ondoso costiero rappresentativo per il paraggio in esame a partire dal clima ondoso al largo di La Spezia. Il clima ondoso sottocosta è stato calcolato sulla base di una schematizzazione a larga scala in corrispondenza del Porto Petroli. I valori delle frequenze di occorrenza associate alle altezze d'onda significative nel punto di calcolo, in funzione delle direzioni di provenienza, sono riportati in Tabella 7.1.6-1; in Figura 7.1.6.1 è invece riportata la rosa del moto ondoso nel punto di calcolo in questione.

Dalla tabella si evince che circa il 59% degli eventi è associato ai settori 210°-240° N, cui sono associate anche le massime energie, mentre circa il 17% degli eventi è associato ai settori 150°-180° N. Gli eventi che non interessano il settore di esposizione dell'area costiera in esame risultano essere poco più del 19% della totalità degli eventi al largo.

Le simulazioni poi sono state eseguite utilizzando una griglia più dettagliata, che ha permesso di determinare il campo di altezza d'onda in prossimità della diga foranea, indotto dalle onde estreme al largo provenienti dalle direzioni principali del settore di traversia. Per non appesantire la trattazione si riportano solamente a titolo esemplificativo nella Figura 7.1.6.2, Figura 7.1.6.3, Figura 7.1.6.4 i risultati delle simulazioni eseguite per le condizioni di moto ondoso relative al tempo di ritorno di 10 anni, per le direzioni principali del settore di traversia.

Il campo di moto ondoso è rappresentato mediante isolinee di altezza d'onda significativa.

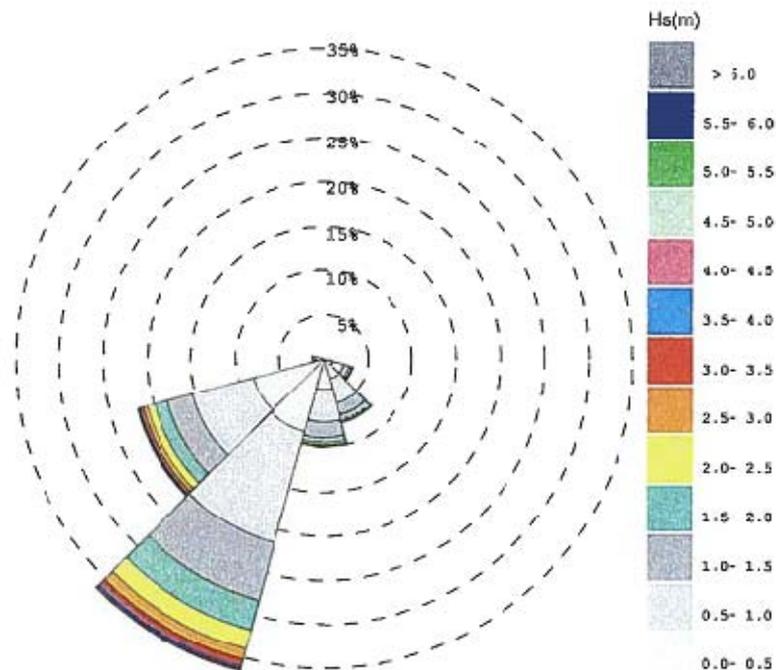


Figura 7.1.6.1 - Rosa del moto ondoso in corrispondenza della boa di porto petroli calcolata mediante l'applicazione del modello Swan a grande scala

DIR (°N)	Hs (m)													
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	TOT
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.93	1.25	0.73	0.28	0.07	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33
150	2.28	2.86	1.43	0.61	0.16	0.09	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50
180	3.41	3.71	1.79	0.59	0.23	0.09	0.07	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	9.92
210	8.51	12.99	6.76	3.52	2.15	1.22	0.79	0.28	0.23	0.08	0.03	0.02	0.00	36.58
240	8.27	7.10	3.00	1.56	0.82	0.49	0.31	0.16	0.12	0.07	0.04	0.02	0.02	21.98
270	0.44	0.52	0.25	0.12	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOT	23.84	28.43	13.96	6.68	3.52	1.95	1.25	0.47	0.36	0.16	0.08	0.04	0.02	80.76
EVENTI RESIDUI			19.24											

Tabella 7.1.6-1 - Clima ondoso sottocosta in corrispondenza della boa di porto petroli calcolato mediante l'applicazione del modello Swan a grande scala

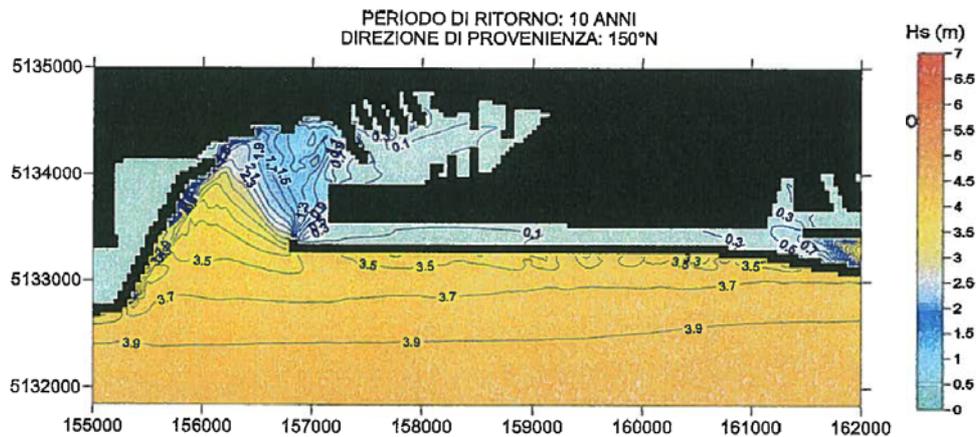


Figura 7.1.6.2 - Risultati simulazioni tr 10 anni - onde estreme al largo provenienti da 150° N

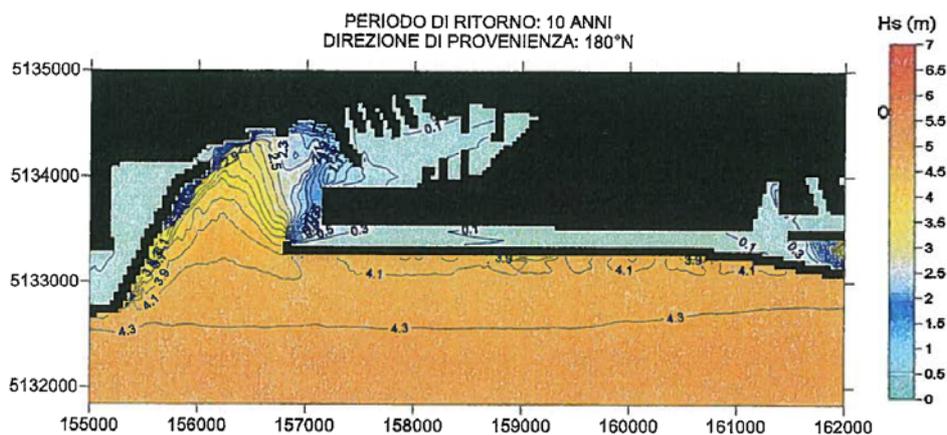


Figura 7.1.6.3 - Risultati simulazioni tr 10 anni - onde estreme al largo provenienti da 180° N

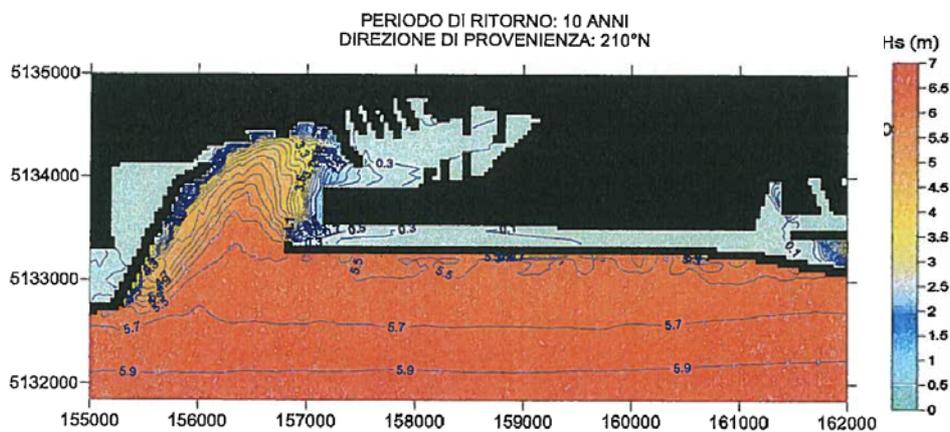


Figura 7.1.6.4 - Risultati simulazioni tr 10 anni - onde estreme al largo provenienti da 210° N

Nella tabella seguente si riportano i valori estremi direzionali di altezza d'onda calcolati in corrispondenza della diga foranea, per i vari tempi di ritorno esaminati.

PERIODO DI RITORNO (ANNI)	AL LARGO			ALLA DIGA (d = -15 m)		
	Hs (m)	Tp (s)	DIR (°)	Hs (m)	Tp (s)	DIR (°)
1	2.63	6.91	120	1.70	6.91	136
	3.00	7.38	150	2.50	7.38	156
	3.20	7.63	180	2.90	7.63	181
	4.73	9.27	210	4.30	9.27	205
5	3.40	7.86	120	2.30	7.86	137
	3.80	8.31	150	3.20	8.31	158
	4.10	8.63	180	3.70	8.63	182
	5.60	10.09	210	5.10	10.09	204
10	3.83	8.34	120	2.70	8.34	140
	4.15	8.68	150	3.50	8.68	159
	4.53	9.07	180	4.10	9.07	182
	5.97	10.42	210	5.50	10.42	204
20	4.12	8.65	120	2.90	8.65	141
	4.48	9.02	150	3.77	9.02	160
	4.92	9.45	180	4.42	9.45	182
	6.32	10.71	210	5.66	10.71	203
200	5.30	9.81	120	3.90	9.81	147
	5.60	10.09	150	4.70	10.09	163
	6.20	10.61	180	5.60	10.61	183
	7.50	11.67	210	6.70	11.67	203

Tabella 7.1.6-2 - Valori estremi direzionali delle onde alla diga foranea (profondità - 15 m)

7.2 Propagazione del moto ondoso nel canale attraverso le imboccature alle estremità della diga foranea: stato di fatto e di progetto

La propagazione del moto ondoso all'interno del Canale di Calma che separa l'Aeroporto di Genova dalla diga foranea ad esso antistante si è resa necessaria al fine di determinare le condizioni di moto ondoso in corrispondenza delle opere di progetto e per valutare le condizioni di navigazione all'interno del Canale di Calma.

Considerato che si verifica un fenomeno di riflessione delle onde significativo sulla diga di Voltri che interessa il Canale di Calma, la propagazione del moto ondoso in corrispondenza delle opere di progetto è stata eseguita tramite il modello matematico DIFFRAC, messo a punto dal Laboratorio idraulico olandese di Delft, che permette di simulare sia i fenomeni di diffrazione che di riflessione dell'onda. Nelle simulazioni effettuate con il modello Diffrac sono state considerate le seguenti configurazioni Layout 1: stato di fatto - Canale di Calma largo 240 m (Figura 7.2.1) e Layout 2: configurazione di progetto - Canale di Calma largo 75 m (Figura 7.2.2).

La profondità, assunta costante all'interno del bacino in entrambe le configurazioni studiate, è pari a 15 m.

Si fa presente che si è tenuto conto inoltre nella configurazione di progetto anche degli interventi in atto all'imboccatura di Ponente del bacino portuale di Sampierdarena, conseguente agli interventi programmati sulla calata Derna, in ottemperanza di quanto richiesto dall'Autorità Portuale di Genova.

Le griglie di calcolo utilizzate per le simulazioni sono state determinate in funzione del periodo di riferimento delle onde incidenti oggetto di analisi e sono le seguenti:

- Griglia 1 (maglie quadrate 18m x 18m): usata per le simulazioni eseguite per le condizioni ondose con tempo di ritorno di 200 anni;
- Griglia 2 (maglie quadrate 13m x 13m): usata per le simulazioni eseguite per le condizioni ondose con tempi di ritorno pari a 1, 5, 10 e 20 anni.

Le condizioni ondose di input per il modello, valutate all'imboccatura della diga foranea, sono state ricavate dalle simulazioni eseguite con il modello numerico SWAN.

All'interno del canale di calma l'agitazione ondosa si presenta maggiormente ridotta nel caso della configurazione di progetto rispetto a quella dello stato di fatto, per effetto della parziale chiusura delle imboccature del canale dovuta alla presenza del nuovo deposito a mare ed inoltre per effetto della riduzione della riflessione dell'onda indotta dalla nuova conterminazione. I cassoni cellulari che delimitano la colmata, infatti, sono dotati nella parte alta di una cella antiriflettente all'interno della quale è collocato del pietrame con la funzione di assorbire l'energia del moto ondoso: tale accorgimento consente di attribuire

all'opera un coefficiente di riflessione variabile tra 0.4 e 0.5, in relazione al tempo di ritorno considerato nelle diverse analisi eseguite.

Per la configurazione di progetto emerge che il moto ondoso che subisce una minor attenuazione nella propagazione all'interno del canale, è quello che si presenta in prossimità della diga foranea con direzioni prossime a 160° N e a 205° N; la direzione di provenienza del moto ondoso nei confronti della quale il canale risulta maggiormente schermato dalla diga foranea è invece prossima a 180° N.

Si evidenzia a riguardo che il moto ondoso proveniente dalla direzione 160° N si riflette sulla diga di Voltri e tende a penetrare nel canale di calma dall'imboccatura di ponente con maggior facilità rispetto a quello proveniente da altre direzioni; la direzione 160° N rappresenta, pertanto, una delle direzioni più critiche ai fini dell'agitazione ondosa all'interno del canale di calma.

Il moto ondoso proveniente dalle direzioni prossime a 205° N è quello che si presenta all'imboccatura della diga foranea con le maggiori altezze d'onda quindi, pur risentendo meno dell'effetto della riflessione sulla diga di Voltri, determina all'interno del canale un'agitazione ondosa dell'ordine di quella generata dal moto ondoso proveniente dalle direzioni prossime a 160° N.

Dalle simulazioni si evince anche che, in relazione alla zona di levante del canale di calma, gli eventi di moto ondoso che subiscono una minor attenuazione sono quelli provenienti dalle direzioni prossime a 140° N.

Nella Figura 7.2.3 e nella Figura 7.2.4, sono riportati a titolo esemplificativo i risultati delle simulazioni per un'onda alla diga foranea esistente proveniente da 163° N con riferimento ad un tempo di ritorno di 200 anni.



Figura 7.2.1 - Layout 1: Stato di fatto

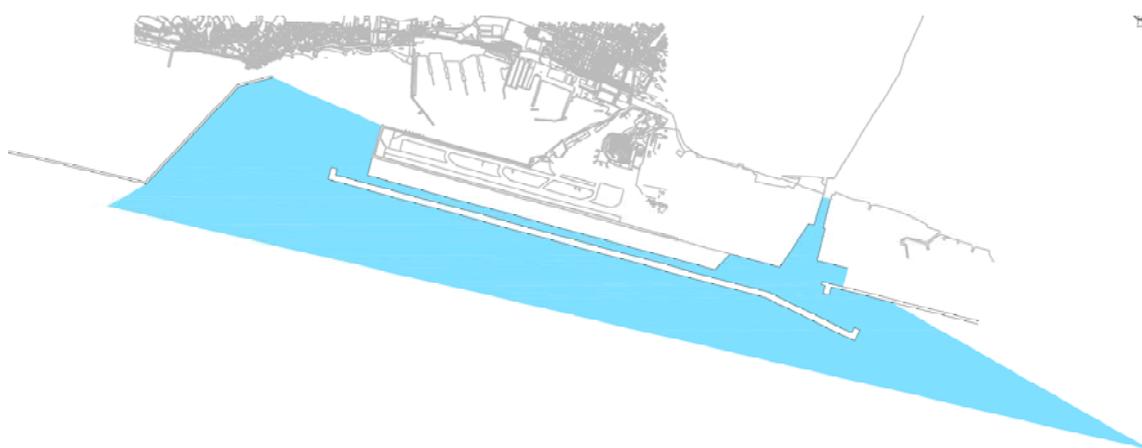


Figura 7.2.2 - Layout 2: Configurazione di progetto

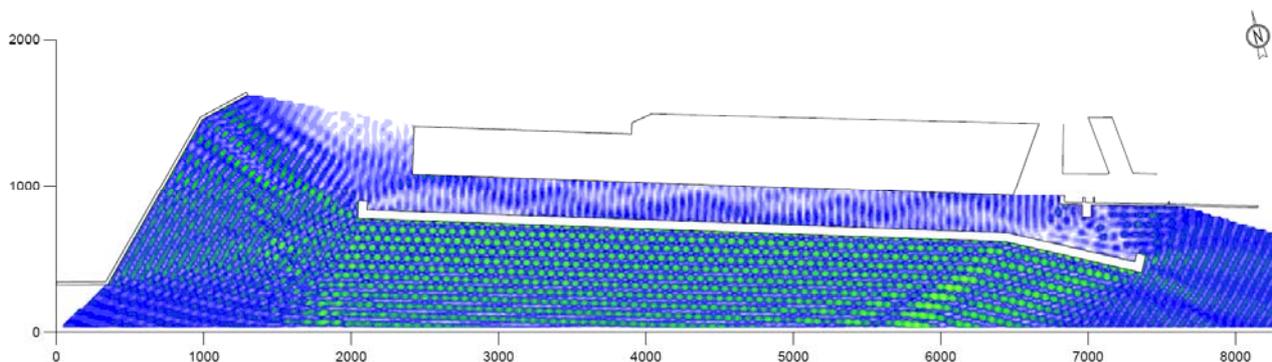


Figura 7.2.3 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - Layout 1 (stato di fatto)- Onda incidente per un $T_r=200$ anni: $H_s=4,7$ m - $T_p=10,1$ s - Dir 163° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

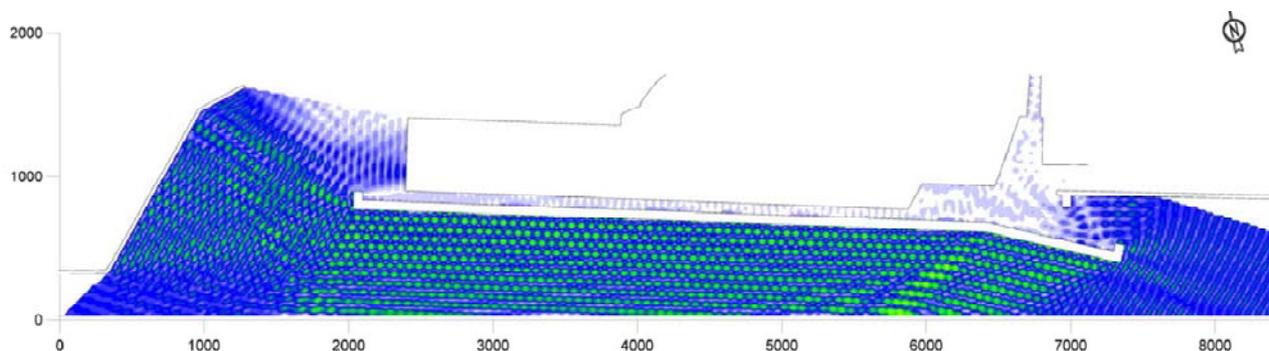
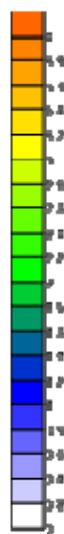


Figura 7.2.4 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - Layout 2 (configurazione di progetto) - Onda incidente per un $T_r=200$ anni: $H_s=4,7$ m - $T_p=10,1$ s - Dir 163° N

Nella Tabella 7.2-1 vengono riportati i valori delle altezze d'onda significative desunti dalle simulazioni eseguite con il modello Diffrac, per i vari tempi di ritorno d'interesse progettuale ai fini delle analisi della navigabilità all'interno del nuovo canale, ovvero 5 anni e 20 anni.

Tabella 7.2-1 - Il moto ondoso nel nuovo canale di larghezza 75 m – Tr 5 e 20 anni

Onda incidente			Onda nel canale
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
<i>anni</i>	°N	<i>m</i>	<i>m</i>
5	137	2.3	0.7
	158	3.2	0.8
	182	3.7	0.2
	204	5.1	1.0
20	141	2.9	0.9
	160	3.8	1.0
	182	4.4	0.3
	203	5.7	1.3

Nella Tabella 7.2-2 sono invece riportati i valori delle altezze d'onda significative per i vari tempi di ritorno d'interesse progettuale ai fini delle verifiche della conterminazione della nuova colmata. I risultati sono riferiti ai diversi tratti della nuova conterminazione: il lato ovest, il lato sud (lungo lo sviluppo longitudinale del canale), il lato est (in prossimità della banchina dell'ILVA).

Onda incidente				Onda all'opera		
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Tp</i>	<i>Hs</i>	LATO OVEST	LATO SUD	LATO EST
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
				<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
1	136	6.91	1.70	0.35	0.35	0.30
	156	7.38	2.50	1.40	0.40	0.30
	181	7.63	2.90	0.80	0.00	0.00
	205	9.27	4.30	1.45	0.60	0.00

Onda incidente				Onda all'opera		
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Tp</i>	<i>Hs</i>	LATO OVEST	LATO SUD	LATO EST
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
				<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
5	137	7.86	2.30	0.45	0.45	0.40
	158	8.31	3.20	1.80	0.55	0.40
	182	8.63	3.70	1.00	0.13	0.00
	204	10.09	5.10	1.75	0.65	0.00

Onda incidente				Onda all'opera		
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Tp</i>	<i>Hs</i>	LATO OVEST	LATO SUD	LATO EST
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
				<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
10	140	8.34	2.70	0.55	0.55	0.45
	159	8.68	3.50	2.00	0.60	0.45
	182	9.07	4.10	1.05	0.15	0.00
	204	10.42	5.50	1.85	0.75	0.00

Onda incidente				Onda all'opera		
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Tp</i>	<i>Hs</i>	LATO OVEST	LATO SUD	LATO EST
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
				<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
200	147	9.81	3.90	0.70	0.55	1.10
	163	10.09	4.70	3.25	1.40	0.95
	183	10.61	5.60	2.60	1.15	0.00
	203	11.67	6.70	3.15	2.00	1.30

Tabella 7.2-2 - Le onde di progetto in corrispondenza delle nuove opere

7.3 Studio della tracimazione dell'onda dalla diga foranea esistente nel canale di calma

Gli effetti della tracimazione dell'onda in relazione alle condizioni di navigabilità del nuovo canale di calma sono stati valutati mediante l'utilizzo di esperienze riportate in letteratura. L'argomento è piuttosto complesso soprattutto se l'analisi è rivolta all'individuazione, a parte i volumi tracimati o l'onda trasmessa, della variazione della portata di tracimazione o dell'onda a tergo del muro di protezione in relazione alla distanza dal muro stesso. Ciò al fine di definire la fascia di canale vicino all'opera di protezione interessata da portate o onde che non consentono una navigazione in sicurezza.

In base a quanto contenuto nella letteratura specifica sull'argomento sono state seguite due strade per individuare l'entità del fenomeno sopra descritto e pertanto definire delle raccomandazioni ai fini di una navigazione in sicurezza nel nuovo canale di calma:

- la valutazione dell'onda trasmessa a tergo di un'opera a parete verticale utilizzando le recenti esperienze di letteratura riportate nella pubblicazione presentata al convegno internazionale 'Coastal structures 2011' a Yokoama : 'Wave loading, overtopping and transmission of low crest caisson breakwaters' di G. Cuomo, W. Allsop et al. (2011);
- la valutazione della portata di tracimazione a tergo di un'opera a parete verticale in relazione alla distanza dal muro di protezione verso il canale utilizzando le seguenti pubblicazioni: 'Field and laboratory measurements of mean overtopping discharges and spatial distributions at vertical seawalls di Tim Pullen, W. Allsop (2008). Le valutazioni di quest'ultima pubblicazione sono state ulteriormente validate nell'ambito delle esperienze condotte con un approccio numerico e presentate nella pubblicazione 'Spatial distribution of wave overtopping water behind coastal structures' di Zhong Peng, Qing-Ping (2011).

7.3.1 Valutazione dell'onda trasmessa a tergo della diga foranea esistente

Il primo approccio è stato seguito per determinare l'onda trasmessa a tergo della struttura per effetto della tracimazione che poi è stata combinata con l'onda che penetra attraverso le imboccature a est ed ovest del canale di calma.

Le esperienze effettuate presso il laboratorio HR Wallingford (riportate nella pubblicazione 'Wave loading, overtopping and transmission of low crest caisson breakwaters' di G. Cuomo, W. Allsop et al. del 2011), hanno consentito di ottenere un diagramma che mette in relazione il coefficiente di trasmissione sopra l'opera di protezione con le caratteristiche geometriche dell'opera a parete verticale e le condizioni di moto ondoso.

Si riporta di seguito il diagramma a cui sono pervenuti gli autori della pubblicazione, che consente di calcolare il coefficiente di trasmissione dell'onda in funzione del rapporto tra quota di cresta del cassone e altezza d'onda in relazione a varie situazioni geometriche del cassone (rapporto tra larghezza del cassone W e altezza del cassone H).

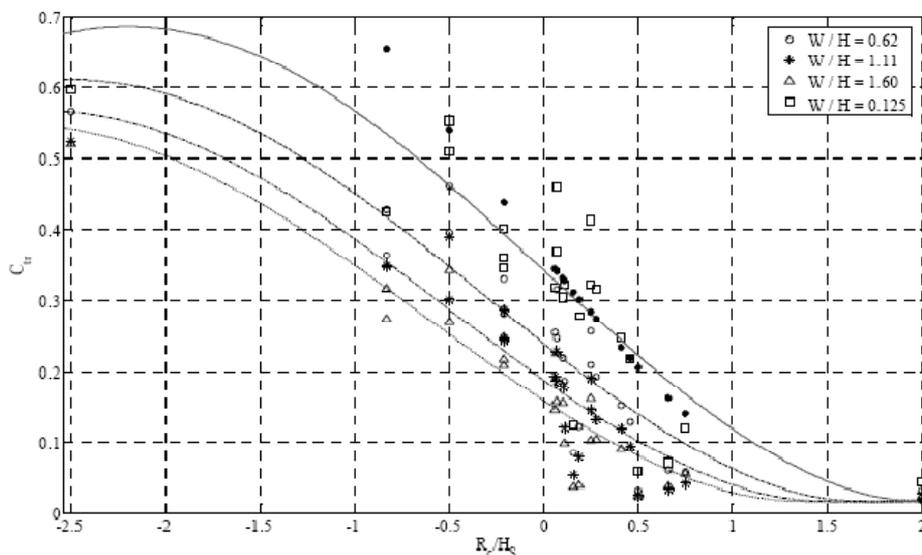


Figura 7.3.1.1- Valutazione del coefficiente di trasmissione in funzione delle caratteristiche geometriche del cassone e dell'altezza d'onda

Nel nostro caso si è considerata un'altezza complessiva della diga foranea (H) pari a 17 m e una larghezza di 13.5 m, che determinano un rapporto di 0.79. Con riferimento al

diagramma di Figura 7.3.1.1 e interpolando per tenere conto del rapporto W/H pari a 0.79, è stato valutato il coefficiente di trasmissione in relazione ad altezze d'onda caratterizzate da un tempo di ritorno di 5 anni e di 20 anni.

Tabella 7.3.1-1- Onda trasmessa per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 5 anni

Onda incidente			Onda trasmessa	
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Hs</i>	<i>Ctr</i>	<i>Hs</i>
<i>anni</i>	°N	<i>m</i>		<i>m</i>
5	137	2.3	0.01	0.02
	158	3.2	0.05	0.14
	182	3.7	0.06	0.22
	204	5.1	0.09	0.46

Tabella 7.3.1-2- Onda trasmessa per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 20 anni

Onda incidente			Onda trasmessa	
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Hs</i>	<i>Ctr</i>	<i>Hs</i>
<i>anni</i>	°N	<i>m</i>		<i>m</i>
20	141	2.9	0.04	0.12
	160	3.8	0.06	0.23
	182	4.4	0.07	0.31
	203	5.7	0.10	0.59

I risultati dell'analisi evidenziano che l'opera di protezione esistente consente un significativo abbattimento dell'onda che si trasmette a tergo.

I suddetti valori vanno poi combinati con l'agitazione ondosa che penetra dalle imboccature alle estremità del canale. Pertanto tenendo conto dei valori di altezza d'onda che penetrano attraverso le imboccature all'interno del canale (vedi a riguardo le valutazioni con il modello matematico riportate in precedenza), si determinano i seguenti valori complessivi ottenuti facendo la radice quadrata della somma dei quadrati delle altezze d'onda relative ai due fenomeni:

Tabella 7.3.1-3- Onda nel canale per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 5 anni

Onda incidente			Onda nel canale
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
<i>anni</i>	°N	<i>m</i>	<i>m</i>
5	137	2.3	0.7
	158	3.2	0.8
	182	3.7	0.2
	204	5.1	1.0

Tabella 7.3.1-4- Onda nel canale per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 20 anni

Onda incidente			Onda nel canale
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Hs</i>	<i>Hs</i>
<i>anni</i>	°N	<i>m</i>	<i>m</i>
20	141	2.9	0.9

	160	3.8	1.0
	182	4.4	0.3
	203	5.7	1.3

Si fa notare che i valori più alti di altezza d'onda all'interno del canale si sono ottenuti per le direzioni dell'onda di 182° e 203°N, per cui all'esterno si verificano altezze d'onda di 4.4 m e 5.7 m che rappresentano condizioni proibitive per una navigazione in sicurezza delle imbarcazioni di progetto dagli approdi di competenza (Pegli, Sestri Ponente, Multedo, Voltri) fino alle imboccature del canale.

I suddetti valori di altezza d'onda nel canale in relazione ai due differenti tempi di ritorno (rappresentativi quello di 5 anni di condizioni ordinarie e quello di 20 anni di condizioni gravose) verranno comunque utilizzati per la verifica del nuovo canale ai fini di una navigazione in sicurezza per le imbarcazioni di progetto (vedi a riguardo il capitolo relativo alle verifiche per una navigazione in sicurezza nel canale).

7.3.2 Valutazione della portata di tracimazione in relazione alla distanza dal muro di protezione

Il calcolo delle portate medie di tracimazione della diga foranea, al variare del tempo di ritorno, è stato effettuato utilizzando la relazione proposta nella pubblicazione del TAW (Technical Advisory Commity for water Retaining Structures, Delft, 2002). Il calcolo delle portate medie di tracimazione è stato implementato attraverso il software BREAKWAT ver. 3.2.0, sviluppato da WL | Delft Hydraulics; nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti per le onde incidenti sulla diga di protezione con un tempo di ritorno di 20 anni, che è la condizione più gravosa ai fini delle verifiche per la navigazione.

Tabella 7.3.2-1 - Portate medie di tracimazione per onde con tempo di ritorno 20 anni

Onda incidente	Portata di tracimazione
----------------	-------------------------

Tr	dir	Tp	Hs	q
anni	°N	s	m	$m^3/s m$
20	141	8.7	2.9	0.0208
	160	9.0	3.8	0.1489
	182	9.5	4.4	0.3242
	203	10.7	5.7	0.8048

Le portate di tracimazione sono caratterizzate da valori significativi in corrispondenza del muro paraonde posto sul lato mare del cassone. Si fa comunque notare a riguardo che i valori più alti di portata di tracimazione all'interno del canale si sono ottenuti per le direzioni dell'onda di 182° e 203°N, per cui all'esterno si verificano altezze d'onda di 4.4 m e 5.7 m che rappresentano condizioni proibitive per una navigazione in sicurezza delle imbarcazioni di progetto dagli approdi di competenza (Pegli, Sestri Ponente, Multedo, Voltri) fino alle imboccature del canale.

Si è quindi valutata la variazione della portata di tracimazione nell'area a tergo in relazione alla distanza dal muro paraonde, utilizzando le esperienze presentate nella pubblicazione 'Field and laboratory measurements of mean overtopping discharges and spatial distributions at vertical seawalls di Tim Pullen, W. Allsop del 2008. Le esperienze di laboratorio presentate nella suddetta pubblicazione sono state condotte per una parete verticale a protezione di un'area d'interesse a tergo.

Queste esperienze hanno evidenziato in particolare la variazione del volume di tracimazione mano mano che ci si sposta verso terra (verso il canale nel nostro caso), tenendo conto anche dell'effetto della presenza di condizioni di vento avverse. Nel diagramma di Figura 7.3.2.1 è presentata la variazione del volume di tracimazione in funzione del rapporto tra la distanza dal muro paraonde (landward distance x) e la lunghezza d'onda al largo (Lo). In ordinata del diagramma è riportato il volume di tracimazione cumulato (rapportato con il volume totale) mano mano che si procede lungo la distanza x , pertanto dalla lettura del grafico si può notare che in assenza di vento il volume di tracimazione interessa una fascia relativa a $x/Lo=0.17$, pertanto presenta da tale distanza ($x/Lo=0.17$) verso terra il volume di tracimazione diventa nullo.

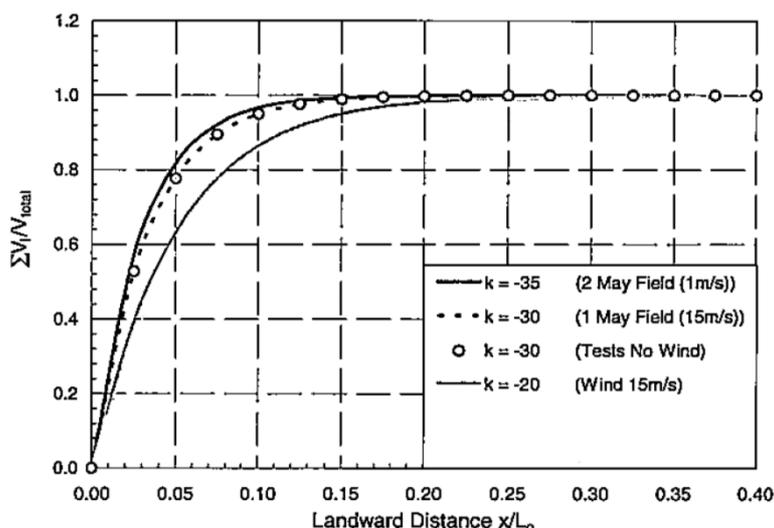


Figura 7.3.2.1- Valutazione della variazione del volume di tracimazione in funzione della distanza dal muro di protezione (landward distance x)

Utilizzando il suddetto diagramma è stata valutato il volume di tracimazione (in relazione al volume totale) in corrispondenza del filo lato terra della diga di protezione ($x=13.5$ m), in funzione delle altezze d'onda con tempo di ritorno 20 anni (vedi Tabella 7.3.2-2).

Tabella 7.3.2-2 - Rapporto tra il volume di tracimazione in corrispondenza del filo interno del cassone ($x=13.5$ m) e il volume totale al muro paraonde per onde con tempo di ritorno 20 anni

Onda incidente				Tracimazione		
Tr	dir	Tp	Hs	x/Lo	SV/V_{tot}	SV/V_{tot}
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>senza vento</i>	<i>con vento</i>
20	141	8.7	2.9	0.20	100%	98%
	160	9.0	3.8	0.18	100%	96%
	182	9.5	4.4	0.16	98%	94%
	203	10.7	5.7	0.13	95%	91%

Dalle suddette valutazioni si può notare che il volume di tracimazione riguarda per buona parte la larghezza della diga di protezione, nel caso peggiore con presenza di vento oltre la larghezza del cassone e pertanto nel canale rimane il 9% del volume totale. Si è poi rifatto lo stesso calcolo facendo riferimento ad una fascia di 5 m (all'interno del canale) oltre la larghezza del cassone, per una distanza complessiva di 18.5 m (vedi Tabella 7.3.2-3 seguente).

Tabella 7.3.2-3 - Rapporto tra il volume di tracimazione in corrispondenza di un limite posto a 5 m dal filo interno del cassone ($x=18.5$ m) e il volume totale al muro paraonde per onde con tempo di ritorno 20 anni

Onda incidente				Tracimazione		
<i>Tr</i>	<i>dir</i>	<i>Tp</i>	<i>Hs</i>	<i>x/Lo</i>	<i>SV/Vtot</i>	<i>SV/Vtot</i>
<i>anni</i>	$^{\circ}N$	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>senza vento</i>	<i>con vento</i>
20	141	8.7	2.9	0.27	100%	100%
	160	9.0	3.8	0.25	100%	100%
	182	9.5	4.4	0.22	100%	99%
	203	10.7	5.7	0.17	100%	97%

La suddetta valutazione evidenzia che oltre la fascia di canale di larghezza 5 m (verso terra) il volume di tracimazione è caratterizzato da valori assai modesti, nel caso peggiore con presenza di vento pari a circa il 3% del valore totale.

Sulla base dei risultati ottenuti, in via cautelativa si ritiene opportuno prevedere una fascia di canale aderente al lato interno al cassone, di larghezza 5 m, da non considerare ai fini della larghezza complessiva del canale utile ai fini di una navigazione in sicurezza.

7.3.3 Conclusioni e raccomandazioni

Il fenomeno della tracimazione sulla diga esistente è stato esaminato mediante due approcci in base a quanto contenuto nella letteratura specializzata sull'argomento, per definire delle raccomandazioni ai fini di una navigazione in sicurezza nel nuovo canale di calma:

- la valutazione dell'onda trasmessa a tergo di un'opera a parete verticale utilizzando le recenti esperienze di letteratura riportate nella pubblicazione presentata al convegno internazionale 'Coastal structures 2011' a Yokohama : 'Wave loading, overtopping and transmission of low crest caisson breakwaters' di G. Cuomo, W. Allsop et al. (2011);
- la valutazione della portata di tracimazione a tergo di un'opera a parete verticale in relazione alla distanza dal muro di protezione verso il canale utilizzando le seguenti pubblicazioni: 'Field and laboratory measurements of mean overtopping discharges and spatial distributions at vertical seawalls di Tim Pullen, W. Allsop (2008). Le valutazioni di quest'ultima pubblicazione sono state ulteriormente validate nell'ambito delle esperienze condotte con un approccio numerico e presentate nella pubblicazione 'Spatial distribution of wave overtopping water behind coastal structures' di Zhong Peng, Qing-Ping (2011).

Nel primo caso le valutazioni effettuate hanno mostrato che l'onda trasmessa combinata con quella che penetra dalle imboccature del canale, è caratterizzata da valori massimi di 1-1.5 m in funzione del tempo di ritorno. Questi valori sono stati utilizzati per la verifica delle caratteristiche geometriche del canale ai fini di una navigazione in sicurezza (vedi capitolo relativo alle verifiche per una navigazione in sicurezza).

Riguardo all'approccio che valuta la variazione del volume di tracimazione lungo la sezione trasversale della diga e del canale, si è visto che il volume di tracimazione interessa per buona parte (97% del valore totale) una fascia a tergo del muro paraonde del cassone di larghezza 18.5 m, pertanto la larghezza del cassone di 13.5 m più una fascia di canale di larghezza 5 m.

Si ritiene opportuno in via cautelativa prevedere che in una fascia di 5 m di canale aderente al cassone non venga considerata ai fini della navigazione e che pertanto si

consideri una larghezza utile del canale ai fini di una navigazione in sicurezza di 70 m. Questa raccomandazione è stata considerata nell'ambito delle verifiche delle caratteristiche geometriche del canale ai fini di una navigazione in sicurezza.

7.4 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso nell'area in prossimità della banchina dell'ILVA

Il presente capitolo riporta i risultati delle attività modellistiche (modello matematico DIFFRAC) condotte al fine di analizzare gli effetti indotti dalla cassa di colmata sull'agitazione ondosa nella zona di levante del canale di calma, in relazione all'esigenza di contenere e quantomeno non aumentare l'agitazione ondosa in prossimità della banchina dell'ILVA, allo scopo di non compromettere le attività produttive esistenti.

L'analisi è stata svolta con riferimento alle condizioni ondose significative per l'operatività alla banchina e pertanto considerando eventi ondosi corrispondenti a tempi di ritorno di 1 e 5 anni; le direzioni dell'onda prese in esame sono quelle in grado di determinare una maggior agitazione in prossimità della banchina dell'ILVA, ovvero le direzioni prossime dell'onda alla diga foranea esistente prossime a 140° e 160°N.

Le configurazioni considerate nello studio sono le seguenti:

- Layout 1: stato di fatto - canale di calma largo 240 m;
- Layout 2: canale di calma largo 75 m e configurazione di progetto della colmata sul lato est.

La conterminazione del lato est (così come quella del lato sud) sarà costituita da un'opera a parete verticale (cassone cellulare) dotata nella parte alta di una cella antiriflettente all'interno della quale è collocato del pietrame con la funzione di assorbire l'energia del moto ondoso.

Nelle simulazioni effettuate con il modello matematico Diffrac è stata considerata la nuova planimetria di progetto della cassa di colmata, che tiene conto delle osservazioni delle Autorità competenti. In particolare, per definire la configurazione del Lato Est dell'Opera a

Mare, è stato considerato l'ingombro planimetrico del bacino di manovra che effettuano "gli spintori" a servizio del naviglio operante sulla banchina "ILVA". Si fa presente, inoltre, che nella configurazione di progetto si è tenuto conto anche degli interventi in atto all'imboccatura di levante del bacino portuale di Sampierdarena, conseguente agli interventi programmati sulla calata Derna, in ottemperanza a quanto richiesto dall'Autorità Portuale di Genova.

Nelle Figura 7.4.1 ÷ Figura 7.4.4 si presentano a titolo esemplificativo i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione relativa allo stato di fatto e per la configurazione di progetto, relativamente al tempo di ritorno di 5 anni. I risultati delle simulazioni sono riportati in termini di coefficiente di riduzione da applicare all'altezza d'onda incidente.

Dai risultati delle simulazioni presentate si evince che la configurazione di progetto determina in corrispondenza della banchina dell'ILVA un'agitazione ondosa non superiore a quella presente nello stato di fatto, per effetto della diminuzione del moto ondoso che penetra nel canale attraverso le due imboccature e della particolare configurazione del lato est della conterminazione, che come detto in precedenza, sarà costituito da cassoni cellulari dotati di una cella antiriflettente.

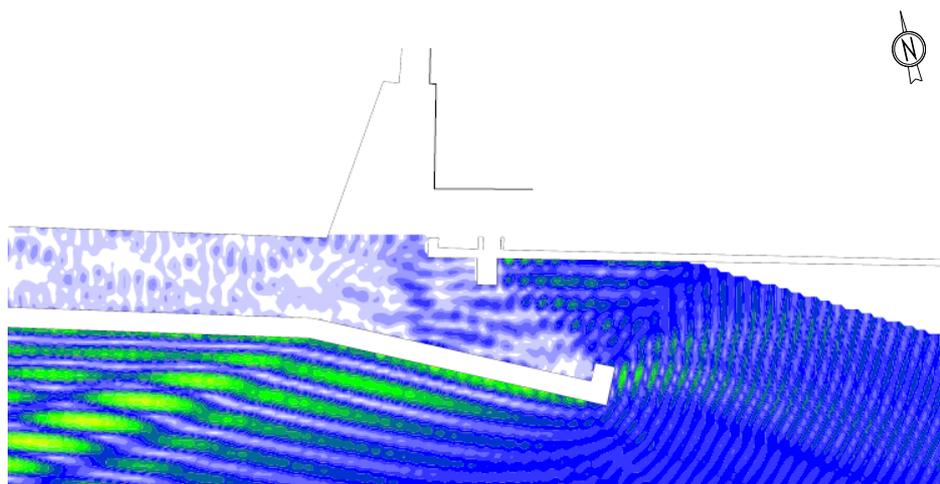


Figura 7.4.1 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - stato di fatto -
Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=2.3$ m - $T_p=7.9$ s - Dir 137° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

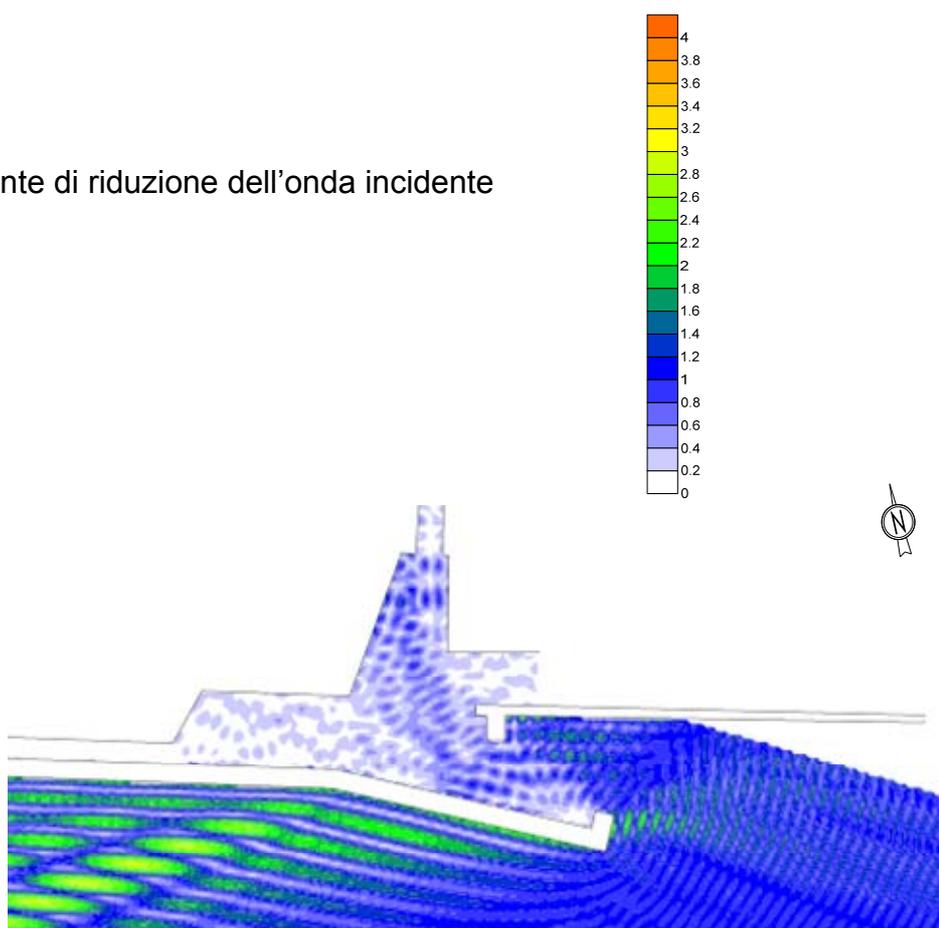
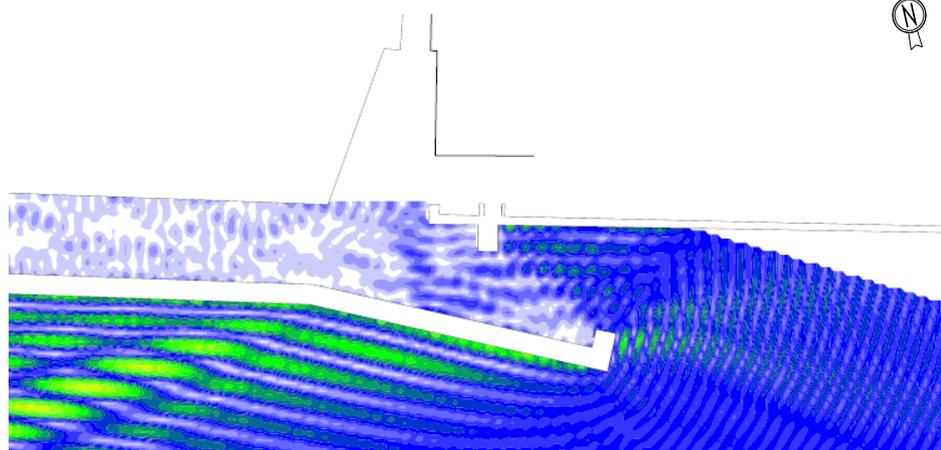
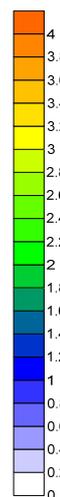
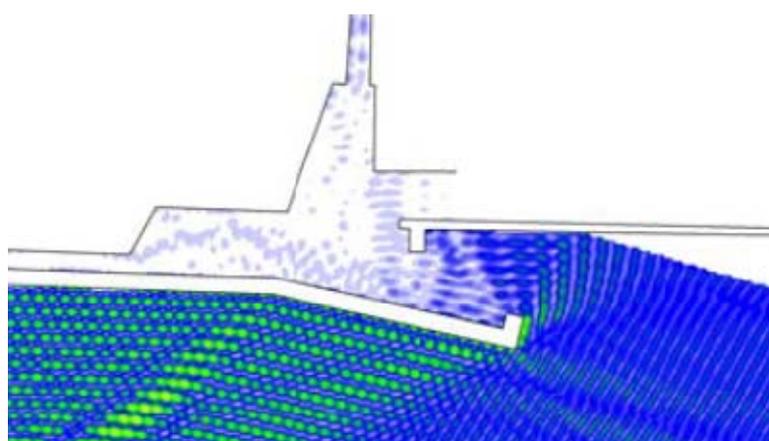


Figura 7.4.2 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - soluzione di
progetto - Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=2.3$ m - $T_p=7.9$ s - Dir 137° N



**Figura 7.4.3 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - stato di fatto-
Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.2$ m - $T_p=8.3$ s - Dir 158° N**

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente



**Figura 7.4.4 - Propagazione dell'onda all'interno del Canale di Calma - soluzione di
progetto - Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.2$ m - $T_p=8.3$ s - Dir 158° N**

7.5 Studio degli effetti della nuova opera in termini di moto ondoso sull'operatività dell'area di accesso al bacino di Multedo

Il presente capitolo riporta i risultati delle attività modellistiche condotte al fine di analizzare gli effetti indotti dalla nuova cassa di colmata, in relazione all'esigenza di contenere e quantomeno non aumentare l'agitazione ondosa sul lato ovest del deposito a mare in prossimità dell'area di accesso al bacino di Multedo, allo scopo di non compromettere le attività esistenti.

L'analisi è stata svolta con riferimento a condizioni ondose significative per le condizioni di navigazione e pertanto considerando eventi ondosi corrispondenti a tempi di ritorno di 5 anni e 20 anni.

Nelle simulazioni effettuate con il modello matematico Diffrac è stata considerata la nuova planimetria di progetto della colmata, che tiene conto delle osservazioni delle Autorità competenti, e pertanto sono state considerate le seguenti configurazioni:

- Layout 1: stato di fatto - canale di calma largo 240 m;
- Layout 2: canale di calma largo 75 m e configurazione planimetrica di progetto della colmata sul lato ovest.

Il lato di ponente della conterminazione (così come quello a sud) sarà costituito da un'opera a parete verticale (cassone cellulare) dotata nella parte alta di una cella antiriflettente all'interno della quale viene collocato del pietrame con la funzione di assorbire l'energia del moto ondoso.

Nelle Figura 7.5.1 ÷ Figura 7.5.8, si presentano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione relativa allo stato di fatto e per la configurazione di progetto, relative al tempo di ritorno di 5 anni (non si riportano quelle per i 20 anni, che presentano un comportamento analogo, per non appesantire la relazione). I risultati delle simulazioni sono riportati in termini di coefficiente di riduzione da applicare all'altezza d'onda incidente.

Dai risultati delle simulazioni presentate si evince che l'agitazione ondosa all'interno del canale di accesso al bacino di Multedo, in relazione alla configurazione di progetto, rimane sostanzialmente invariata rispetto a quella che caratterizza lo stato di fatto.

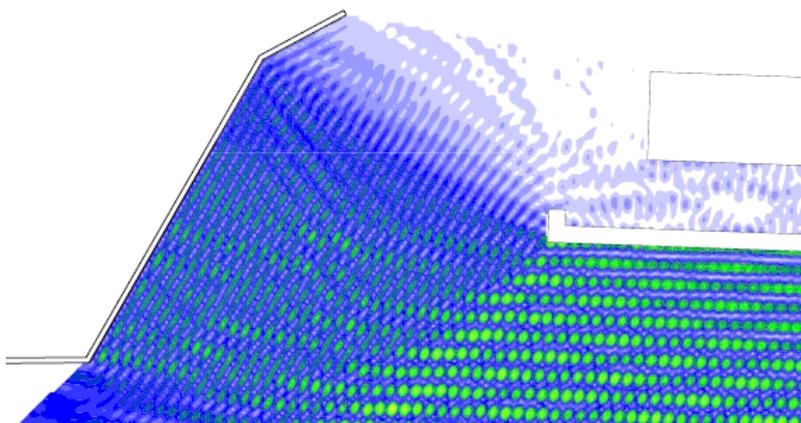


Figura 7.5.1 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - stato di fatto - Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=2.3$ m - $T_p=7.9$ s - Dir 137° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

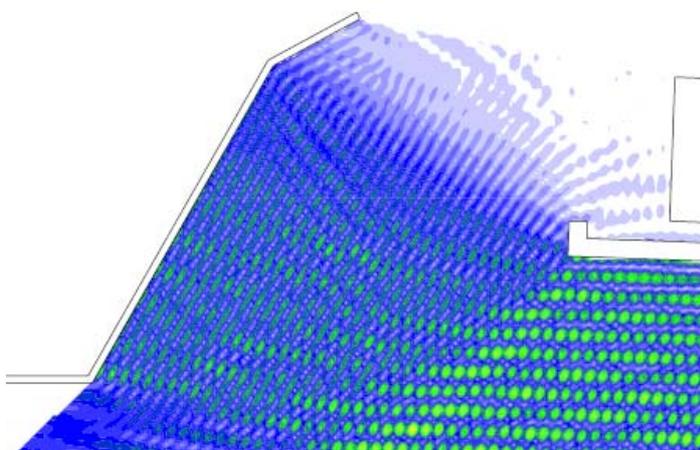
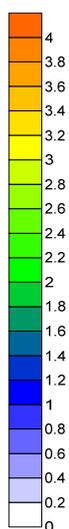


Figura 7.5.2 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma – soluzione di progetto- Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=2.3$ m - $T_p=7.9$ s - Dir 137° N

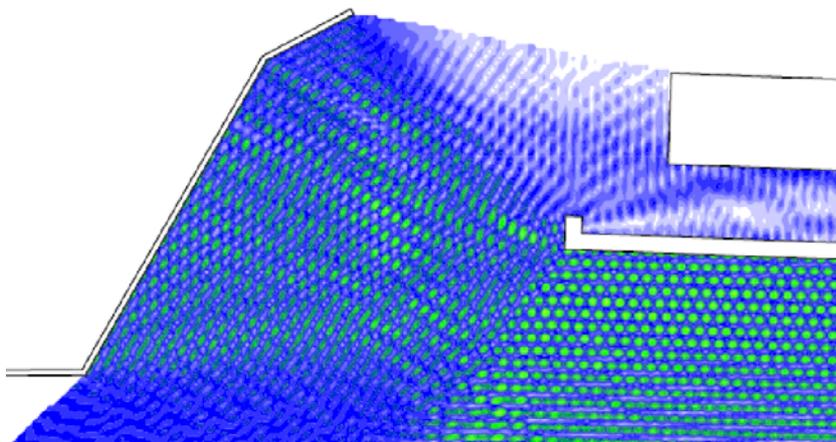


Figura 7.5.3 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - stato di fatto- Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.2$ m - $T_p=8.3$ s - Dir 158° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

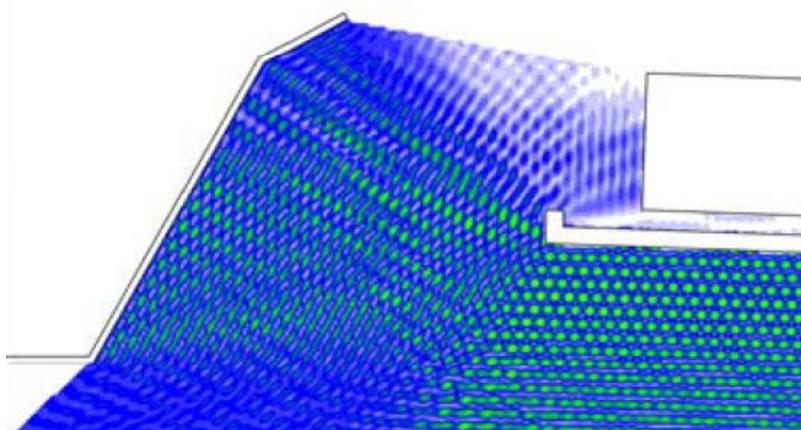
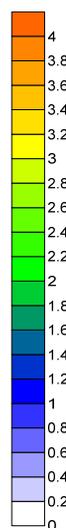


Figura 7.5.4 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - soluzione di progetto- Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.2$ m - $T_p=8.3$ s - Dir 158° N

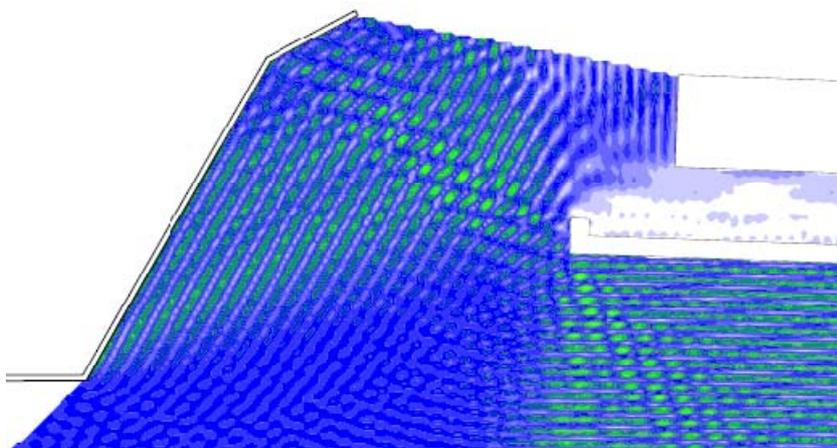


Figura 7.5.5 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - stato di fatto - Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.7$ m - $T_p=8.6$ s - Dir 182° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

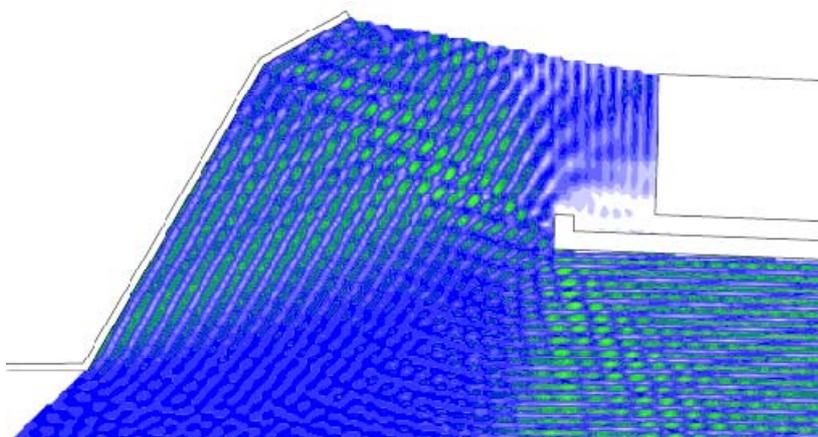
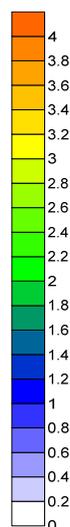


Figura 7.5.6 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - soluzione di progetto- Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=3.7$ m - $T_p=8.6$ s - Dir 182° N

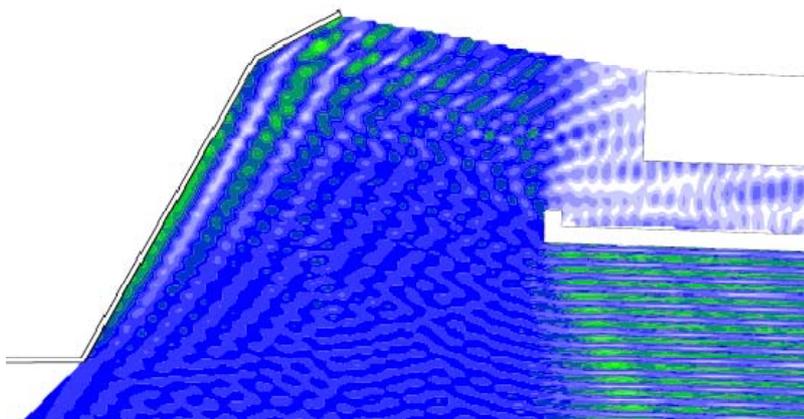


Figura 7.5.7 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - stato di fatto - Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=5.1$ m - $T_p=10.1$ s - Dir 204° N

Coefficiente di riduzione dell'onda incidente

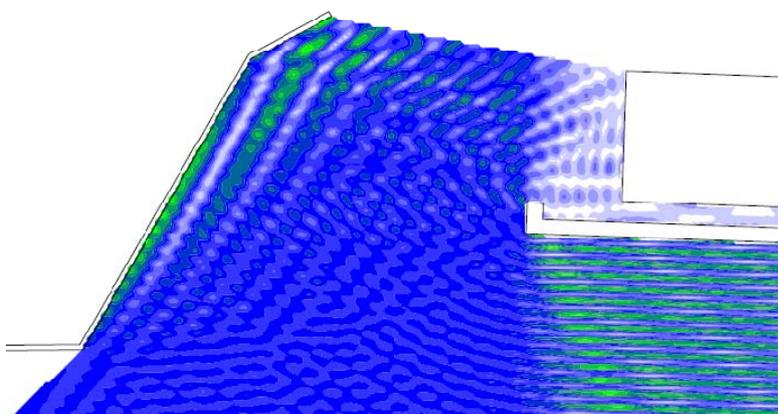
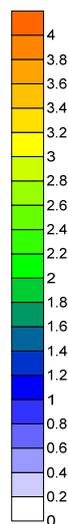


Figura 7.5.8 - Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - soluzione di progetto- Onda incidente per un $T_r=5$ anni: $H_s=5.1$ m - $T_p=10.1$ s - Dir 204° N

7.6 Analisi della navigabilità nel nuovo Canale di Calma e dei fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti

Il nuovo deposito di materiali a mare comporta l'ampliamento dell'area aeroportuale da una parte e dall'altra la riduzione della larghezza del Canale di Calma, per cui è stata verificata la compatibilità con le funzioni antropiche esistenti. In tal senso è stato assunto alla base del dimensionamento del nuovo Canale di Calma il criterio fondamentale di mantenere l'attività di navigazione nel canale stesso secondo le modalità oggi esistenti.

Il restringimento del canale di navigazione determina anche una serie di effetti che vanno attentamente studiati al fine di procedere a una corretta valutazione della stabilità delle opere di conterminazione del nuovo deposito a mare.

7.6.1 L'attività di navigazione esistente nel Canale di Calma

I traghetti, i catamarani e le motonavi adibite al trasporto pubblico sono autorizzati a circolare nel canale di calma, collegando Genova Pegli al Porto Antico. Tra i natanti autorizzati al transito nel canale di calma vi sono anche i rimorchiatori del Corpo dei Piloti, dei Rimorchiatori Riuniti e del Gruppo Antichi Ormeggiatori del Porto di Genova.

Nella relazione meteomarina sono elencate tutte le imbarcazioni autorizzate al transito nel canale di calma e le loro caratteristiche.

In Tabella 7.6.1-1 sono riportate le caratteristiche delle navi di progetto per cui sono state effettuate le verifiche di navigabilità del nuovo canale. La motonave per il servizio pubblico Mare Express e i tre rimorchiatori rappresentano, infatti, i natanti con le dimensioni maggiori che transitano oggi nel canale di calma.

Dalle informazioni raccolte, i suddetti mezzi possono circolare anche a velocità superiori ai 6 nodi, pertanto in deroga a quanto previsto nel Regolamento di sicurezza e dei servizi marittimi del Porto di Genova.

Tabella 7.6.1-1 - Caratteristiche delle navi di progetto che transitano nel canale di navigazione

Flotta	Lunghezza - L _{OA} (m)	Larghezza (m)	Pescaggio - D (m)
MAREXPRESS	26.70	9.00	1.70
100 SVEZIA	27.50	11.50	6.00
101 INGHILTERRA	27.50	11.50	6.00
102 MESSICO	36.65	13.60	7.00

7.6.2 Verifica della profondità e larghezza del nuovo Canale di Calma

Il deposito a mare oggetto del presente intervento determinerà un restringimento del Canale di Calma che separa la diga foranea dall'aeroporto di Genova; al fine di verificare che i requisiti necessari per una navigazione in condizioni di sicurezza rimangano soddisfatti anche nella configurazione progettuale, si è effettuato il dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida riportate nel Bollettino del PIANC n°95 del giugno 1997 *'Approach channel - a guide for design'*, in riferimento alle caratteristiche delle navi di progetto presentate nel paragrafo precedente.

Per quanto riguarda la profondità del canale, le linee guida indicano che il rapporto tra la profondità del canale ed il pescaggio delle navi che vi transitano deve essere pari ad almeno 1,10 in acque protette, 1,3 in acque con onde max da 1 m e 1,5 m in acque con onde ancor più alte, con periodi e direzioni di provenienza sfavorevoli. Tali valori tengono conto dello squat e delle eventuali incertezze del dragaggio e del rilievo. Nel nostro caso il nuovo Canale di Calma presenta profondità (pari a circa 13 m) ampiamente superiori alle esigenze.

La larghezza al fondo del canale, nel caso di circolazione a senso unico, viene determinata tramite la seguente relazione:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

che per un canale a doppio senso di circolazione diventa:

$$w = 2w_{BM} + 2 \sum_{i=1}^n w_i + w_{Br} + w_{Bg} + w_p$$

in cui: w_{BM} = larghezza minima di manovra, w_i = incremento di larghezza per canali rettilinei determinato da fattori ambientali e condizioni di navigazione; w_{Br} , w_{Bg} = incrementi di larghezza che tengono conto del “bank effect”; w_p = incremento di larghezza per canali a doppio senso di circolazione.

I diversi termini che concorrono alla determinazione della larghezza del canale sono determinati sulla base delle indicazioni riportate dalle linee guida precedentemente citate.

Con riferimento alle imbarcazioni di progetto indicate nel paragrafo precedente, sono stati verificati 5 scenari in relazione a differenti condizioni meteomarine (ordinarie ovvero tempo di ritorno 5 anni e gravose ovvero tempo di ritorno 20 anni) e modalità di navigazione e di circolazione, ai fini di una navigazione in sicurezza:

1. transito a 2 sensi di circolazione per nave bus Mare Express in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
2. transito a 2 sensi di circolazione per rimorchiatori Svezia e/o Inghilterra in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
3. transito a 2 sensi di circolazione per nave bus Mare Express e rimorchiatore Svezia o Inghilterra in condizioni meteomarine ordinarie (per varie velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi).
4. transito a 1 senso di circolazione per rimorchiatore Messico in condizioni meteomarine gravose (per velocità di transito da 8 nodi a maggiore di 12 nodi);
5. transito a 1 senso di circolazione per nave bus Mare Express in condizioni meteomarine ordinarie e gravose (per velocità di transito maggiori di 12 nodi).

Nella Tabella 7.6.2-1 sono sintetizzati i risultati del calcolo in termini di larghezza minima del canale per i suddetti 5 scenari considerati, che tengono conto anche di varie velocità dei natanti.

Si ricorda secondo quanto presentato nel capitolo relativo agli effetti della tracimazione delle onde sulla diga esistente, la raccomandazione di non considerare in via cautelativa ai fini di una navigazione in sicurezza una fascia aderente alla diga foranea di 5 m, pertanto la larghezza del canale utile per la navigazione diventa pari a 70 m.

Sulla base di quanto riportato in Tabella 7.6.2-1 si possono dedurre le seguenti conclusioni:

- per il nave bus che transita in condizioni meteomarine ordinarie e in doppio senso di circolazione è necessario un canale di larghezza 63 m per una velocità massima di 12 nodi; per velocità maggiori di 12 nodi non sono garantite condizioni di sicurezza in quanto è necessario disporre di un canale di larghezza maggiore di 70 m (vedi scenario 1);
- per il nave bus sono garantite le condizioni di sicurezza per la navigazione nel canale di 70 m a senso unico di circolazione, in condizioni meteomarine sia ordinarie che gravose, per velocità superiori ai 12 nodi (vedi scenario 5);
- per il rimorchiatore di progetto (Svezia o Inghilterra) che transita in condizioni meteomarine ordinarie e in doppio senso di circolazione è necessario un canale di larghezza 67 m per una velocità massima di 8 nodi; per velocità maggiori di 8 nodi non possono essere garantite condizioni di sicurezza in quanto è necessario disporre di un canale di larghezza maggiore di 70 m (vedi scenario 2);
- per il rimorchiatore di progetto (Messico) che transita in condizioni meteomarine gravose e a senso unico di circolazione, sono invece garantite le condizioni di sicurezza per la navigazione nel canale di 70 m fino a velocità di transito massime di 8 nodi (scenario 4);
- per il nave bus e il rimorchiatore (Svezia o Inghilterra) che transitano in condizioni meteomarine ordinarie e ovviamente in doppio senso di circolazione è necessario un canale di larghezza 67 m per una velocità massima di transito di 8 nodi per il rimorchiatore e di 12 nodi per il navebus; in presenza di velocità di transito superiori è necessario disporre di una larghezza del canale superiore ai 70 m (scenario 3).

In conclusione la larghezza utile del canale di navigazione di 70 m consente:

- in condizioni meteomarine ordinarie e a doppio senso di circolazione, il transito in sicurezza del nave bus di progetto (Mare Express) fino ad una velocità di 12 nodi e del rimorchiatore di progetto (Svezia o Inghilterra) fino ad una velocità di 8 nodi.
- in condizioni meteomarine gravose e ad 1 senso di circolazione, il transito in sicurezza del nave bus (Mare Express) anche con velocità maggiori di 12 nodi;
- in condizioni meteomarine gravose e ad 1 senso di circolazione, il transito in sicurezza del rimorchiatore di progetto (Messico) fino ad una velocità di 8 nodi.

Si evidenzia infine che le raccomandazioni contenute nel PIANC sono normalmente cautelative e pertanto si ritiene che rispetto alle conclusioni sopra presentate possa esserci un ulteriore margine per il transito in sicurezza delle imbarcazioni di progetto, che potrebbe essere valutato mediante l'esecuzione di simulazioni delle manovre di navigazione nel canale in 'real time'.

Tabella 7.6.2-1 - Larghezza del canale minima per i vari scenari considerati

Scenario (n°)	Condizione meteomarina	Tipologia natante	Velocità max natante (nodi)	Tipologia canale	Larghezza canale (m) (*)
1a	ordinaria	Nave bus	8	2 sensi	52
1b	ordinaria	Nave bus	12	2 sensi	63
1c	ordinaria	Nave bus	> 12	2 sensi	72
2a	ordinaria	rimorchiatore	8	2 sensi	67
2b	ordinaria	rimorchiatore	12	2 sensi	81
2c	ordinaria	rimorchiatore	> 12	2 sensi	92
3a	ordinaria	Rimorch./nave	8	2 sensi	59
3b	ordinaria	Rimorch./nave	8/12	2 sensi	67
3c	ordinaria	Rimorch./nave	12	2 sensi	72
3d	ordinaria	Rimorch./nave	>12	2 sensi	82
4a	gravosa	rimorchiatore	8	1 senso	51
4b	gravosa	rimorchiatore	12	1 senso	71
4c	gravosa	rimorchiatore	> 12	1 senso	90
5a	ordinaria	Nave bus	> 12	1 senso	39
5b (**)	gravosa	Nave bus	> 12	1 senso	61

Note:

(*): in grassetto rosso sono evidenziate le larghezze del canale superiori a 70 m, in grassetto nero le larghezze del canale inferiori a 70 m.

(**): Nell'ambito dello scenario 5 è stata considerata una condizione aggiuntiva (non richiesta) nell'intento di fornire ulteriori informazioni per la regolamentazione delle modalità di transito nel canale.

7.6.3 I fenomeni idraulici generati dal passaggio dei natanti

Un natante in navigazione genera all'interno di un canale effetti idrodinamici che riguardano al generazione di un moto ondoso e di correnti. Il fenomeno è in generale piuttosto complesso ed esistono a riguardo una notevole mole di studi che hanno trattato l'argomento con vari approcci: analitico, sperimentale in laboratorio e tramite misure dirette di campo. Gli effetti idrodinamici che si determinano in un canale per effetto del passaggio di un'imbarcazione sono in sintesi i seguenti (vedi Figura 7.6.3.1):

- la generazione di onde trasversale di poppa e di onde divergenti (che si distaccano dalla fiancata dell'imbarcazione); quest'ultime possono interessare il dimensionamento dell'opera di conterminazione;
- un abbassamento del piano d'acqua che si colloca lungo i fianchi della nave in posizioni, rispetto alla sua mezzeria, che dipendono dalla velocità;
- la corrente di ritorno, che ha senso opposto a quello del moto della nave ed ha portata di valore tale da compensare il dislocamento della stessa.

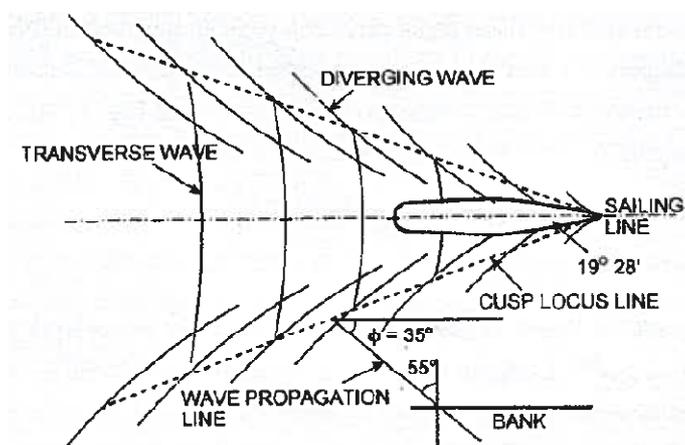


Figura 7.6.3.1 - Sistema ondoso generato dal transito di una imbarcazione

Per la determinazione dei valori di velocità della corrente di ritorno, dell'abbassamento del piano d'acqua che è pari all'altezza d'onda di poppa, viene utilizzato il diagramma di Schijf (trattazione analitico-sperimentale presentata nell'ambito delle ricerche del PIANC).

Per il calcolo dei fenomeni idraulici indotti dalla navigazione all'interno del canale di calma, si è fatto riferimento alle caratteristiche della motonave e dei rimorchiatori di progetto, considerati nel paragrafo precedente ai fini del dimensionamento della larghezza del canale.

Le valutazioni sono state eseguite in relazione a tutti gli scenari riportati sopra in Tabella 7.6.2-1, quindi considerando diverse velocità di transito delle imbarcazioni e la possibilità che alcune di esse transitino contemporaneamente nel canale di navigazione, compatibilmente con le dimensioni di progetto di quest'ultimo.

I fenomeni idraulici generati dal passaggio della motonave per il trasporto pubblico di progetto sono risultati decisamente contenuti, data l'entità modesta dell'area della sezione maestra immersa della nave.

Per quanto riguarda i rimorchiatori Svezia e Inghilterra, considerando la massima velocità di transito compatibile con la larghezza di progetto del canale, ovvero 8 nodi, ed una profondità media del canale pari a 13 m, si sono ottenuti effetti idrodinamici modesti: un abbassamento del piano d'acqua che coincide con l'altezza delle onde generate a poppa pari a 0.26 m, ed un valore della corrente di ritorno pari a 0.34 m/s, che interessa solo lo strato d'acqua superficiale.

In relazione al passaggio del rimorchiatore Messico, che presenta dimensioni superiori a quelle degli altri mezzi e circola a senso unico nel canale ad una velocità di 8 nodi, sono state determinate un'altezza delle onde generate a poppa pari a 0.36 m ed un valore della corrente di ritorno pari a 0.5 m/s. Questo scenario è risultato il più gravoso tra quelli esaminati, anche se l'entità dei fenomeni idraulici rimane comunque di entità modesta.

Questi valori trovano conforto anche dai risultati di analisi di campo condotte nei canali della laguna di Venezia, per vari tipi di imbarcazioni, tra cui anche quelle di caratteristiche analoghe al nostro caso. Sono state in particolare misurate le altezze d'onda divergenti generate da una motonave per trasporto pubblico che transitava a diverse velocità comprese tra 6 nodi e 10 nodi. L'altezza d'onda massima generata evidentemente aumenta con la velocità del natante ed è stata misurata un'altezza d'onda generata di 15 cm per la velocità di 6 nodi e di 43 cm per una velocità di 10 nodi.

Dai risultati dei calcoli sopra riportati, supportati dalle analisi di campo a disposizione, si evince che gli effetti idrodinamici generati dal transito delle imbarcazioni nel canale sono di entità limitata e pertanto non sono significativi ai fini del dimensionamento dell'opera, tenendo presente l'entità più significativa del moto ondoso valutato per effetto della propagazione delle onde attraverso le imboccature del canale.

7.7 Studio di simulazione di manovra nel nuovo Canale di Calma

L'attività di simulazione è stata sviluppata presso il CETENA S.p.A, con l'utilizzo di un simulatore in tempo reale denominato "SAND" (Simulatore Distribuito di Addestramento alla Navigazione) che contiene dentro di sé un modello matematico, interamente sviluppato da CETENA.

Lo sviluppo dello studio di simulazione in tempo reale ha permesso di considerare, oltre alle proprietà tecnico-geometriche dei natanti (geometria dello scafo, apparati di propulsione-generazione, appendici) anche: le caratteristiche meteomarine del contesto in cui la simulazione ha luogo (stato di mare, corrente, vento), la morfologia dell'area portuale, gli effetti specifici legati alla posizione del natante (banchina, profondità del fondale), l'interazione tra i natanti stessi e quella tra natanti e l'ambiente portuale esterno.

Lo studio si è posto l'obiettivo di eseguire le simulazioni di manovra che riguardano □ di verificare la navigabilità e le condizioni d'esercizio nel Canale da parte delle due tipologie di unità navali ritenute più gravose tra quelle costituenti il naviglio che attualmente opera nel Canale. Nello specifico si tratta della "Navebus" di AMT SpA ed un Rimorchiatore (del quale sono state considerate due differenti classi).

Nello specifico l'area di simulazione è stata definita schematizzando la geometria dell'intero Canale, orientato per 285°N, da una imboccatura all'altra.

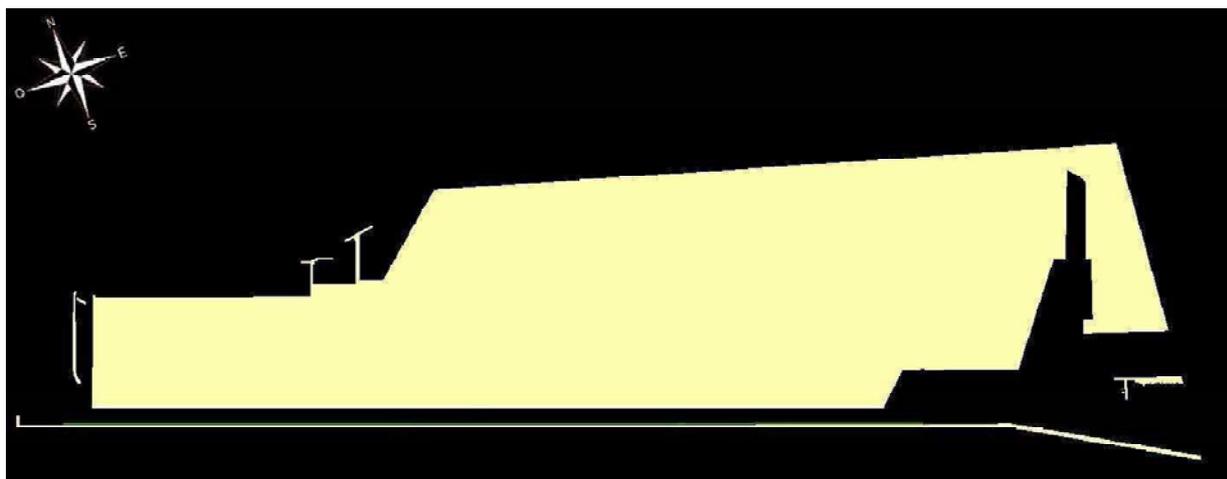


Figura 7.7.1 - Layout portuale del Canale di Calma schematizzato per le simulazioni

Il fondale del Canale di Calma è stato schematizzato è stato considerato pari a 12 m.

La larghezza a disposizione per le manovre di transito delle unità in simulazione è stata diminuita ulteriormente a 70 m, dei 75 m di progetto, per tenere conto dell'effetto di tracimazione dell'onda, legato a rigore al solo scenario "gravoso" (periodo di ritorno dell'onda uguale a 20 anni), ma considerato, in via più conservativa, per tutte le simulazioni

Il naviglio considerato nelle simulazioni è analogo a quello considerato nell'analisi di navigabilità (Tabella 6 10). Di seguito si riportano le schede grafiche dei singoli mezzi.

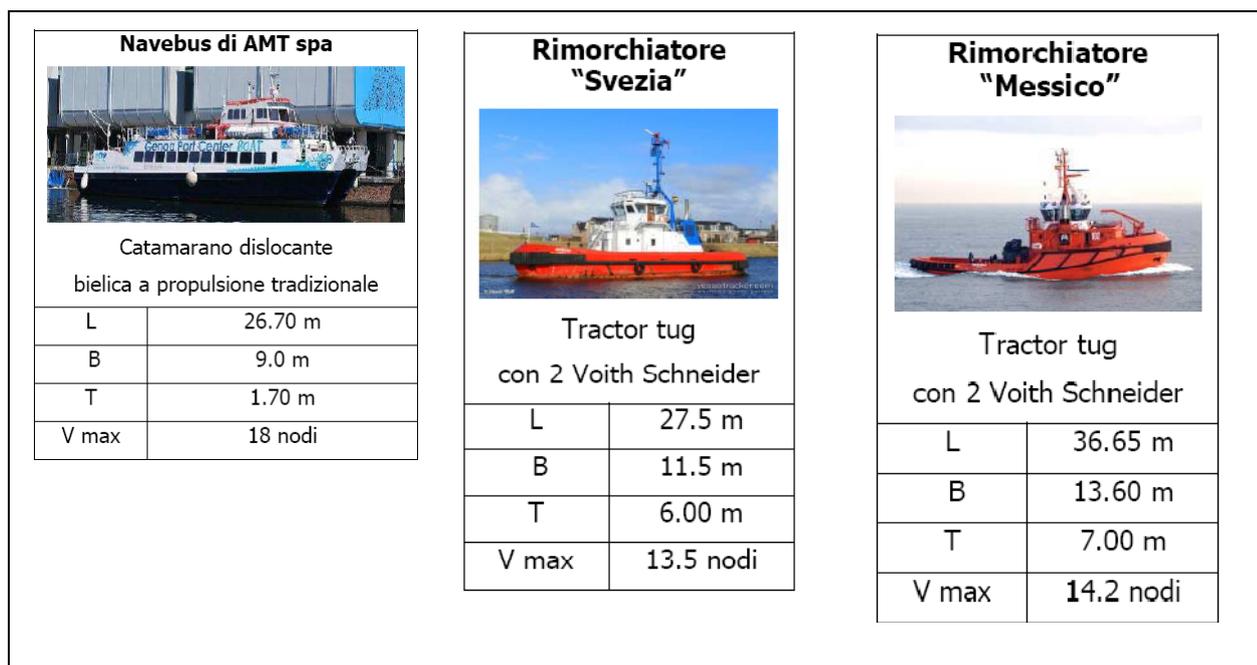


Figura 7.7.2 - Caratteristiche dei mezzi navali impiegati nella simulazione

Le condizioni meteomarine prese in esame sono relative: sia alla calma assoluta, sia ad eventi meteomarini caratterizzati da tempi di ritorno pari rispettivamente a 5 e 10 anni, contestualmente a venti provenienti dai quadranti prevalenti (fino a valori di 44 nodi, SSW) e correnti marine caratteristiche dell'area di studio con direzione est-ovest e ovest-est.

Per i venti si sono considerano le seguenti caratteristiche:

- ai venti da N-NE, una velocità pari a 22.6 m/s (circa 44 nodi) come velocità media per un periodo di ritorno di 5 anni; gli altri valori (es. 20 anni) sarebbero troppo elevati per effettuare realisticamente la navigazione nel canale;
- ai venti da S-SE, una velocità pari a 15.1 m/s (circa 30 nodi) nello scenario "ordinario" con periodo di ritorno di 5 anni, e una velocità di 16.8 m/s (circa 33 nodi) nello scenario "gravoso" con periodo di 20 anni;
- ai venti da S-SW, una velocità pari a 18.3 m/s (circa 35 nodi) nello scenario "ordinario" con periodo di ritorno di 5 anni, e una velocità di 22.7 m/s (circa 44 nodi) nello scenario "gravoso" con periodo di 20 anni.

Per le velocità della corrente si sono identificati, rispettivamente per le condizioni di vento da Libeccio e da Scirocco, i seguenti valori:

- Scirocco: correnti litoranee da est verso ovest di 25 cm/s pari a circa 0.5 kn;
- Libeccio: correnti litoranee da ovest verso est di 10 cm/s pari a circa 0.2 kn.

Il moto ondoso considerato nei differenti scenari viene di seguito definito attraverso le caratteristiche delle onde incidenti (alla Diga Fornea, esternamente al Canale di Calma), in termini di altezza significativa H_s periodo e direzione.

TR 5 ANNI		
Hs alla diga [m]	Tp [s]	DIR [°]
3.20	8.31	158
5.10	10.09	203

TR 20 ANNI		
Hs alla diga [m]	Tp [s]	DIR [°]
3.77	9.02	160
5.66	10.71	204

Figura 7.7.3 - Caratteristiche delle onde incidenti

Nel modello implementato per il simulatore si considerano i valori di agitazione ondosa interna al Canale di Calma, derivante dalla propagazione delle onde incidenti all'interno del bacino portuale (si faccia riferimento ai risultati illustrati nel Capitolo 6 sugli studi di propagazione condotti con il modello matematico DIFFRAC).

La taratura del comportamento manovriero delle due tipologie di unità in simulazione è stata effettuata grazie a Piloti (Aste) e Rimorchiatori (Bignone), i quali si sono prestati a collaborare attivamente con CETENA nei giorni precedenti all'esecuzione delle prove ufficiali,

La tabella seguente riassume le simulazioni sviluppate, in accordo e sotto la supervisione della Capitaneria di Porto di Genova, il 25 Maggio 2012 presso il laboratorio del CETENA.

#	CONDIZIONI METEOMARINE	SCENARIO	UNITÀ NAVALI	VELOCITÀ DI TRANSITO [kn]	ESITO MANOVRA
1	Calma assoluta	ordinario	Navebus →	11.51	riuscita
			Messico ←	7.98	riuscita
2	Vento da NNE a 44 kn	ordinario	Navebus →	12.09	riuscita
			Navebus ←	12.02	riuscita
3A	Vento da SSE a 30 kn, mare associato Hs=3.20 m, Tp=8.31 s; corrente est-ovest di 25 cm/s	ordinario	Messico →	8.08	riuscita
Messico ←			8.31	riuscita	
3B		ordinario	Svezia →	8.00	riuscita
			Svezia ←	8.33	riuscita
4A	Vento da SSW a 35 kn, mare associato Hs=5.10 m, Tp=10.09 s; corrente ovest-est di 10 cm/s	ordinario	Navebus ←	12.09	riuscita
Svezia →			7.94	riuscita	
4B		ordinario	Navebus →	12.08	riuscita
			Messico ←	7.93	riuscita
5	Vento da SSW a 44 kn, mare associato Hs=5.66 m, Tp=10.71 s; corrente ovest-est di 10 cm/s	gravoso	Messico ←	7.97 (a metà percorso)	riuscita

Tabella 7.7-1 - Simulazioni eseguite: esito manovre e velocità di transito delle unità nel Canale di Calma

Tutte le simulazioni, si sono svolte con esito positivo, sia per quanto riguarda la velocità di manovra, sia per quanto concerne gli aspetti legati alla sicurezza dei natanti, correlati alle distanze di transito dalle opere portuali e fra i mezzi stessi. Tuttavia, particolare attenzione nella fase di transito di entrambe le unità navali, dovrà essere messa in atto in navigazione con scarsa visibilità oppure di notte ed in presenza di un'agitazione ondosa associata ad eventi meteomarini gravosi con periodi di ritorno superiori o uguali ai 20 anni.

A margine delle considerazioni relative al presente studio, si osserva inoltre che al di fuori del Canale di Calma, nella zona antistante le due imboccature (Levante e Ponente), si verificano serie difficoltà di governo alle unità navali prese in esame, in presenza di

un'agitazione ondosa associata ad eventi meteomarinari gravosi (caratterizzati da periodi di ritorno superiori o uguali ai 20 anni). In tali zone infatti l'agitazione ondosa risulta essere condizionata, oltre che dal moto ondoso incidente, anche dagli effetti di riflessione che questo subisce a causa delle opere portuali limitrofe esistenti, quali ad esempio la Diga di Voltri.

7.8 Analisi dell'idrodinamica e della dispersione potenziale

In base alle osservazioni fatte dalla Capitaneria di Porto e dall'Autorità Portuale di Genova, si è proceduto, come ampiamente ricordato nei paragrafi precedenti, ad una revisione della soluzione progettuale che, in termini generali può essere riassunta con:

- Larghezza residua del canale di navigazione pari a 75 m
- Rimodulazione della testata orientale della colmata con uno spostamento tale da consentire le manovre e l'attracco delle navi alla banchina ILVA

Inoltre questa nuova soluzione doveva essere inserita considerando i dragaggi già previsti sia di fronte alla banchina ILVA che alla foce del torrente Polcevera e la rimodulazione della testata del molo est.

La configurazione della situazione di riferimento da assumere come base per la simulazione della situazione attuale è quindi quella riportata in Figura 7.8.1, mentre quella di progetto è illustrata in Figura 7.8.2.

È quindi importante, anche per questa nuova configurazione, studiare le caratteristiche idrodinamiche di questo sistema che costituiscono la base non solo relativa al movimento delle masse d'acqua collegate, ma anche e soprattutto il mezzo con cui avvengono i fenomeni dispersivi e di trasporto nell'area ed hanno, quindi, un effetto diretto sulla qualità del sistema in generale.

Risulta pertanto evidente come, per valutare gli effetti che il nuovo intervento potrebbe avere su tali fenomeni locali in un sistema idrico sostanzialmente complesso come quello in esame, sia necessario uno studio di dettaglio in grado di riprodurre i processi principali

che si verificano nella situazione attuale e in grado di prevederne i principali cambiamenti nella configurazione di progetto.

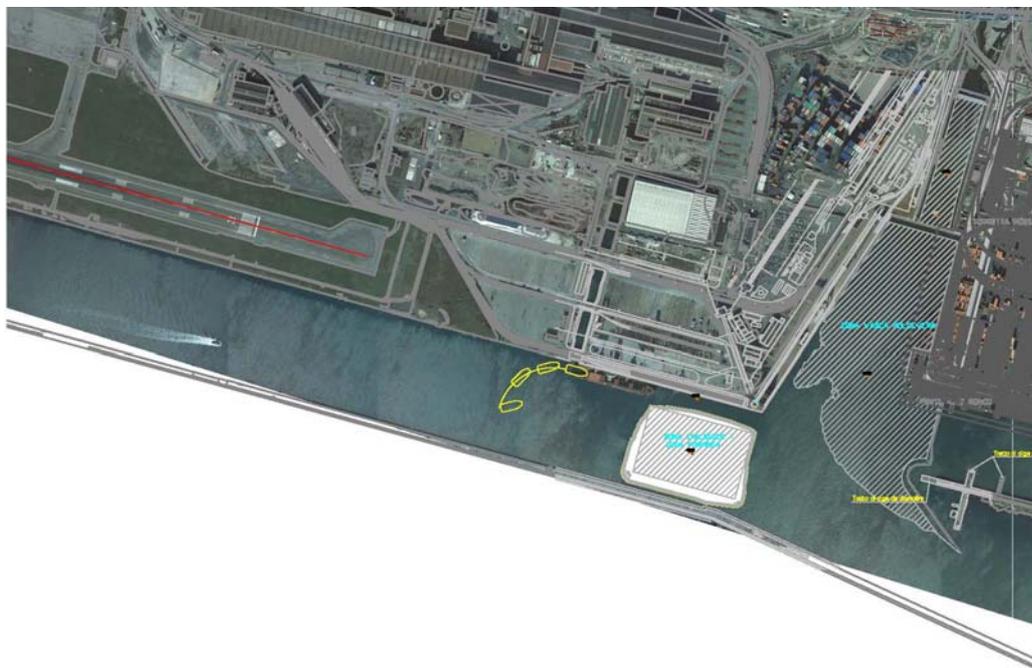


Figura 7.8.1 - Configurazione della situazione di riferimento e di progetto per le nuove analisi idrodinamiche

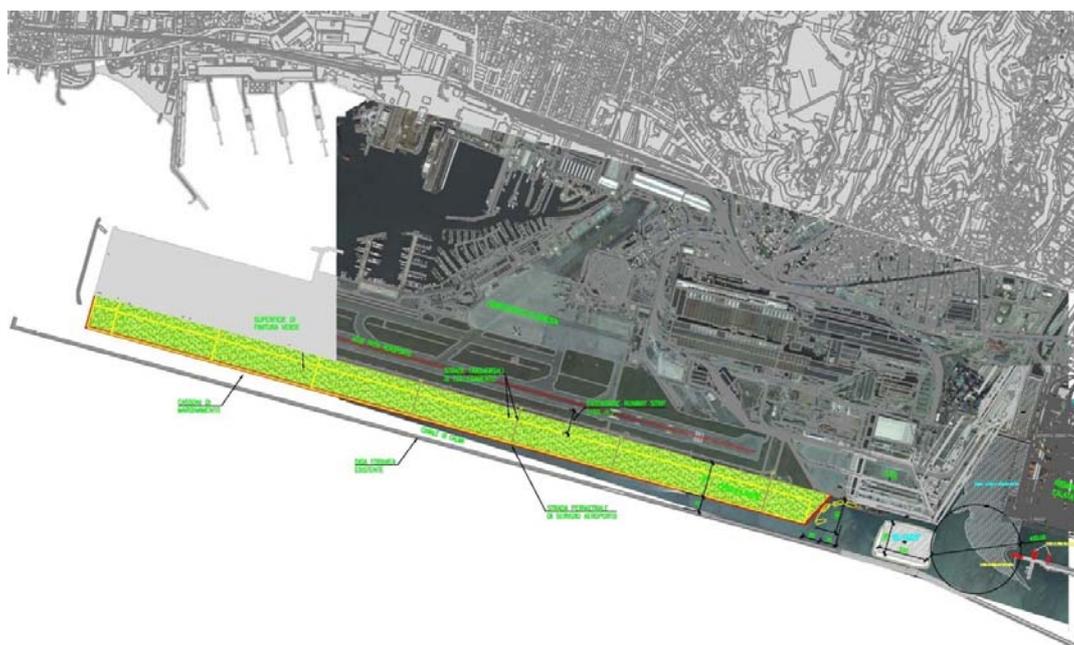


Figura 7.8.2 - Configurazione della situazione di riferimento e di progetto per le nuove analisi idrodinamiche

Per tale motivo è stato necessario predisporre un'analisi di dettaglio con strumenti adeguati per il conseguimento degli obiettivi sopra ricordati.

In particolare è stato messo a punto un modello matematico, idrodinamico e dispersivo che ha consentito di studiare l'andamento dei campi di corrente nella situazione attuale con diversi scenari di forzanti esterne (marea, vento, correnti litoranee, ecc.) per lo scenario di riferimento e di applicarlo poi alla configurazione prevista nel progetto definitivo, incluse le varianti richieste, e di studiare i principali processi direttamente connessi all'idrodinamica come la dispersione ed il trasporto solido evidenziando, anche in questo caso, le modifiche di questi parametri che verranno indotte dai nuovi interventi.

Mentre per un'analisi di dettaglio si rimanda al relativo rapporto specialistico, nei seguenti paragrafi si riassumono i principali risultati ottenuti.

7.8.1 **Il modello idrodinamico e dispersivo**

Lo studio idrodinamico di un'area protetta, come un porto, richiede sempre una grande attenzione per quanto riguarda il ricambio delle masse d'acqua nelle diverse condizioni meteo-marine che possono presentarsi.

A differenza di altri fenomeni, come ad esempio lo studio del moto ondoso, lo studio delle correnti richiede una valutazione specifica degli effetti prodotti dalle singole forzanti esterne in quanto anche piccole variazioni possono indurre conseguenze di una certa rilevanza.

Sulla base di queste considerazioni, il metodo di analisi che usualmente viene adottato deve prevedere:

- a) La predisposizione di uno strumento di analisi, usualmente uno o più modelli matematici tra loro interconnessi, che siano in grado di rappresentare con sufficiente dettaglio la zona di studio ed i fenomeni connessi all'idrodinamica locale

- b) Una definizione la più possibile dettagliata, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, delle forzanti esterne che determinano il comportamento idrodinamico e dispersivo del sito
- c) L'identificazione del comportamento idrodinamico del sistema nella configurazione di riferimento e, quindi, confrontarlo con quello che si verrà ad instaurare in seguito alla realizzazione degli interventi previsti al fine di valutarne le principali modifiche. Nel caso le stesse fossero da considerare non accettabili, sarà necessario identificare i possibili interventi di mitigazione e valutarne gli effetti.

Anche per il presente studio si è ritenuto di applicare questo metodo, collaudato ed accettato a livello generale.

Le attività che sono state svolte sono:

- messa a punto del modello matematico idrodinamico e dispersivo per l'area del porto di Genova, limitatamente, data l'estensione, all'area direttamente interessata dal canale di calma.
- Identificazione e quantificazione delle forzanti esterne e che, in generale, possono essere identificate con:
 - Onde di marea
 - Vento
 - Correnti litoranee
 - Deflussi di corsi d'acqua naturali o artificiali
- Simulazione dello scenario di riferimento e di quello con gli interventi al fine di identificare gli effetti di questi ultimi sull'idrodinamica locale.

Nella Figura 7.8.1.1 viene riportata la griglia a maglia curvilinea utilizzata per schematizzare il porto di Genova per la zona di interesse, mentre nella Figura 7.8.1.3 è evidenziato un dettaglio che consente di evidenziare come la maglia sia a risoluzione

variabile, con una grande densità di maglie nella zona del porto, dove le informazioni devono essere maggiormente dettagliate, e si vanno via via diradando verso il mare aperto dove la morfologia della zona è meno variabile e, quindi, viene richiesta una minore precisione locale nella sua descrizione.

La risoluzione della griglia di calcolo in prossimità del canale di calma è tra i 15 ed i 30 m circa e questo consente di rappresentare con sufficiente dettaglio sia la situazione attuale che quella con gli interventi previsti.

La batimetria associata a tale maglia e rappresentativa dello scenario di riferimento è riportata in Figura 7.8.1.2.

Nella Figura 7.8.1.3 è riportato il dettaglio della schematizzazione in prossimità del canale di calma, mentre nella Figura 7.8.1.4 viene illustrata la relativa batimetria.

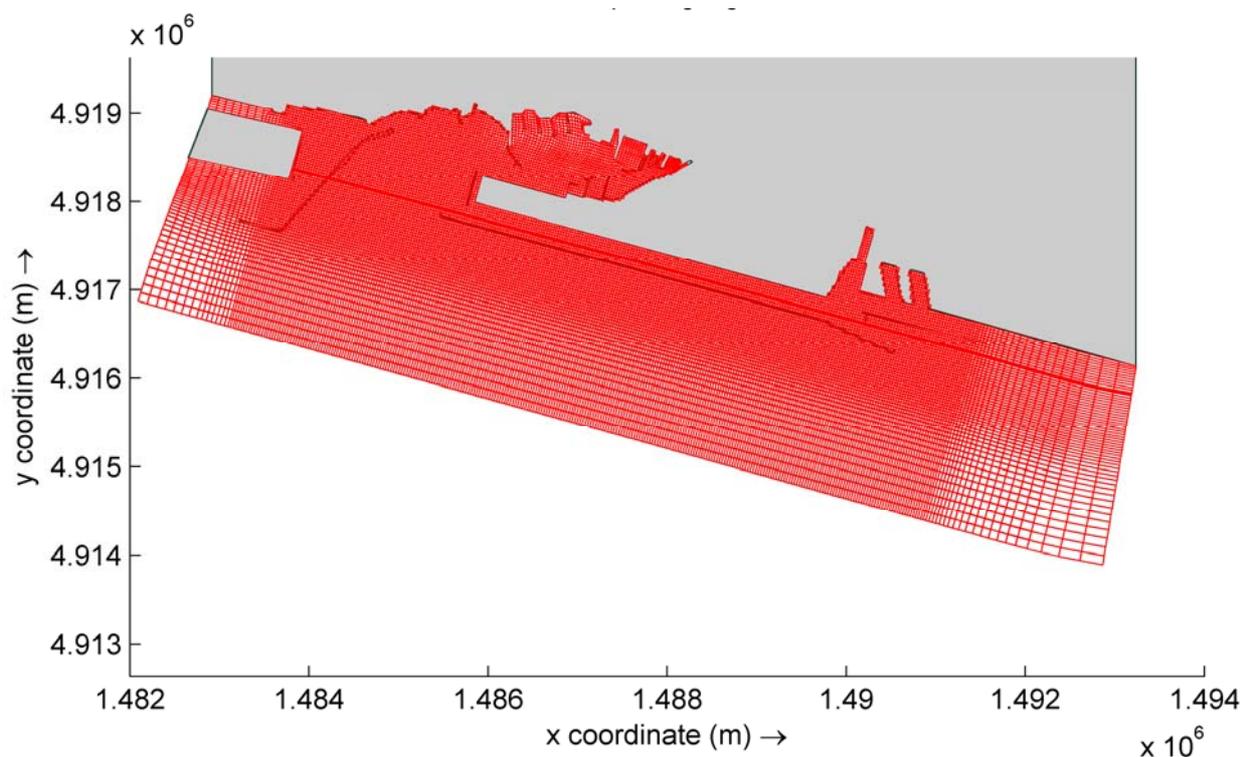


Figura 7.8.1.1 - Schematizzazione del dominio di calcolo con una griglia a maglia curvilinea

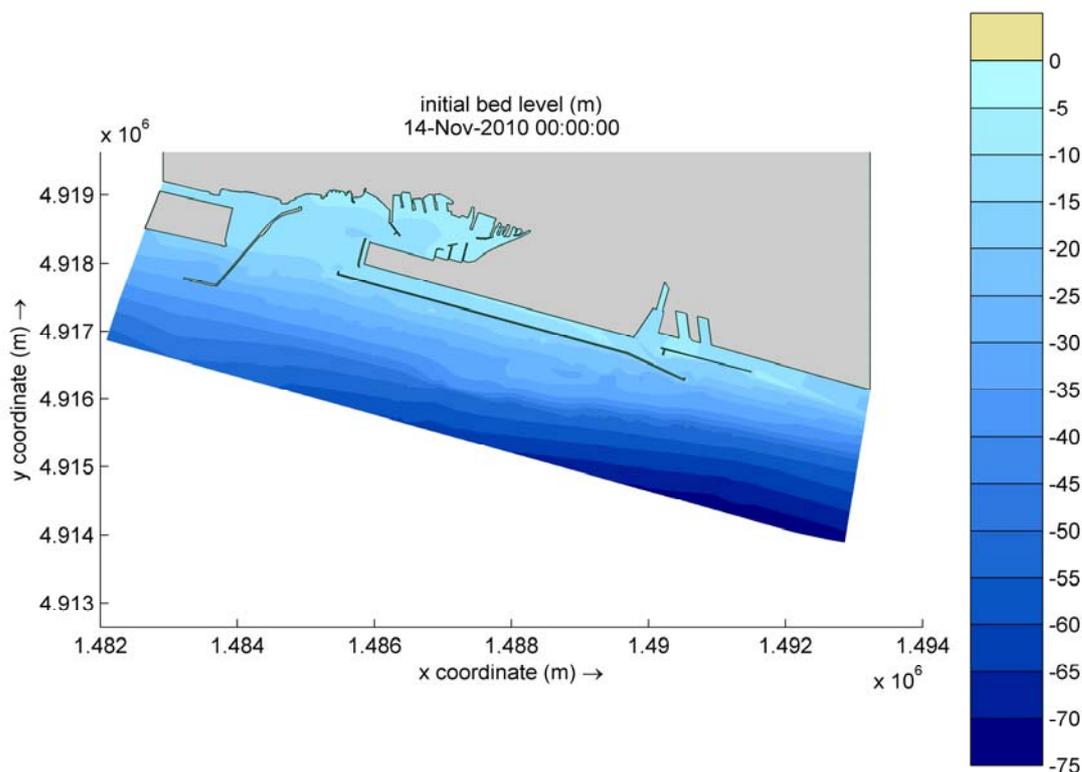


Figura 7.8.1.2 - Batimetria (m) applicata alla maglia di calcolo della Figura 7.8.1.1.

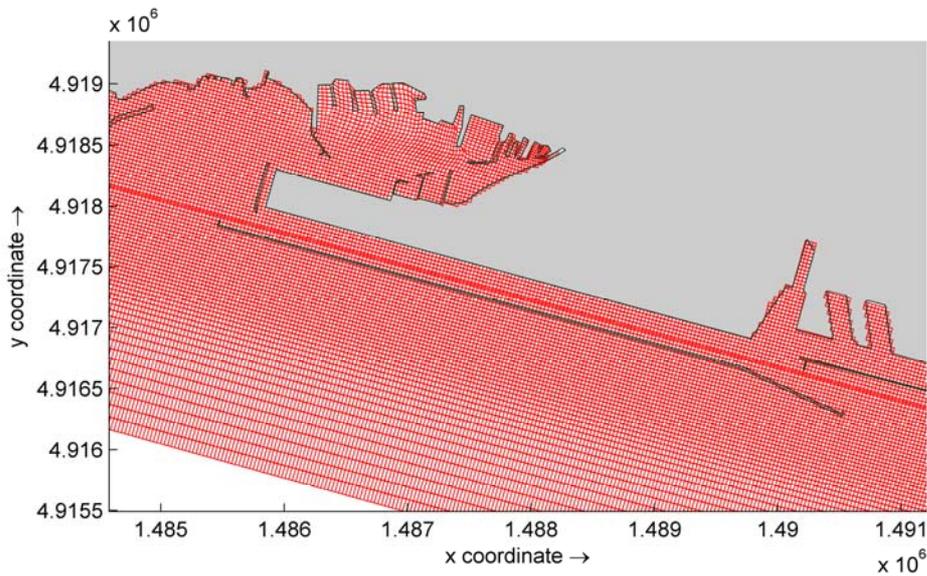


Figura 7.8.1.3 - Dettaglio della maglia di calcolo nella zona del canale di calma

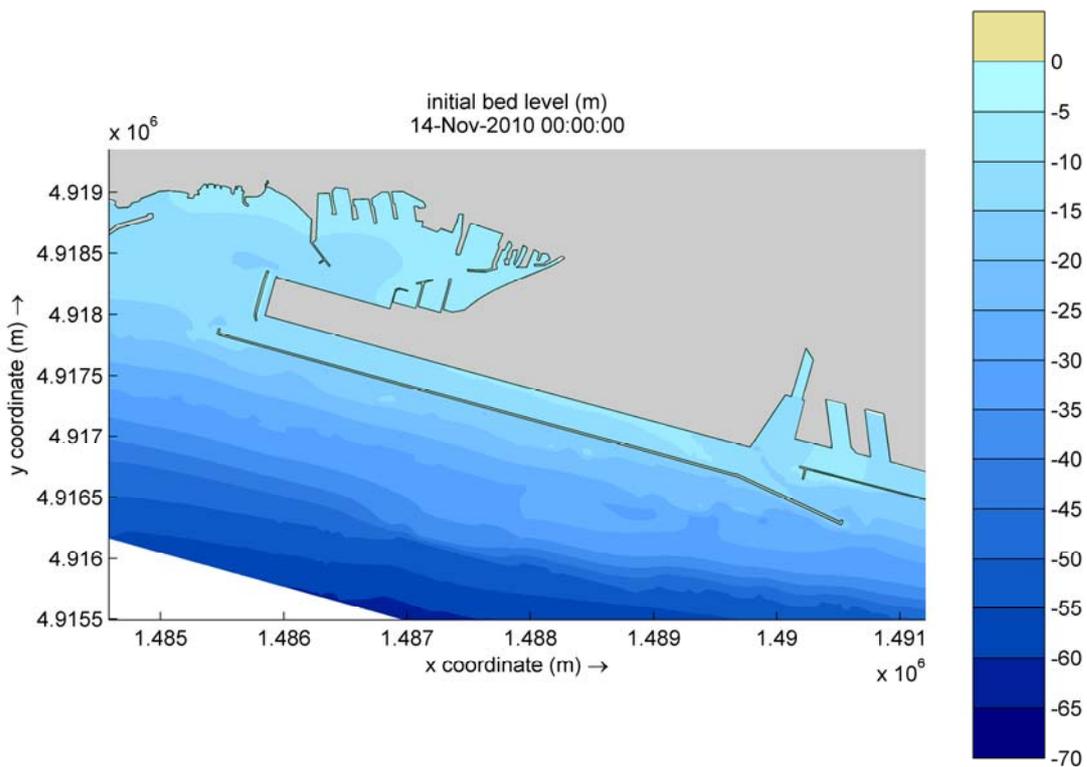


Figura 7.8.1.4 - Dettaglio della batimetria (m) applicata alla maglia di calcolo di Figura 7.8.1.3

7.8.2 Idrodinamica e dispersione potenziale nella zona di progetto

Per consentire un'analisi dettagliata di quanto sopra ricordato, ad ogni scenario analizzato sono state applicate condizioni al contorno caratteristiche del sito di interesse e, in particolare:

- Oscillazione di marea;
- Correnti litoranee;
- Velocità del vento;
- Deflussi di acque dolci dai corsi d'acqua e dagli scarichi principali.

Al fine di valutare l'effetto medio in termini di velocità e, quindi, di trasporto dovuto all'oscillazione della marea, si è adottato, sulla base delle analisi riportate nella "Relazione Meteomarina" del presente progetto, la seguente marea sintetica media:

- Ampiezza (A): 0.12 m
- Periodo (T): 12 ore

In questo modo viene identificata una marea sinusoidale ciclostazionaria che oscilla tra quota +0.12 m e -0.12 m rispetto al medio mare con un periodo di 12 ore, caratteristico delle maree semidiurne come quelle che si verificano a Genova. L'utilizzo di una marea sintetica di questo tipo consente di instaurare dei campi di moto stabili, atti a mettere in risalto le variazioni indotte dalla geometria del sistema.

Sempre sulla base di quanto riportato nella Relazione Meteomarina, nell'ottica di realizzare uno scenario con forzanti idrodinamiche medie, si è ritenuto di imporre una velocità litoranea da est verso ovest di intensità uniforme di 10 cm/s.

Le caratteristiche sito-specifiche dei venti sono state riportate sempre nella "Relazione Meteomarina" sviluppata per il presente progetto.

Per le simulazioni con il modello matematico descritto in questo rapporto sono stati considerati i seguenti eventi di vento:

- a) Calma di vento
- b) Vento di scirocco con intensità di 12 m/s
- c) Vento di libeccio con intensità di 10 m/s

Per quanto riguarda i deflussi di acque dolci agli scarichi principali in questo studio sono stati considerati i tre corsi d'acqua che sfociano in prossimità dell'area in esame e che sono, da est verso ovest: il torrente Polcevera, la cui foce è ubicata immediatamente ad est del canale di calma, il rio Roncallo più ad occidente, ed, infine, il Rio Secco. L'ubicazione delle foci è riportata in Figura 7.8.2.1.

I tre corsi d'acqua presentano un regime di tipo torrentizio caratterizzato da intensi e poco frequenti picchi di portata e da lunghi periodi di siccità.

Questi tre corsi d'acqua sono stati studiati nel dettaglio nei Piani di Bacino editi a cura della Provincia di Genova³.

Il Polcevera è in grado di fornire dei deflussi di piena estremamente rilevanti, con un deflusso massimo annuo di circa 300 m³/s che raggiungono facilmente i 1000 m³/s per tempi di ritorno di circa 10 anni.

Il rio Roncallo ed il rio Secco, d'altra parte, presentano portate massime annue decisamente limitate, stimabili in qualche metro cubo al secondo, che diventano decisamente elevate, anche in relazione all'estensione esigua dei relativi bacini imbriferi (0.643 km² per il Roncallo e 0.59 km² il secco): infatti, per un tempo di ritorno di 10 anni le portate diventano rispettivamente di 11 e 8 m³/s, mentre per 30 anni le portate di piena stimate arrivano a 18 e 15 m³/s con contributi specifici di 28 e 25 m³/s km².

Per lo sviluppo del presente studio, sono stati studiati due diversi scenari di deflusso di questi 3 corsi d'acqua: il primo, in condizione di piena annuale, teso a definire il campo idrodinamico ed i processi di dispersione, mentre per l'analisi del ricambio dei corpi

³ Provincia di Genova; *“Torrente Polcevera – Piano di Bacino Stralcio per la difesa Idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive”*, Genova 2003

Provincia di Genova; *“Ambiti Regionali di Bacino 12 e 13 – Piani di Bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico”*, Genova 2009

d'acqua recettori sono stati adottati i valori stimati di deflusso medio annuo in modo da verificare i processi sul medio-lungo periodo. Entrambi questi scenari sono stati applicati sia allo scenario attuale che a quello previsto con gli interventi.



Figura 7.8.2.1 - Corsi d'acqua considerati nel presente studio

Al fine di verificare l'influsso degli scarichi di questi corsi d'acqua sui campi di moto locali e sulla dispersione, per ognuno degli scenari considerati sono state prese in considerazione i seguenti deflussi:

- a) Deflusso nullo, quindi caratteristico dei periodi di secca
- b) Deflusso medio annuo
- c) Deflusso di piena con tempo di ritorno di 1 anno; questo scenario è stato considerato specialmente in relazione all'analisi dei campi di dispersione per verificare l'andamento delle concentrazioni di traccianti conservativi in periodi di piena ricorrente.

Inoltre, come espressamente richiesto dal MATTM in fase di revisione del progetto, si è considerato come scenario anche quello derivante dal considerare i deflussi del t.

Polcevera e dei rii Roncallo e Secco con Tempo di Ritorno di 200 anni al fine di verificare che le nuove opere non costituiscano un ostacolo al libero deflusso delle acque.

Poiché questa analisi consente di verificare la capacità di deflusso idraulico con tempi di ritorno di grande rilevanza, si è ritenuto, per le simulazioni necessarie a definire il regime del sistema in condizioni normali, di concentrarsi sui regimi di secca e medi annui dei corsi d'acqua, importanti per le analisi ambientali, lasciando le verifiche di sicurezza alla sola simulazione con $Tr=200$ anni.

Sono quindi stati utilizzati, per i diversi scenari i deflussi riportati nella seguente Tabella 7.8.2-1.

Tabella 7.8.2-1 - Portate di deflusso considerate per le immissioni dei corsi d'acqua nell'analisi dei campi di corrente e della dispersione

	Torrente Polcevera (m³/s)	Rio Roncallo (m³/s)	Rio secco (m³/s)
Condizione di secca	0.0	0.0	0.0
Deflusso medio annuo	5.0	0.5	0.1
Piena annuale	300.0	5.0	1.5
Piena duecentennale	1758.0	31.0	26.0

L'insieme delle simulazioni effettuate per l'analisi delle correnti e della dispersione nella zona di progetto, per la configurazione attuale è quindi quello riassunto riportato in Tabella 7.8.2-2.

Tabella 7.8.2-2 - Quadro sinottico delle simulazioni effettuate per lo studio del campo di correnti e della dispersione nella situazione attuale

Simulazione	Marea	Correnti litoranee	Deflussi acque dolci	Velocità del vento
1	Ciclostazionaria sinusoidale Ampiezza ± 12 cm Periodo 12 ore	Costante da Est di 10 cm/s	Condizione di secca	Calma di vento
2				Scirocco 12 m/s
3				Libeccio 10 m/s
4			Deflusso medio annuo	Calma di vento
5				Scirocco 12 m/s
6				Libeccio 10 m/s
7				Evento duecentennale Calma di vento

A titolo esemplificativo, vengono riportati di seguito alcuni risultati ottenuti, mentre per una discussione dettagliata degli stessi si rimanda alla relazione specialistica.

In particolare, da Figura 7.8.2.2 a Figura 7.8.2.4 vengono riportati i campi di moto, nella configurazione di progetto, valutati considerando come forzanti l'oscillazione di marea, le correnti litoranee, i deflussi medi annui dai corsi d'acqua considerati e, per ognuna delle figure, rispettivamente la calma di vento, il vento di scirocco ed il vento di libeccio.

Come si può notare le correnti, che usualmente tendono a fluire in direzione est – ovest, con il vento di libeccio invertono la loro direzione, ma nella sostanza le velocità significative all'interno del canale di calma, rimodulato dalla presenza della nuova colmata, mantengono intensità contenute, comprese tra i 10 e i 25 cm/s.

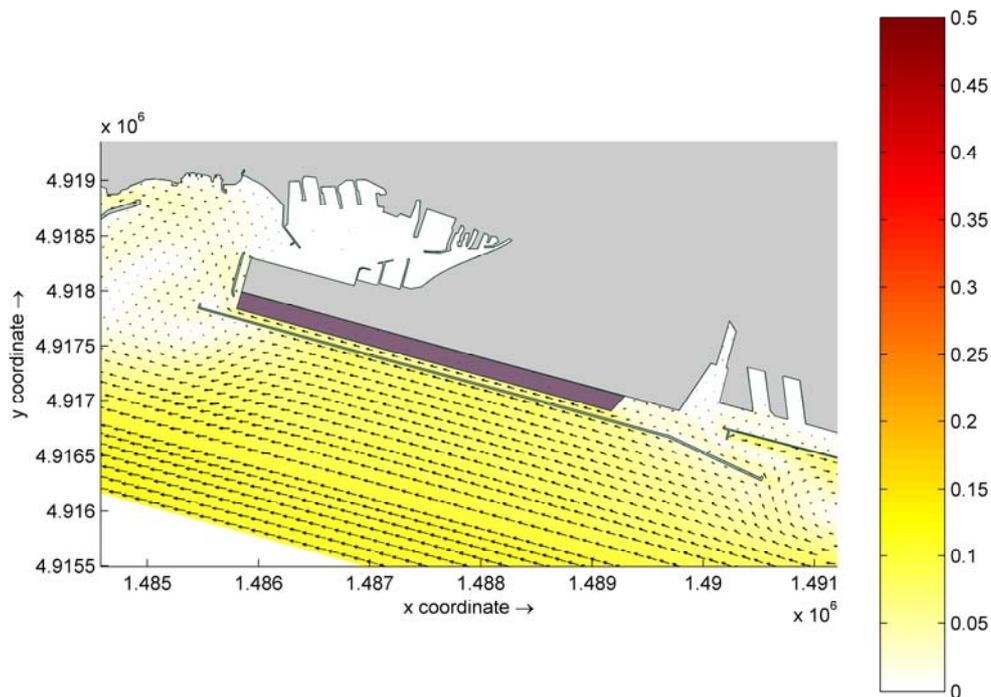


Figura 7.8.2.2 - Configurazione di progetto, campo di moto generato da marea, correnti litoranee e deflussi medi annui dei corsi d'acqua in calma di vento

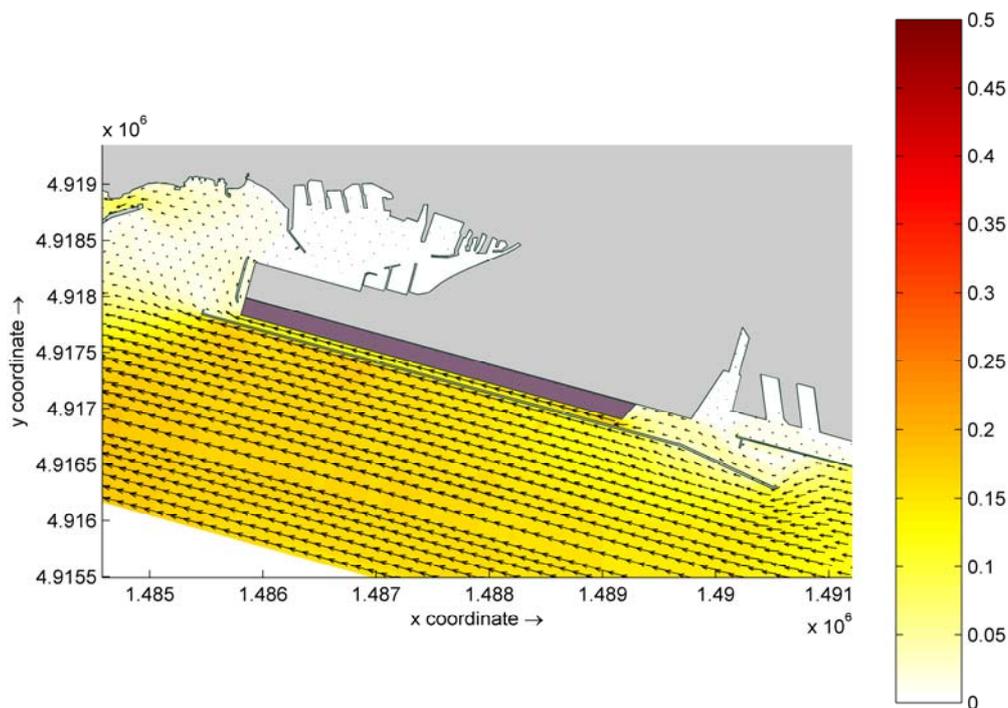


Figura 7.8.2.3 - Configurazione di progetto, campo di moto generato da marea, correnti litoranee e deflussi medi annui dei corsi d'acqua e vento di scirocco

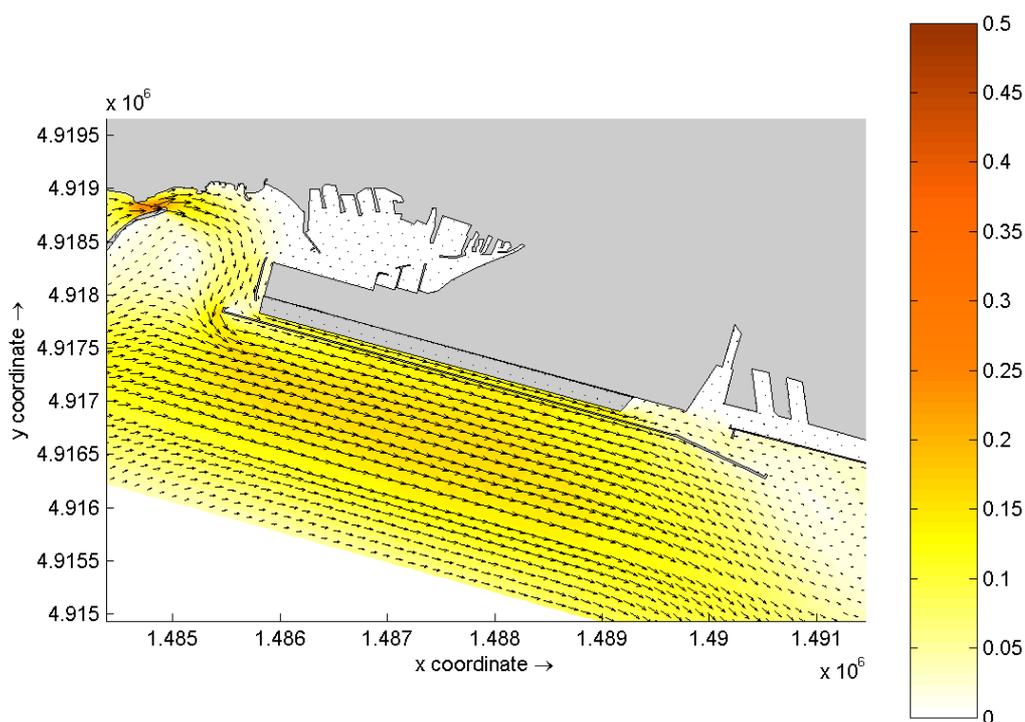


Figura 7.8.2.4 - Configurazione di progetto, campo di moto generato da marea, correnti litoranee e deflussi medi annui dei corsi d'acqua e vento di libeccio

Questo determina che, da un punto di vista della dispersione, data la caratteristica estremamente confinata del corpo d'acqua oggetto di studio, anche se le velocità sono limitate, la parte avvertiva è preponderante rispetto alla dispersiva e, quindi, il riuscire a mantenere nel canale di calma delle velocità paragonabili a quelle della situazione attuale (anzi leggermente più elevate) garantisce comunque un sufficiente ricambio del corpo idrico.

Questo risulta evidente dai risultati riportati da Figura 7.8.2.5 a Figura 7.8.2.7 dove sono riportate, per le tre situazioni a cui si riferiscono i risultati dei campi di moto precedenti, le differenze di concentrazione tra la situazione di progetto e la situazione di riferimento.

Come si può notare, considerando che la concentrazione massima agli scarichi può valere al massimo 1 u.i./l, le differenze indotte dalla presenza della nuova colmata fanno aumentare queste concentrazioni al massimo del 6-8% (0.6-0.8 u.i./l) a fronte di una riduzione della sezione di flusso superiore al 65%.

Un'analisi più approfondita della variazione del ricambio del canale di calma una volta realizzata la nuova colmata è stata effettuata per mezzo della variazione del cosiddetto "Tempo di Ricambio".

Questo parametro, che in letteratura viene definito come il tempo necessario affinché il flusso di marea, supposto composto da acqua "pulita", riduca, in un punto, la concentrazione di una sostanza conservativa, inizialmente uniformemente distribuita nell'area (cioè con una concentrazione iniziale uguale in ogni punto della zona di studio), di un fattore pari al numero di Eulero "e" ($\sim 2.718281\dots$), consente di valutare in modo oggettivo le variazioni indotte.

Per utilizzare tale parametro è necessario valutare il comportamento di un tracciante passivo presente nel sistema e che modifichi la sua concentrazione in funzione delle condizioni idrodinamiche e dispersive locali.

Per il presente studio sono stati considerati 2 scenari di scarico dei corsi d'acqua:

- Lo scenario di secca, caratteristico di un comportamento estivo

- Lo scenario con deflusso dai corsi d'acqua corrispondente al deflusso medio annuo

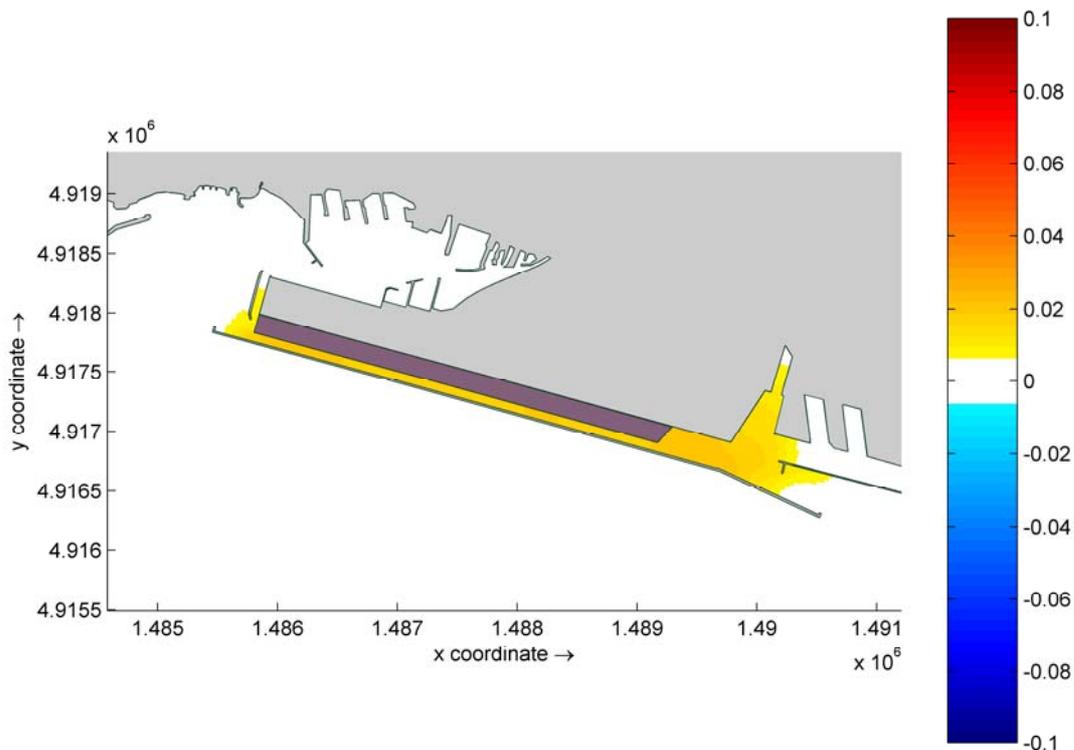


Figura 7.8.2.5 - Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./m³) generato dal tracciante rilasciato dal T. Polcevera nello scenario con interventi e nello scenario di riferimento per la simulazione 4

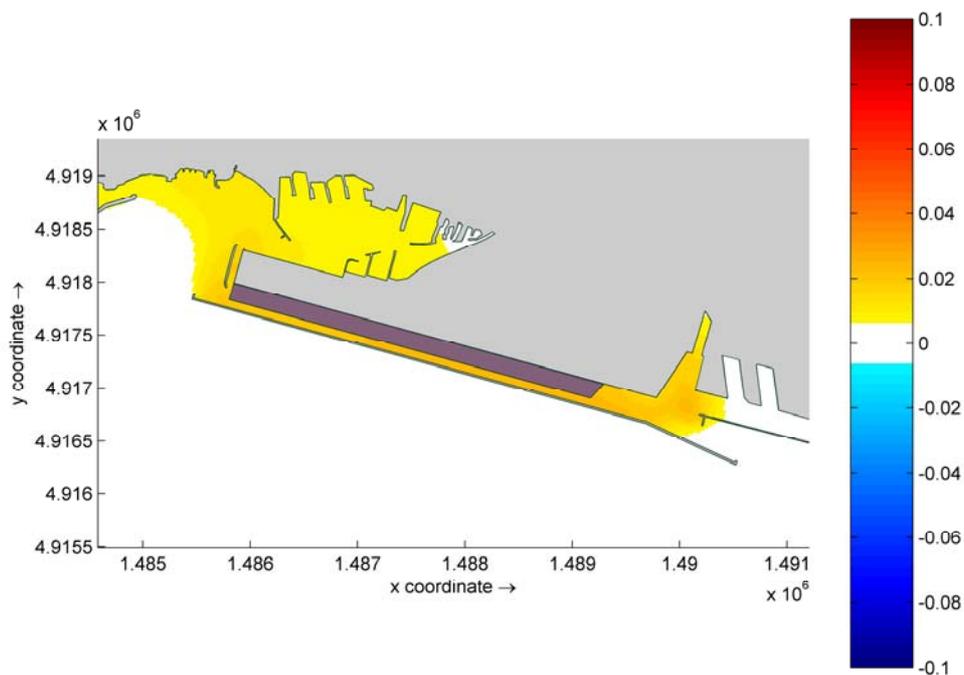


Figura 7.8.2.6 - Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./m3) generato dal tracciante rilasciato dal T. Polcevera nello scenario con interventi e nello scenario di riferimento per la simulazione 5

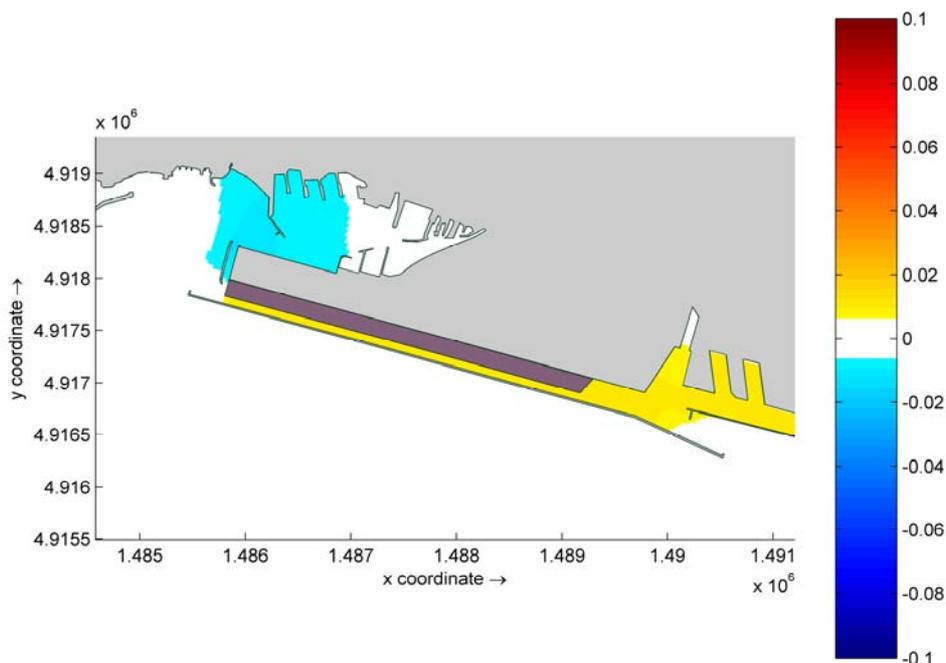


Figura 7.8.2.7 - Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./m3) generato dal tracciante rilasciato dal T. Polcevera nello scenario con interventi e nello scenario di riferimento per la simulazione 6

Nelle successive immagini di Figura 7.8.2.8 e Figura 7.8.2.9 vengono riportati, nella prima, la distribuzione del tempo di ricambio, in ore, per lo scenario che include il deflusso dai corsi d'acqua, sia per la situazione di riferimento che per quella con gli interventi, mentre nella seconda è riportata la differenza tra le due.

Risulta quindi evidente che la realizzazione della nuova colmata induce una tendenza all'aumento del tempo di ricambio nell'area prospiciente la banchina ILVA, mentre nella zona ad ovest si manifesta una tendenza alla riduzione.

In termini percentuali si stima che il tempo di ricambio, nella situazione peggiore, possa aumentare inferiore al 30%.

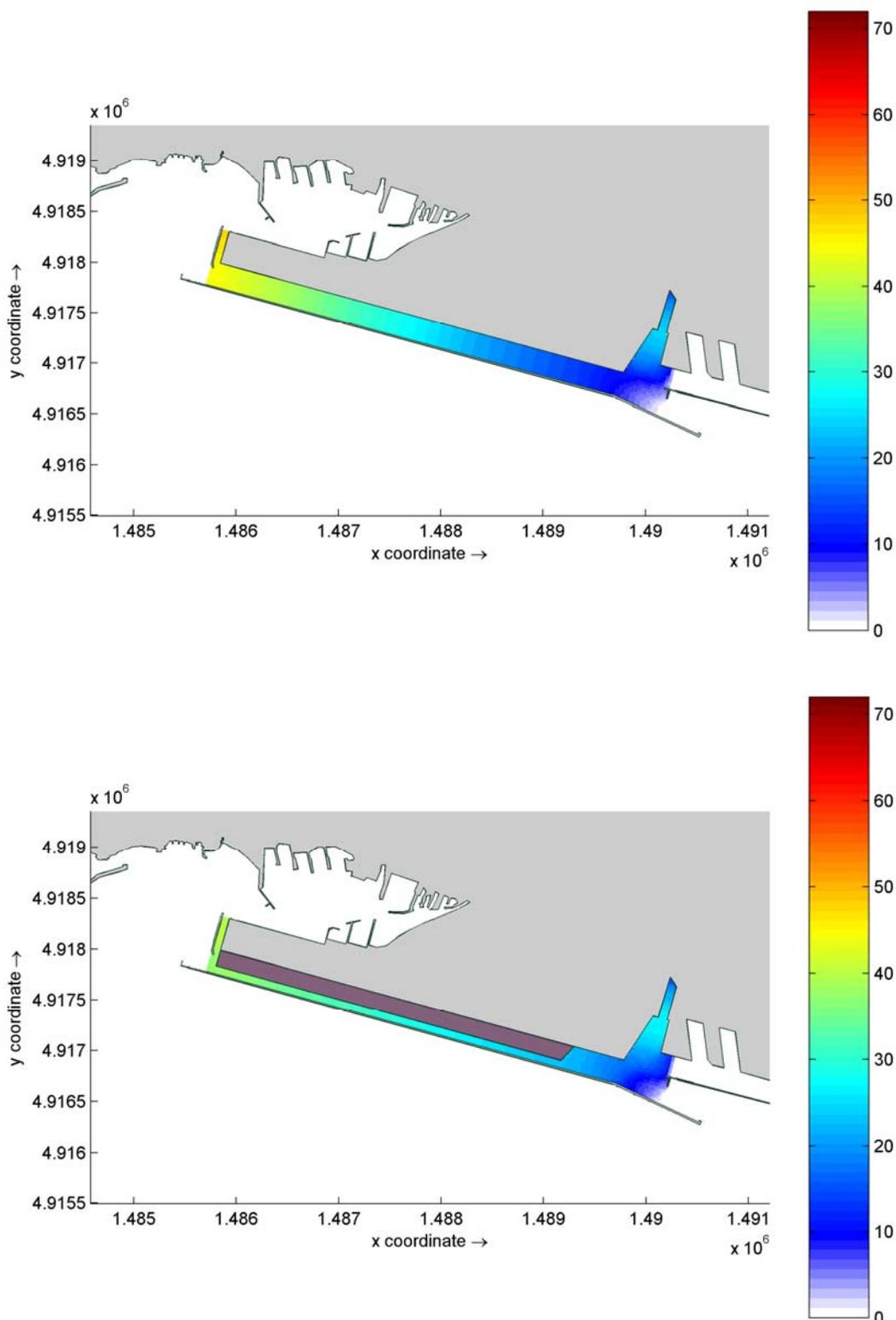


Figura 7.8.2.8 - Tempo di ricambio, in ore, nel canale di calma quando sottoposto a marea media, a correnti litoranee oltre e ai deflussi medi annui dei principali corsi d'acqua nella situazione di riferimento (sopra) e di progetto (sotto).

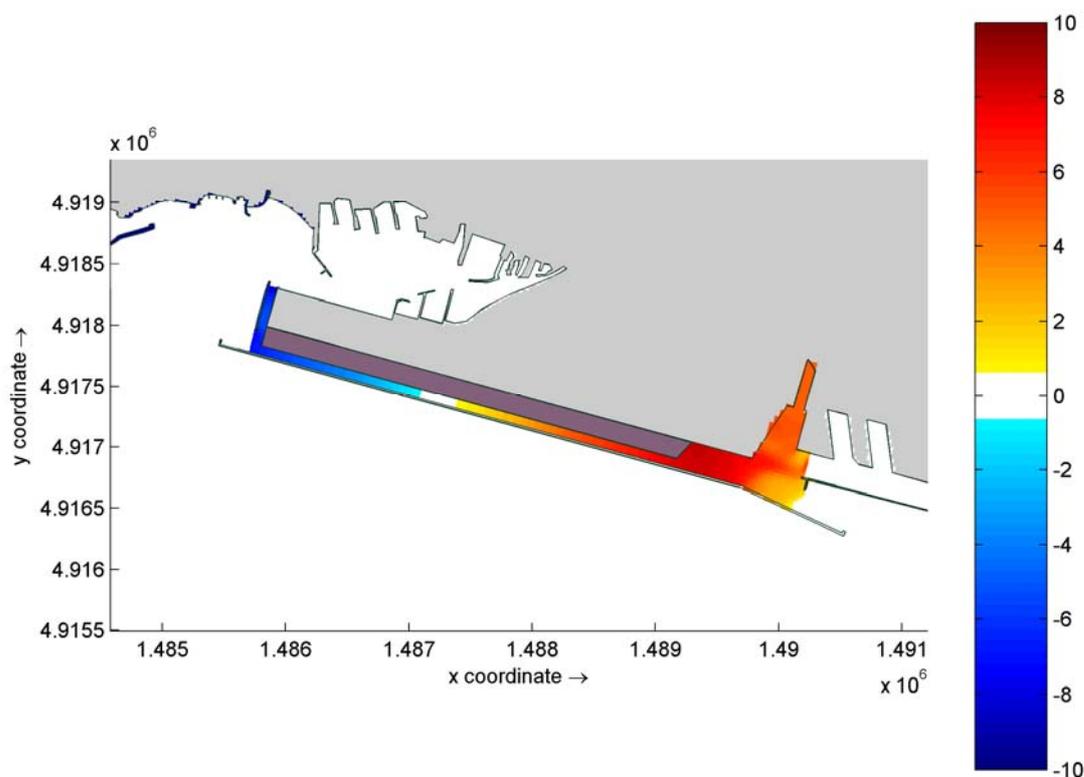


Figura 7.8.2.9 - Differenza del tempo di ricambio, in ore, tra la situazione di riferimento e di progetto, nella medesima condizione di forzanti esterne considerate nella precedente Figura 7.8.2.8

7.8.3 Trasporto solido nella zona di progetto

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, il Canale di Calma è, nella situazione attuale, un bacino a bassa energia nel quale defluiscono alcuni corsi d'acqua, tra i quali il Torrente Polcevera che può presentare apporti anche rilevanti.

In queste condizioni è importante studiare come il trasporto di sedimenti, principalmente dovuti a questi corsi d'acqua, possa interagire con il canale di calma sia per la configurazione attuale, sia per la configurazione con gli interventi previsti già realizzati.

Usualmente, per uno studio di questo tipo, sarebbe necessario identificare le caratteristiche del trasporto solido dei corsi d'acqua interessati (Torrente Polcevera, rio Secco e rio Roncallo) in termini di granulometria e quantità, e verificare quindi come

questo influenzi la distribuzione ed il trasporto dei sedimenti in sospensione e sul fondale nel canale.

Poiché i dati disponibili sul trasporto solido di questi tre torrenti non sono sufficientemente dettagliati per procedere ad un'analisi come sopra ricordato, è stato necessario effettuare alla valutazione della potenziale distribuzione dei sedimenti per via indiretta, basandosi sulle seguenti considerazioni:

- Il Canale di Calma, come dimostrato anche con le analisi idrodinamiche, dispersive e del ricambio, può essere assimilato ad un bacino di sedimentazione in cui le onde non possono agire e le correnti, sia mareali che litoranee, hanno effetti estremamente modesti.
- Si può pertanto ritenere che, anche in base all'analisi dei dati relativi ai sedimenti di fondo, che l'eventuale materiale grossolano (sabbia grossa, ghiaia o materiale di granulometria ancora maggiore) potenzialmente recapitato al canale di calma dai corsi d'acqua, sedimenterebbe immediatamente a valle dei relativi sbocchi, senza interferire con i sedimenti del canale in senso generale
- Si può quindi assumere che i soli sedimenti in grado di determinare un trasporto solido nel canale di calma possano essere costituiti da sabbie medio fini o da sedimenti fini come limi e argille
- Al fine di studiare il potenziale trasporto legato a questi sedimenti, è stato messo a punto un modello di trasporto solido che, utilizzando i risultati del modello idrodinamico sopra descritto, consenta di verificare la capacità di trasporto in sospensione e la loro probabilità di sedimentare nel canale di calma ed aree limitrofe.

Poiché questa analisi non può che essere condotta su basi parametriche, sono stati definiti tre diversi sedimenti codificati come IM1, IM2 e IM3, le cui caratteristiche, in termini sedimentologici, sono riportate nella seguente tabella.

In particolare si è concentrato lo studio su sedimenti fini definendo le caratteristiche per un'argilla media (IM1), un limo grossolano (IM2) ed una sabbia fine (IM3).

Per ognuno di essi sono stati stimati, sulla base di dati di letteratura⁴ i valori di velocità di sedimentazione (espressa in m/giorno) e di tensione critica di sedimentazione e di risospensione (Pascal) che, inseriti nel modulo morfologico del modello utilizzato, consentissero di valutare, per ognuno di essi, la distribuzione delle concentrazioni nel tempo e la densità di sedimentazione sul fondo.

Tabella 7.8.3-1 - Caratteristiche dei sedimenti utilizzati per le analisi parametriche di trasporto solido

Codice Sedimenti	Velocità di sedimentazione	τ_{critico} di sedimentazione (Pascal)	τ_{critico} di risospensione
IM1	5.0	0.02	0.20
IM2	20.0	0.02	0.20
IM3	500.0	0.03	0.32

Su tali basi è stato definito uno scenario in grado di rappresentare i processi sopra ricordati e valutare, in modo parametrico, il comportamento del sistema.

Lo scenario si basa sui seguenti parametri:

- Durata della simulazione: 40 giorni
- Immissione costante, per i primi 7 giorni, di una concentrazione, per ogni tipologia di sedimento, pari a 100 g/m^3 , con un campo idrodinamico corrispondente al deflusso massimo annuale dei corsi d'acqua considerati.
- Transizione dal settimo al nono giorno, con progressiva riduzione dell'immissione di solidi sospesi fino al loro annullamento e riduzione dei flussi idrici dei corsi d'acqua fino ai valori corrispondenti al deflusso medio annuo

⁴ U.S. Army Corps of Engineers - Coastal Engineering Research Center _ EM 1110-2-1100 (Part III) 30 Apr. 02

- Ultimazione della simulazione con queste caratteristiche al fine di consentire una completa sedimentazione dei solidi immessi in sospensione.

Utilizzando queste impostazioni sono state eseguite le simulazioni per lo scenario della situazione attuale e di quella con gli interventi previsti ed i risultati sono illustrati nei paragrafi successivi.

Per quanto riguarda la capacità di trasporto di sedimenti in sospensione, è stata sviluppata un'analisi tesa a verificare, per sedimenti di diverse granulometrie possibili potenzialmente rilasciati dai principali corsi d'acqua, come il sistema sia in grado di trasportare le diverse tipologie di sedimenti, verificandone il fato sia in termini di recapito all'esterno del sistema che in termini di sedimentazione.

È stato verificato che, nella **situazione attuale**, i sedimenti di dimensioni inferiori (limi e argille) sono in grado di restare in sospensione per essere distribuite dalle correnti in praticamente tutto il dominio di calcolo. Le aree dove potenzialmente tendono a sedimentare in modo più significativo sembrano essere in corrispondenza del sistema di foce del torrente Polcevera e nel bacino occidentale del porto, ad ovest del rilevato aeroportuale.

Per questi sedimenti, comunque, sembra essere importante la quantità di sedimenti che escono dal sistema.

Per quanto riguarda i sedimenti di dimensione maggiore, anche se sabbie fini, la tendenza sembra quella che il sistema non sia in grado di disperdere questi sedimenti che restino intrappolati, nella situazione attuale, ad una distanza limitata dai punti di immissione.

Nella situazione **con interventi**, invece, la capacità dispersiva di sedimenti di granulometria maggiore viene incrementata dalle maggiori velocità che possono manifestarsi localmente. In ogni caso non appena la capacità di trasporto diminuisce a causa di una riduzione locale di velocità, le sabbie fini tendono a sedimentare (Figura 7.8.3.1 e Figura 7.8.3.2).

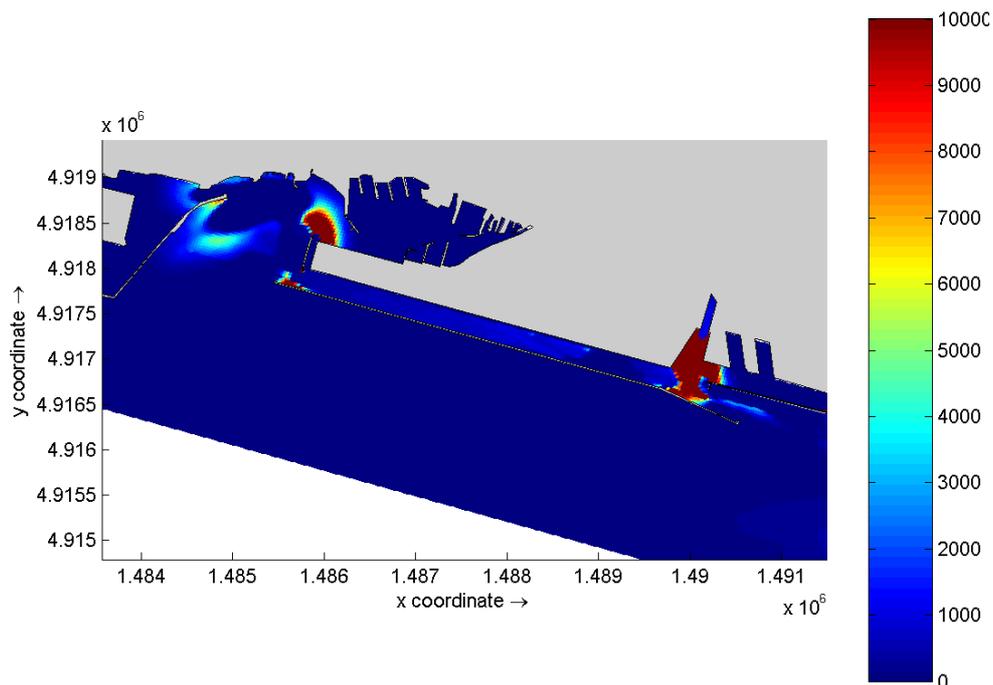


Figura 7.8.3.1 - Situazione attuale – Materiale IM3 – Densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione alla fine del processo

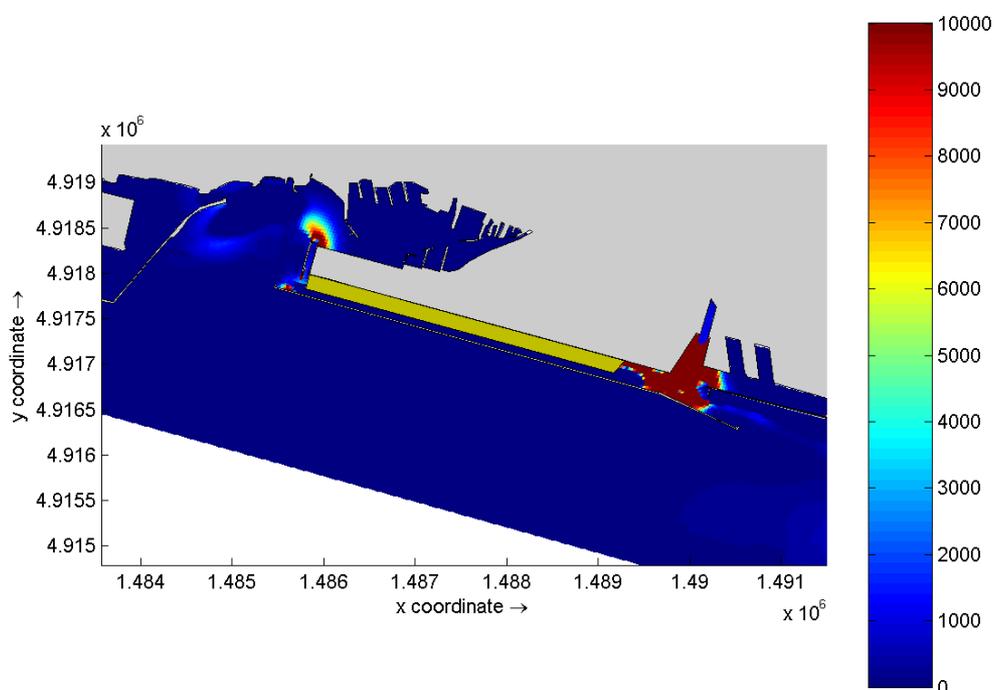


Figura 7.8.3.2 - Materiale IM3 – Differenza di densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione tra la situazione attuale e quella con interventi alla fine del processo

Come già evidenziato in precedenza, le analisi relative al trasporto solido in sospensione sono state svolte per evidenziare le tendenze evolutive di questo fenomeno a seguito dell'inserimento delle opere in progetto nel canale di calma e da tali analisi non è possibile derivare valori che illustrino in modo quantitativo questo fenomeno.

E' inoltre da notare che questi apporti di sedimenti, data la presenza di un corso d'acqua dalle caratteristiche del torrente Polcevera, avrebbero una distribuzione nel tempo estremamente impulsiva, con forti apporti concentrati durante le piene dei torrenti e lunghi periodi di mancanza di trasporto solido fluviale a causa delle portate idriche contenute (o nulle).

Sulla base di tali considerazioni è da sottolineare che, in ogni caso, le aree di potenziale sedimentazione individuate sono comunque da ritenere attendibili per sedimenti medio fini (sabbie fini) ed è comunque da rilevare come queste tendano a coincidere con le aree di cui è previsto il dragaggio sia alla foce del Polcevera, sia di fronte alla banchina ILVA, fatto che conferma come due progetti sviluppati sulla base di concetti e valutazioni differenti hanno portato all'individuazione delle stesse aree potenziali di sedimentazione.

E' anche da sottolineare come, nel corso del presente studio non si è tenuto conto di eventuale materiale di granulometria più grossolana che, sicuramente, il torrente Polcevera è in grado di recapitare nella zona di studio, specialmente nella sua zona di foce, durante gli eventi di piena. Sulla base dei risultati idrodinamici ottenuti, però, anche per eventi con tempi di ritorno rilevanti, si ritiene che il materiale di pezzatura più grossa tenda a depositarsi immediatamente a valle dell'ultima soglia del tratto di foce andando nel tempo a riformare il fondale di cui è stato previsto il dragaggio, indipendentemente dal presente progetto.

È da ritenere che questo fenomeno di sedimentazione sarà, in un primo momento immediatamente successivo al dragaggio, particolarmente evidente a valle della citata soglia, anche in considerazione al fatto che il dragaggio tenderà a far diminuire in modo repentino la velocità della corrente e, quindi a facilitare la deposizione dei sedimenti.

Man mano che il fondale tenderà a riportarsi alla situazione preesistente al dragaggio, la velocità della corrente si manterrà più elevata, mantenendo la sua capacità di trasporto e, quindi, andando a depositare il materiale in zone sempre più lontane dalla soglia.

E' comunque anche da ritenere che questo processo, che sarebbe opportuno fosse oggetto di un monitoraggio periodico, non sarà influenzato dalla presenza dell'imbonimento oggetto del presente studio.

7.9 Deflussi con tempo di ritorno di 200 anni

Il MATTM ha espressamente richiesto, nel corso delle revisione del Progetto Definitivo, che venisse considerato un evento di piena due centennale del T. Polcevera, al fine di verificare che i nuovi interventi non costituissero un impedimento al libero deflusso delle acque e, quindi, non costituissero un aumento della pericolosità idraulica dell'area.

Per svolgere questa verifica, sono state predisposte, con il modello idrodinamico messo a punto in questo studio, due simulazioni, una con la configurazione di riferimento e l'altra nella configurazione di progetto, nelle quali sono stati imposti al torrente Polcevera ed ai rii Roncallo e Secco, la portata con tempo di ritorno 200 anni come risulta dalla documentazione ufficiale e dai Piani di Bacino sviluppati dagli Enti competenti.

Le condizioni al contorno assunte possono essere quindi così riassunte:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi dai corsi d'acqua di $1758 \text{ m}^3/\text{s}$ per il torrente Polcevera e $31 \text{ m}^3/\text{s}$ e $26 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente per i rii Roncallo e Secco.
- Calma di vento

Per la verifica di compatibilità idraulica sono stati considerati 2 parametri: i campi di velocità ed i livelli idrometrici.

I primi forniscono una precisa indicazione della capacità erosiva e di trasporto della corrente in tale situazione, mentre i secondi consentono di verificare che durante l'evento

non si instaurino livelli idraulici incompatibili con il sistema in esame. Dato peraltro l'obiettivo del presente studio, volto a determinare l'effetto della nuova colmata nel canale di calma, per i livelli idrometrici si evidenzieranno solo, in termini parametrici, le differenze tra la situazione con gli interventi e quella senza.

Inoltre, data la natura del presente studio, l'analisi si è limitata alla sola zona di foce dei tre corsi d'acqua.

Nella successiva Figura 7.9.1 vengono riportati i campi di moto indotti nella zona di foce dalle condizioni idrodinamiche con una condizione di deflusso permanente dei 3 corsi d'acqua nella configurazione di riferimento e di progetto, mentre nella Figura 7.9.2 viene riportata la distribuzione delle differenze di livello idrometrico che si generano per gli stessi due scenari.

Come si può notare, con portate dell'entità considerata, nel canale di foce del torrente Polcevera si instaurano velocità rilevanti, ben superiori a 1 m/s, che tendono a ridursi non appena la vena liquida raggiunge la divergenza di foce, dragata fino alla quota -13.50 m s.l.m.

Data in ogni caso la morfologia delle dighe, è evidente che la vena liquida si divide in due parti non appena raggiunge la diga foranea: una parte devia direttamente a est verso il mare aperto, mentre una parte minore devia verso ovest e, cioè, verso il canale di calma.

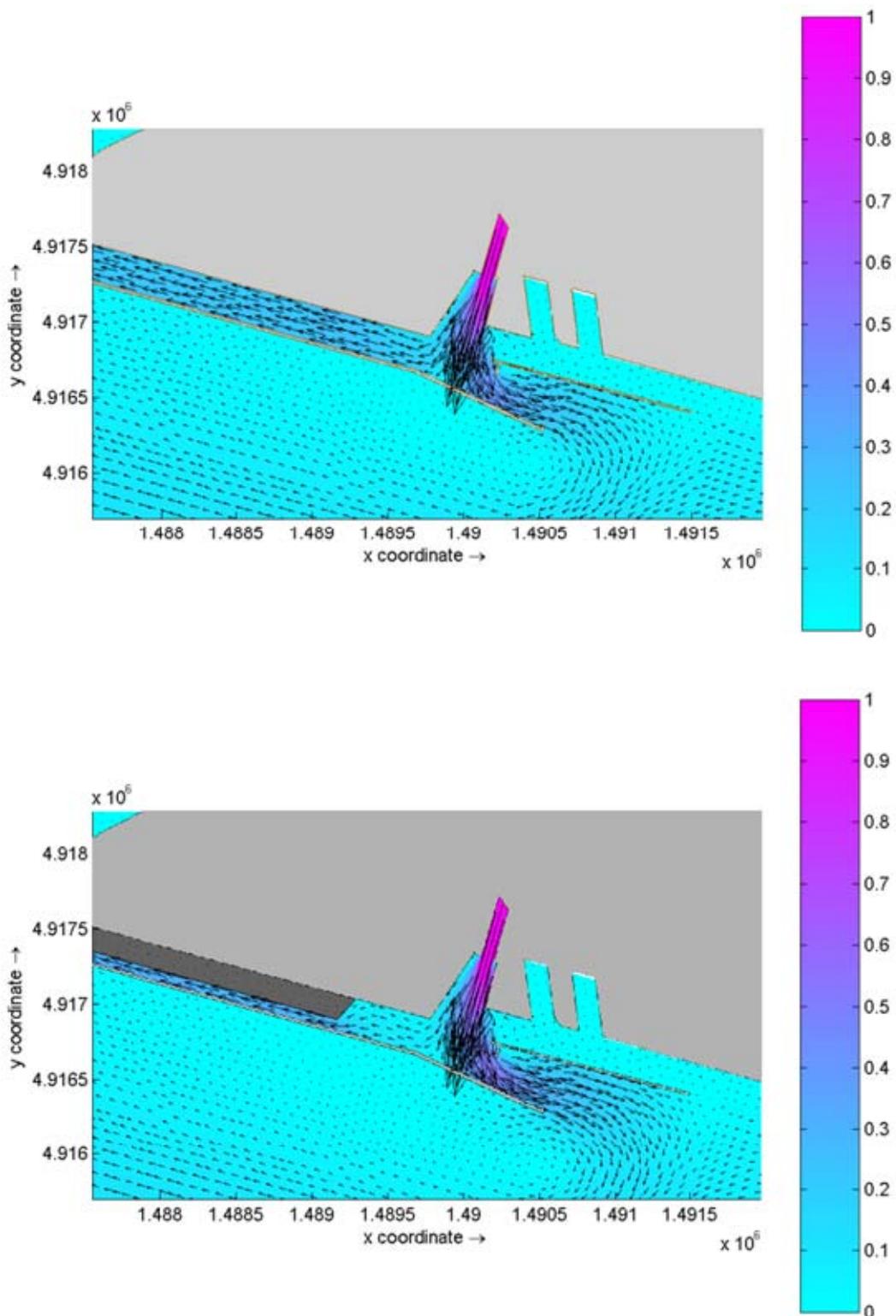


Figura 7.9.1 - Campo di moto generato da deflussi dal t. Polcevera e dai rii minori con un tempo di ritorno di 200 anni: situazione di riferimento (sopra) e scenario con gli interventi (sotto)

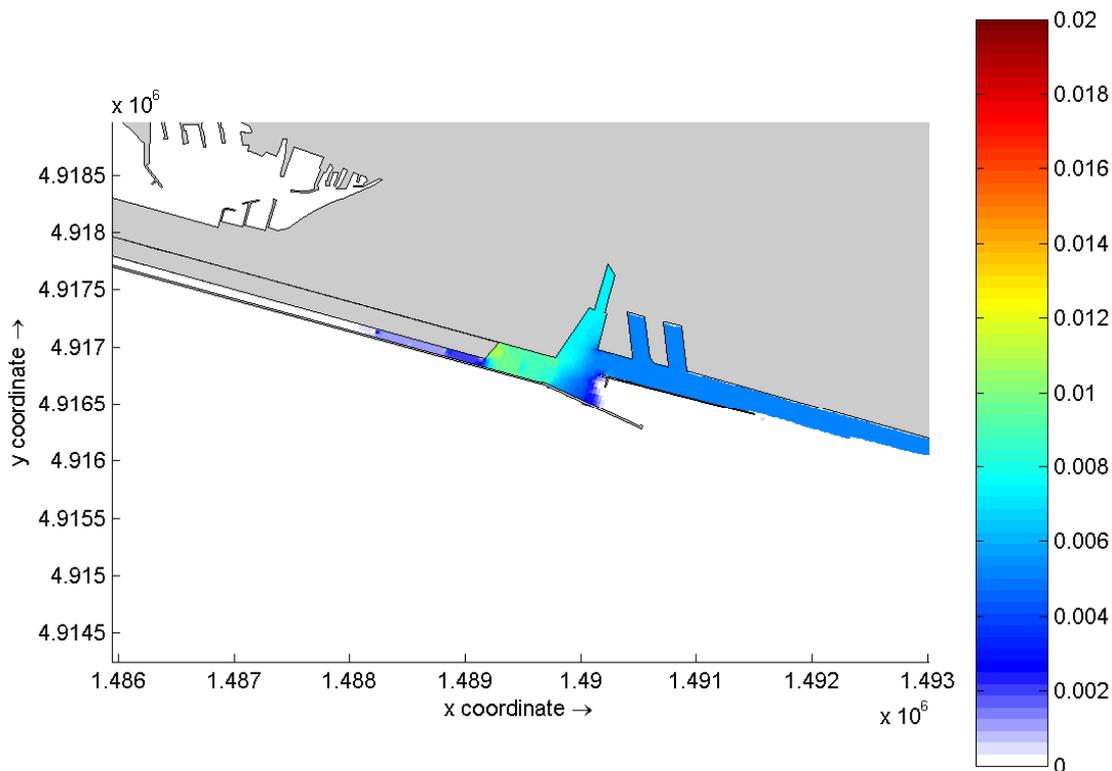


Figura 7.9.2 - Differenza di livelli idrometrici generato da deflussi dal t. Polcevera e dai rii minori con un tempo di ritorno di 200 anni tra lo scenario con gli interventi e la situazione di riferimento.

Le velocità della corrente nel canale di calma possono essere stimate in qualche decina di cm/s, comunque dello stesso ordine di grandezza di quella che si diparte verso est e, quindi, verso il mare.

Situazione assolutamente analoga si manifesta in presenza della colmata oggetto del presente studio, solo che la strozzatura dallo stesso rappresentata fa sì che nella prima parte del canale stesso, di fronte alla Banchina ILVA, le velocità si mantengano ancora sufficientemente basse (pochi centimetri al secondo), accelerando poi nel canale ristretto, portandosi a velocità del tutto paragonabili a quelle valutate per la situazione di riferimento.

Questo processo determina una riduzione della portata in grado di transitare attraverso il canale di calma residuo, quindi, in un aumento del flusso verso est e verso il mare aperto.

Questo effetto è evidenziato da un aumento della velocità immediatamente a nord della diga foranea.

Lo stesso fenomeno è evidenziato dalle differenze di livello di Figura 7.9.2 dove risulta un'evidente, anche se contenuta, tendenza all'aumento di livello di fronte alla banchina ILVA, mentre la situazione nella restante parte dell'area in esame rimane sostanzialmente la stessa rispetto alla situazione di riferimento.

8. VERIFICHE GEOTECNICHE

8.1 Verifica opere di conterminazione

In campo geotecnico, la Normativa vigente (NTC 2008) impone che i cassoni in progetto, appartenenti alla categoria “Opere di sostegno a gravità” (cfr. §6.5.3.1.1), debbano soddisfare le verifiche di sicurezza in campo statico e sismico con riferimento ai seguenti Stati Limite (SLU):

- Collasso per carico limite dell’insieme fondazione-terreno (SLU GEO);
- Scorrimento sul piano di posa (SLU GEO);
- Ribaltamento (SLU EQU);
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (SLU GEO).

Sono state considerate 3 sezioni rappresentative, denominate Sezione A, Sezione B e Sezione C.

La verifica di collasso dell’insieme fondazione-terreno relativa ai cassoni in progetto è stata effettuata con riferimento a due scenari:

- Scenario 1 Realizzazione dei cassoni di sostegno costituenti l’opera di conterminazione, in assenza del riempimento a mare a tergo degli stessi.
- Scenario 2 Geometria finale di progetto, completa di cassoni di sostegno e riempimento a mare a tergo degli stessi.

Per le verifiche di scorrimento e ribaltamento dei cassoni di conterminazione, si è fatto riferimento esclusivamente allo scenario più critico, ovvero lo Scenario 2.

Sono state identificate diverse condizioni di carico per il moto ondoso, riportate nella seguente figura.

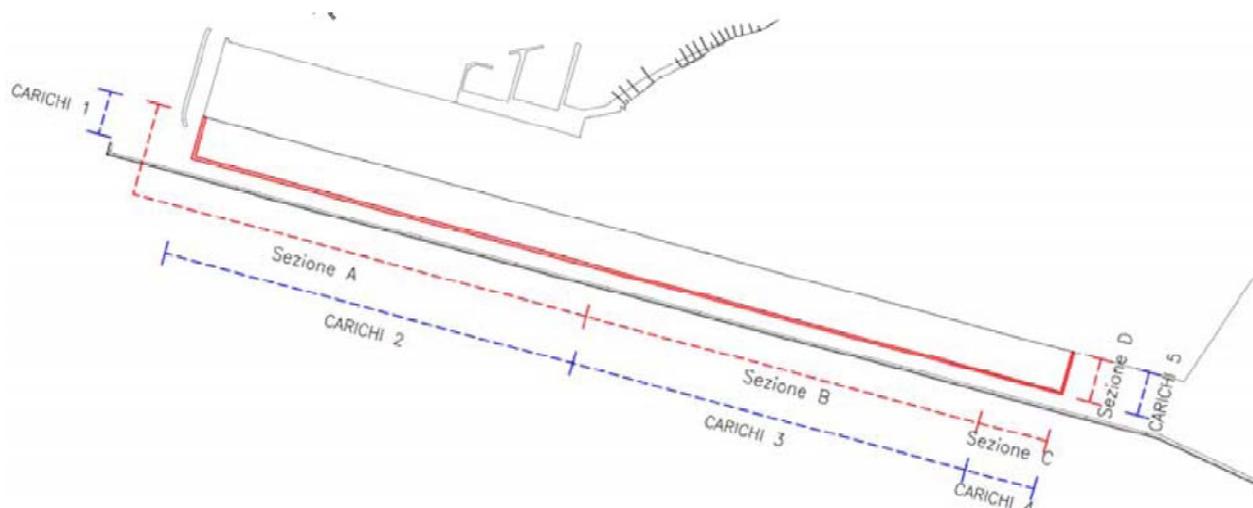


Figura 8.1.1 - Planimetria con l'indicazione delle sezioni tipo dei cassoni e dei relativi carichi di moto ondoso

Per lo Scenario 1 la condizione di moto ondoso più critica è quella corrispondente alla cresta dell'onda, mentre per lo Scenario 2 è quella di cavo dell'onda.

Sono state analizzate le seguenti condizioni di verifica:

- Condizioni statiche: tempo di ritorno dell'onda significativa pari a 10 anni per lo Scenario 1 (fase provvisoria) e 200 anni per lo Scenario 2 (fase di esercizio di lungo termine).
- Condizioni sismiche (azioni sismiche come da Normativa Italiana, corrispondenti ad un periodo di ritorno $T = 1898$ anni): tempo di ritorno dell'onda significativa pari a 10 anni.

Dai risultati ottenuti si evince che tutte le verifiche imposte dalla Normativa vigente (NTC 2008) in condizioni statiche e sismiche (lungo termine) risultano superate, come illustrato nella seguente tabella.

Tabella 8.1-1 - Fattori di sicurezza calcolati per le verifiche di sicurezza di tipo geotecnico imposte dalla normativa per il progetto di un'opera di sostegno.

Verifica	Scenari	Sezione	F.S.STATICO	F.S.SISMICI	F.S.LIMITE NTC 2008
Collasso per carico limite dell'insieme	Scenario 1	Sezione A	1,30	-	1,00
		Sezione B	1,29	-	1,00
		Sezione C	1,20	-	1,00
fondazione terreno (SLU GEO)	Scenario 2	Sezione A	1,10	1,14	1,00
		Sezione B	1,14	1,12	1,00
		Sezione C	1,13	1,12	1,00
Collasso per instabilità globale (SLU GEO)	Scenario 2	Sezione A	1,10	1,14	1,10
		Sezione B	1,14	1,12	1,10
		Sezione C	1,13	1,12	1,10
Scorrimento (SLU GEO)	Scenario 2	Sezione A	1,21	1,00	1,00
		Sezione B	1,61	1,18	1,00
		Sezione C	1,58	1,35	1,00
Ribaltamento (SLU EQU)	Scenario 2	Sezione A	2,94	2,71	1,00
		Sezione B	3,59	2,87	1,00
		Sezione C	3,62	2,95	1,00

Per le verifiche di stabilità globale si riporta il valore medio fra il fattore di sicurezza calcolato applicando il Metodo di Morgenstern e Price e quello ottenuto adottando il metodo semplificato proposto da Bishop.

Nel seguito si riportano alcune considerazioni in merito agli accorgimenti da adottare, in fase esecutiva, al fine di incrementare i margini di sicurezza relativi alla stabilità dell'opera in progetto:

- In presenza di spessori consistenti (> 1 m) di materiali fini aventi scadenti caratteristiche meccaniche depositati sul fondale occorre prevedere il dragaggio di tali materiali in modo tale che lo scanno di fondazione dei cassoni sia realizzato al di sopra dei primi strati sabbiosi consistenti riscontrabili in sito. Al fine di riscontrare l'eventuale presenza di tali depositi superficiali, si raccomanda l'esecuzione di prove penetrometriche prima della realizzazione dello scanno.
- In fase di progettazione esecutiva, si suggerisce di effettuare prove in sito e di laboratorio al fine di verificare le ipotesi effettuate in questa sede sul comportamento meccanico della formazione di sabbia limosa costituente la base d'appoggio dello scanno dei cassoni di conterminazione. In particolare, occorre verificare la capacità di drenaggio di tali materiali in presenza di carichi ciclici aventi frequenza analoga a quella dei carichi trasmessi dal moto ondoso.
- È bene prevedere che la messa in opera dei cassoni avvenga almeno in due fasi, con un riempimento iniziale non superiore alla metà del volume totale previsto. In questo modo il processo di consolidazione dei materiali a grana fine di fondazione determinerà il raggiungimento di valori di resistenza al taglio non drenata superiori a quelli iniziali, incrementando il margine di sicurezza dell'opera.

8.2 Verifiche di portanza dei terreni dell'Opera a Mare

La runway strip è l'area che racchiude la pista e la stopway, con la funzione preminente di ridurre il rischio di danni agli aeromobili che escano di pista e di proteggere quelli che la sorvolano, in decollo o in atterraggio. Essa fa parte a tutti gli effetti della pista di volo, ma risulta costituita, diversamente da quest'ultima, da terreno compattato.

Per quanto concerne le caratteristiche strutturali, il Regolamento ENAC e le Linee Guida per l'adeguamento delle strip aeroportuali prevedono che la runway strip:

1. consenta la transitabilità dei mezzi di soccorso;

2. garantisca la portanza sufficiente ad impedire l'affondamento dei carrelli ed agevolare il traino per operazioni di recupero dell'aereo di progetto (nel caso dell'aeroporto di Genova il Boeing 737/800) eventualmente uscito di pista.

8.2.1 Verifica di portanza per l'aeromobile Boeing 737/800

Il Boeing 737/800 presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Carico trasmesso agli pneumatici dal carrello principale:

$$P = 370 \text{ kN}$$

- Diametro degli pneumatici montati sul carrello principale:

$$h_{PN} = 1.13 \text{ m}$$

- Pressione di gonfiaggio degli pneumatici montati sul carrello principale:

$$p_{PN} = 1441 \text{ kPa}$$

La stima della superficie di distribuzione del carico trasmesso al suolo dal singolo pneumatico montato sul carrello principale è stata effettuata mediante la relazione:

$$A = \frac{P_1}{p_{PN}} = \frac{185}{1441} = 0.1284 \text{ m}^2$$

dove:

- P_1 Carico trasmesso dal carrello principale al singolo pneumatico, pari a 185 kN (nel Boeing 737/800 sono installati n.2 pneumatici per ciascun carrello);
- p_{PN} Pressione di gonfiaggio degli pneumatici montati sul carrello principale.

Ipotizzando che l'area di distribuzione del carico trasmesso dallo pneumatico sul terreno abbia una forma circolare, è possibile calcolare il raggio della stessa mediante la relazione:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.1284}{\pi}} = 0.2022 \text{ m}$$

Infine è stata calcolata la capacità portante dello strato superficiale di riempimento a mare facente parte della runway strip, sollecitato dall'azione dei carichi trasmessi dall'aeromobile. In relazione alla geometria dell'area di distribuzione del carico sul terreno, si può considerare che il bulbo delle pressioni generato dal Boeing in corrispondenza del carrello principale si estenda al di sotto del piano campagna fino a circa 2 m di profondità, interessando pertanto la quota parte di riempimento sopra falda.

Ipotizzando un affondamento degli pneumatici del carrello principale pari ad 1/4 del diametro degli stessi ($a = 0.25 \cdot 1.13 = 0.2825 \text{ m}$), tale da non ostacolare il movimento dell'aeromobile, è stata calcolata la capacità portante mediante la relazione proposta da Brinch-Hansen (1970):

$$q_{\text{LIM}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} + q' \cdot N_q \cdot s_q$$

dove:

γ' Peso dell'unità di volume del materiale di riempimento, pari a 19 kN/m^3 ;

B Larghezza della fondazione, pari al diametro dell'area di distribuzione del carico (0.4044 m);

N_{γ}, N_q Fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio del materiale interessato dal cinematismo di rottura ($\varphi' = 42^\circ$), pari rispettivamente a 155.55 e 85.38 ;

s_{γ}, s_q Fattori di forma della fondazione, ricavati mediante la relazione:

$$s_{\gamma} = s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin\varphi'}{1 - \sin\varphi'} = 1 + 0.1 \cdot \frac{0.4044}{0.4044} \cdot \frac{1 + \sin 42}{1 - \sin 42} \cong 1.5045$$

in cui:

L Lunghezza della fondazione, pari al diametro dell'area di distribuzione del carico (0.4044 m);

q' sovraccarico agente ai lati del piano di appoggio degli pneumatici del carrello principale, ipotizzando un affondamento degli stessi pari a 0.2825 m. Tale parametro è stato calcolato mediante la relazione:

$$q' = \gamma' \cdot a = 19 \cdot 0.2825 \cong 5.37 \text{ kPa}$$

dove:

- γ' Peso dell'unità di volume del materiale di riempimento, pari a 19 kN/m³;
- a Affondamento degli pneumatici nel tratto di riempimento a mare facente parte della runway strip, pari a 0.2825 m.

Alla luce delle considerazioni sopra effettuate, si ottiene:

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot 19 \cdot 0.4044 \cdot 155.55 \cdot 1.5045 + 5.37 \cdot 85.38 \cdot 1.5045 \cong 899 + 690 = 1589 \text{ kPa}$$

Si può quindi affermare che, con riferimento alle caratteristiche meccaniche del materiale di riempimento costituente i primi 2 m di spessore della runway strip sopra riportate e nell'ipotesi di affondamento degli pneumatici pari ad almeno 1/4 del diametro degli stessi, la verifica di capacità portante nei confronti dell'aeromobile di progetto Boeing 737/800 risulti soddisfatta, in quanto il valore di q_{LIM} ottenuto (1589 kPa) è superiore rispetto alla pressione $p_{PN} = 1441 \text{ kPa}$ trasmessa al suolo dal singolo pneumatico.

È opportuno sottolineare che tale conclusione è valida assumendo che l'angolo di resistenza al taglio operativo del terreno di fondazione (primi 2 m del riempimento a mare che ricade nella runway strip) sia pari a 42°. Sulla base delle caratteristiche granulometriche di riferimento per il materiale di riempimento, è possibile affermare che tale materiale sia caratterizzato da un angolo di resistenza al taglio a volume costante (ϕ'_{CV}) pari a 36° e da un valore di resistenza al taglio di picco (ϕ'_P) variabile fra 42° ÷ 48° in funzione dello stato di addensamento (Lambe e Whitman, 1969; Terzaghi e Peck, 1967).

Il valore operativo dell'angolo di resistenza al taglio del terreno di fondazione interessato da un cinematismo di rottura per capacità portante (ϕ'_{OP}) può essere assunto pari alla

media fra φ'_{CV} e φ'_P . Poiché nel caso in esame φ'_{OP} deve essere pari a 42° per soddisfare la verifica di capacità portante, ne consegue che:

$$\varphi'_P = 2 \cdot \varphi'_{OP} - \varphi'_{CV} = 2 \cdot 42 - 36 = 48^\circ$$

Alla luce del risultato ottenuto, si è proceduto con la stima del valore di densità relativa (D_R) che il terreno di fondazione deve possedere al fine di garantire un angolo di resistenza al taglio di picco pari a 48° . Tale stima è stata effettuata con riferimento alla relazione proposta da Bolton (1984):

$$\varphi'_P = \varphi'_{CV} + m \cdot DI$$

dove:

φ'_{CV} Angolo di resistenza al taglio a volume costante del terreno di fondazione, pari a 36° ;

m Coefficiente funzione delle condizioni di deformazione, nel caso in esame pari a 3 (condizioni di deformazione assial-simmetrica, trattandosi di pressioni su di un'area a pianta circolare);

DI Indice di dilatanza, pari a:

$$DI = D_R \cdot (10 - \ln p'_f) - 1$$

in cui:

D_R densità relativa del terreno di fondazione;

p'_f pressione di confinamento a rottura, calcolata come:

$$p'_f = \frac{\sigma'_{v0} \cdot (1 + 2 \cdot k_0)}{3} = \frac{38 \cdot (1 + 2 \cdot 0.4122)}{3} \cong 23.1 \text{ kPa}$$

dove:

σ'_{v0} Tensione geostatica verticale efficace rappresentativa della porzione di riempimento interessata dal cinematismo di rottura per capacità portante.

Considerando le dimensioni della superficie di distribuzione del carico trasmesso dallo pneumatico installato sul carrello principale del Boeing 737/800, si ipotizza che tale cinematismo si estenda al massimo sino ad una profondità di circa 2 m dal piano campagna, per cui la tensione geostatica verticale di riferimento risulta:

$$\sigma'_{v0} = \gamma' \cdot z_M = 19 \cdot 2 = 38 \text{ kPa}$$

con:

γ' Peso dell'unità di volume del materiale di riempimento, pari a 19 kN/m³.

k_0 Coefficiente di spinta a riposo del terreno di fondazione, calcolato in funzione dell'angolo di resistenza al taglio a volume costante φ'_{CV} :

$$k_0 = 1 - \text{sen} \varphi'_{CV} = 1 - \text{sen} 36 = 0.4122$$

Invertendo la relazione sopra riportata si ottiene:

$$DI = \frac{\varphi'_P - \varphi'_{CV}}{m} = \frac{48 - 36}{3} = 4$$

$$D_R = \frac{DI + 1}{10 - \ln p'_f} = \frac{4 + 1}{10 - \ln 23.1} \cong 0.73 = 73\%$$

Alla luce dei risultati ottenuti, si specifica che **i primi 2 m di materiale di riempimento a partire dal piano campagna ricadenti all'interno della runway strip devono essere compattati fino al raggiungimento di una densità relativa pari ad almeno il 75%**, corrispondente ad un valore di resistenza alla punta del penetrometro statico (q_c) di circa 17 MPa (Bolton, 1986, Figura 6.2), in modo da garantire una portanza sufficiente a sopportare il carico dell'aereo di progetto (Boeing 737/800) senza che questo subisca danni significativi.

Il valore di q_c ottenuto può essere correlato al California Bearing Ratio (CBR) utilizzando il grafico in Figura 8.2.2.2, il quale riporta una serie di correlazioni empiriche fra criteri di classificazione, parametri ricavabili da prove penetrometriche e parametri meccanici dei terreni. A tale scopo è stato stimato il *fiction ratio* (R_f) del materiale compattato, anch'esso necessario per la valutazione del CBR:

$$R_f = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \cdot 100 = \frac{0.20}{17 - 0.019} \cdot 100 \cong 1.18 \%$$

dove:

q_t resistenza alla punta *corretta* che tiene conto della pressione dei pori presente attorno al cono, che dipende dalla geometria della punta e può quindi variare da un costruttore di punte strumentate all'altro. Nel caso in esame, si è assunto $q_t = q_c$, in quanto lo strato superficiale di materiale compattato, di spessore pari a circa 2 m, risulta in gran parte fuori falda.

f_s attrito laterale misurato nella prova penetrometrica statica (CPT). Tale parametro può essere correlato alla resistenza alla punta ($q_c = 17$ MPa) mediante il grafico riportato in Figura 6.4: nel caso in esame, con riferimento alle caratteristiche granulometriche del materiale di riempimento, si ottiene $f_s \cong 0.20$ MPa.

σ_{v0} Tensione geostatica verticale totale rappresentativa dello strato superficiale di materiale compattato. Considerando che tale materiale si estende dal piano campagna sino ad una profondità massima di 2 m, un valore rappresentativo può essere calcolato adottando una profondità media di riferimento (z_M) pari ad 1 m:

$$\sigma_{v0} = \gamma \cdot z_M = 19 \cdot 1 = 19 \text{ kPa}$$

con:

γ Peso dell'unità di volume del materiale di riempimento, pari a 19 kN/m³.

In conclusione, con riferimento a valori di q_c ed R_f rispettivamente pari a 17 MPa ed 1.18 %, è stato stimato mediante il grafico riportato in Figura 8.2.2.2 un CBR rappresentativo del materiale compattato pari a 25 %.

8.2.2 Transitabilità dei mezzi di soccorso

Al fine di valutare la transitabilità dei mezzi di soccorso sulla runway strip, sono stati stimati i cedimenti indotti da un Dragon 6x6 a pieno carico, come suggerito dalle Linee Guida per l'adeguamento delle strip aeroportuali.

Le caratteristiche tecniche di tale automezzo sono:

- Peso lordo del mezzo:

$$P = 340 \text{ kN}$$

- Numero di ruote su cui si distribuisce il peso del mezzo:

$$n = 6$$

- Pressione di gonfiaggio massima del singolo pneumatico, riportata sulla scheda tecnica prodotta da *Michelin* per pneumatici 16.00R20, della stessa tipologia di quelli installati sul Dragon 6x6:

$$p_{PN} = 758 \text{ kPa}$$

Ipotizzando che il peso del veicolo si distribuisca uniformemente sulle ruote, è stato calcolato il carico trasmesso su ciascun pneumatico (P_1) mediante la relazione:

$$P_1 = \frac{P}{n} = \frac{340}{6} \cong 56.7 \text{ kN}$$

Successivamente, è stata stimata la superficie di distribuzione del carico trasmesso dal singolo pneumatico sul terreno di fondazione (A):

$$A = \frac{P_1}{p_{PN}} = \frac{56.7}{758} \cong 0.0748 \text{ m}^2$$

Ipotizzando che l'area di distribuzione del carico trasmesso dallo pneumatico sul terreno abbia una forma circolare, è possibile calcolare il raggio della stessa (r) mediante la relazione:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.0748}{\pi}} = 0.1543 \text{ m}$$

In relazione alla geometria dell'area di distribuzione del carico sul terreno, si può considerare che il bulbo delle pressioni generato dal singolo pneumatico del Dragon 6x6 si estenda al di sotto del piano campagna fino a circa 1 m di profondità, interessando pertanto la quota parte di riempimento sopra falda.

La stima dei cedimenti indotti dal mezzo di soccorso è stata effettuata con riferimento alla teoria dell'elasticità, secondo la quale al di sotto dell'asse di una fondazione circolare vale la relazione:

$$w = p_{PN} \cdot 2 \cdot r \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot I_p$$

dove:

- w Cedimento sotto l'asse di una fondazione (superficie di distribuzione del carico sul terreno) di forma circolare;
- p_{PN} Carico distribuito trasmesso sulla fondazione, nel caso in esame coincidente con la pressione di gonfiaggio del singolo pneumatico;
- r Raggio della fondazione (superficie di distribuzione del carico sul terreno);
- ν Coefficiente di Poisson del terreno di fondazione sul quale si distribuisce il carico;
- E Modulo di Young del terreno di fondazione sul quale si distribuisce il carico;
- I_p Coefficiente di influenza, calcolato mediante la relazione:

$$I_p = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2} - \frac{z}{r} \right) \cdot \left(1 + \frac{\frac{z}{r}}{2 \cdot (1 - \nu) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2}} \right)$$

in cui:

z Profondità al di sotto dell'asse della fondazione ove si vuole stimare il cedimento.

Dalla formula sopra riportata si evince che il cedimento massimo si ha in corrispondenza del piano campagna, pertanto, ponendo $z = 0$ m, si ottiene:

$$I_p = 1$$

Assumendo che, alla luce delle considerazioni riportate nel sotto paragrafo precedente, i **primi 2 m di materiale di riempimento a partire dal piano campagna ricadenti all'interno della runway strip siano compattati fino al raggiungimento di una densità relativa pari ad almeno il 75%**, in modo da garantire una portanza sufficiente a sopportare il carico dell'aereo di progetto (Boeing 737/800) senza che questo subisca danni significativi, è stato possibile stimare i parametri di deformabilità del terreno di fondazione in campo elastico.

In primo luogo si è proceduto ricavando il valore di numero di colpi al piede (N_{SPT}) che si misurerebbero nel corso di una prova SPT effettuata nel materiale di riempimento compattato sino ad una densità relativa pari al 75% mediante la relazione proposta da Skempton (1986):

$$D_R^2 = \frac{N_1}{60}$$

$$N_1 = C_N \cdot N_{SPT}$$

$$C_N = \frac{3}{2 + \sigma'_{v0}/100} \quad \text{per sabbie grosse}$$

dove:

σ'_{v0} Tensione verticale efficace, espressa in kPa.

Al fine di ottenere un valore rappresentativo dello strato di materiale compattato, avente uno spessore pari a 2 m, la stima è stata effettuata ponendosi alla profondità media $z_M = 1$ m da piano campagna. Pertanto si è ottenuto:

$$N_1 = 60 \cdot D_R^2 = 60 \cdot 0.75^2 \cong 34$$

$$\sigma'_{v0} = \gamma' \cdot z_M = 19 \cdot 1 = 19 \text{ kPa}$$

$$C_N = \frac{3}{2 + 19/100} = 1.3699$$

$$N_{SPT} = \frac{N_1}{C_N} = \frac{34}{1.3699} \cong 25$$

Mediante la correlazione proposta da D'Appolonia (1970) è stato possibile ricavare il Modulo di Young secante proprio del materiale compattato (sovracosolidato):

$$E' = 67 \text{ MPa}$$

Infine, assumendo $\nu = 0.25$, è stato calcolato il cedimento al di sotto del singolo pneumatico del Dragon 6x6:

$$w = p_{PN} \cdot 2 \cdot r \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot I_p = 758 \cdot 2 \cdot 0.1543 \cdot \frac{(1 - 0.25^2)}{67000} \cdot 1 \cong 0.0033 \text{ m} = 3.3 \text{ mm}$$

Alla luce del risultato ottenuto, è possibile affermare che **la transitabilità dei mezzi di soccorso può considerarsi garantita compattando i primi 2 m da piano campagna del materiale di riempimento ricadente nella runway strip sino al raggiungimento di una densità relativa pari ad almeno il 75%.**

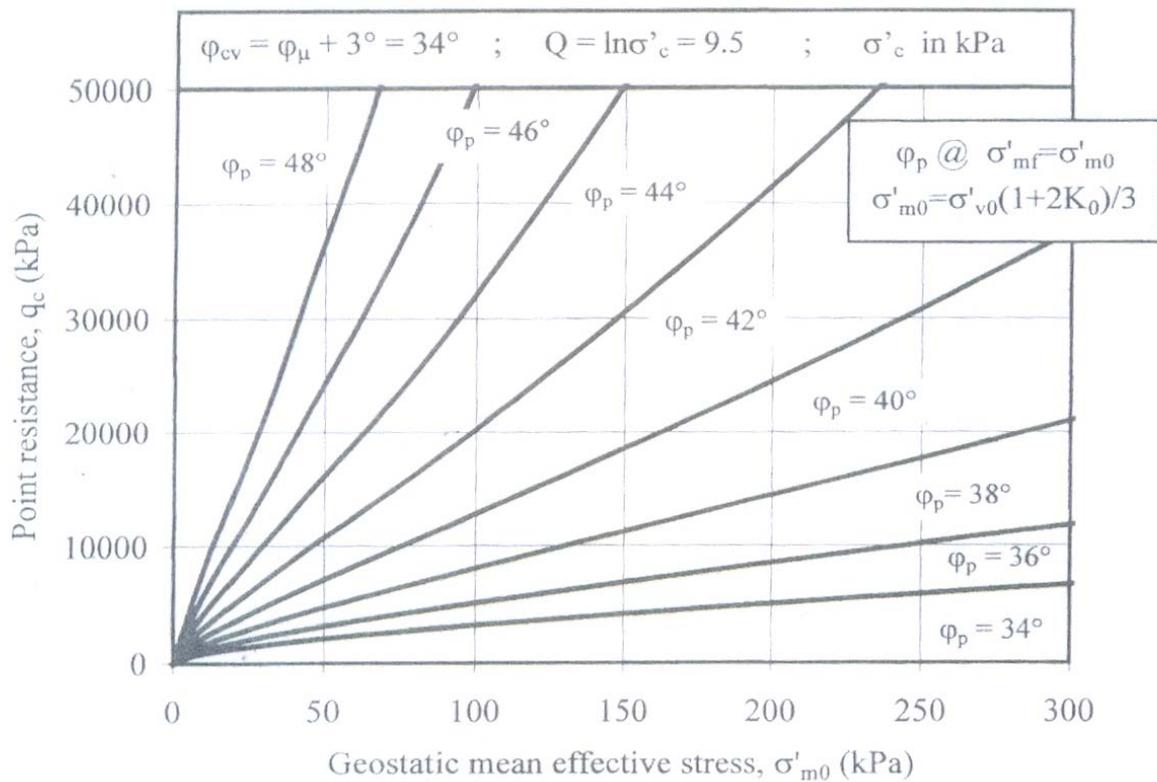


Figura 8.2.2.1 Correlazione fra l'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ_p) e la resistenza alla punta del penetrometro statico (q_c) per sabbie silicee (Bolton, 1986)

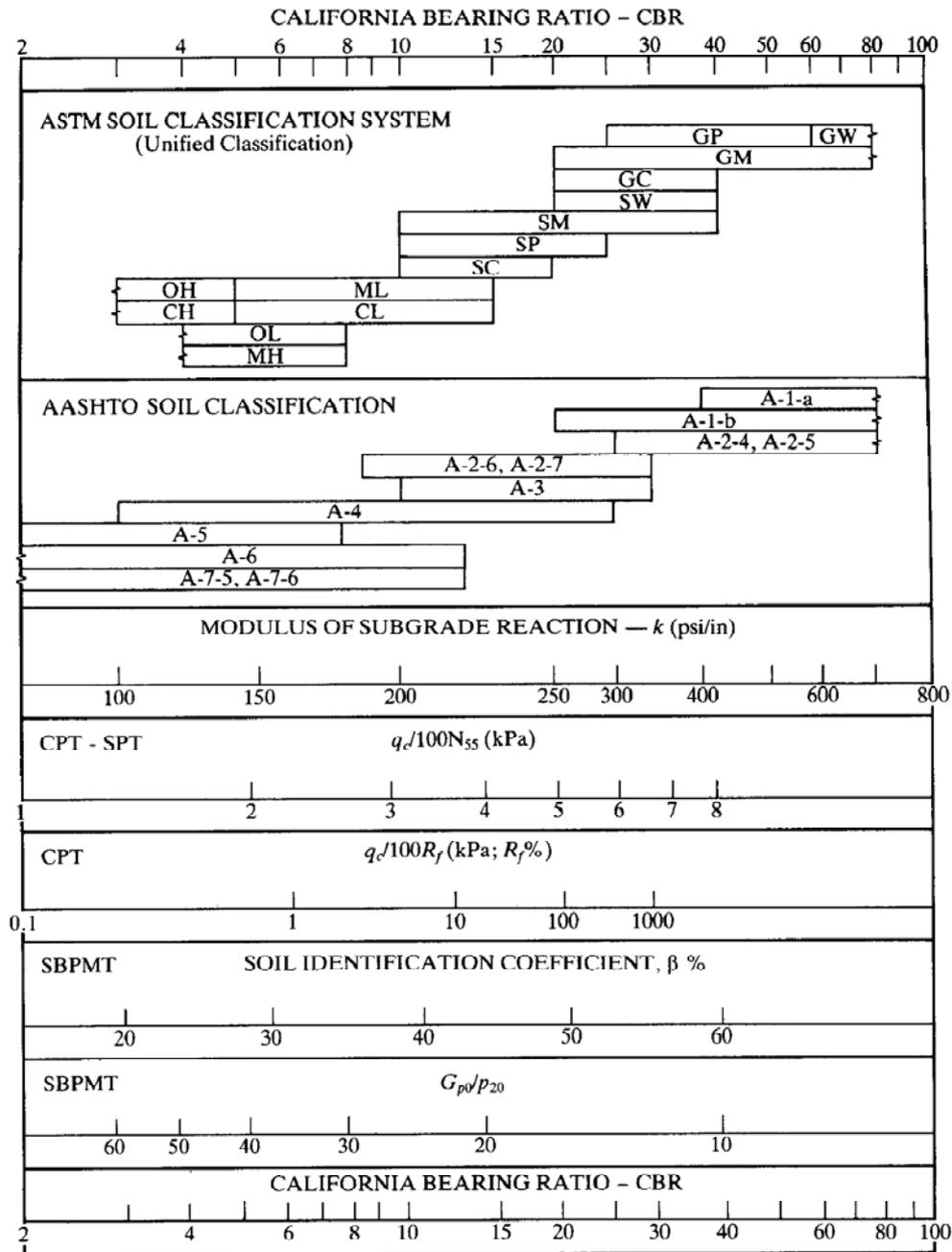


Figura 8.2.2.2 Correlazioni empiriche fra criteri di classificazione, parametri ricavabili da prove penetrometriche e parametri meccanici dei terreni (Pamukcu e Fang, 1989)

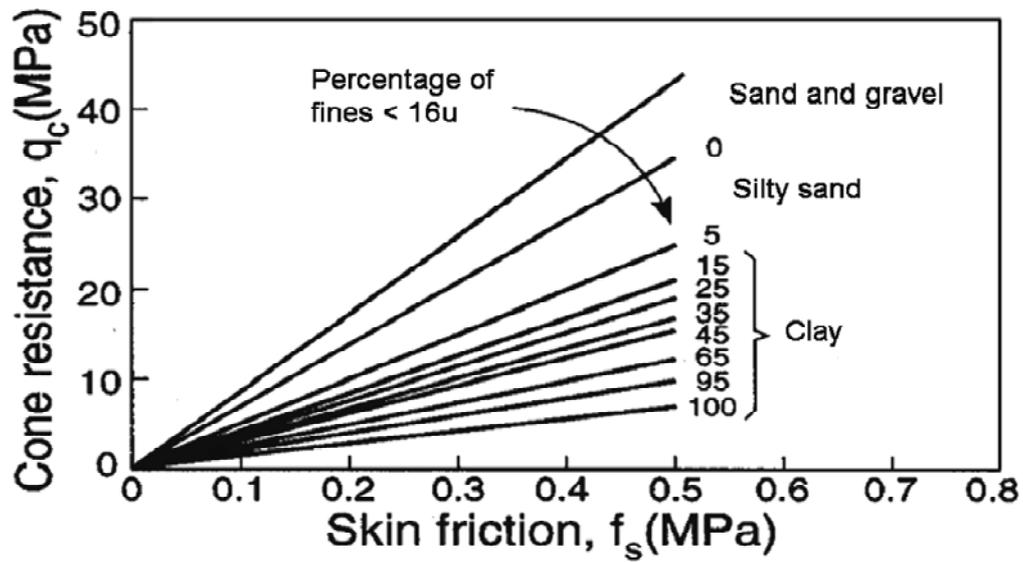


Figura 7.3 Correlazioni empiriche fra criteri di classificazione, parametri ricavabili da prove penetrometriche e parametri meccanici dei terreni (Pamukcu e Fang, 1989)

ALLEGATO 1

***COMUNICAZIONE PROT. 154244 DEL COMUNE DI
GENOVA - SETTORE URBAN LAB DEL 15 MAGGIO
2012***



COMUNE DI GENOVA

Prot. N° 1542111

Genova, 15.05.2012

Al Direttore Pianificazione e
Sviluppo dell'Autorità Portuale di
Genova
Dr. Marco Sanguineri
Palazzo San Giorgio
Via della Mercanzia 2
16124 - Genova

Oggetto: Nodo autostradale di Genova. Proposta di adeguamento tecnico-funzionale del Piano Regolatore Portuale in relazione al progetto di parziale riempimento del canale di calma prospiciente all'aeroporto.

Con riferimento alla richiesta di parere al Comune di Genova inoltrata dalla Direzione Pianificazione e Sviluppo dell'Autorità Portuale di Genova con nota Prot. N. 0009644/P del 16/04/2012 in merito al rapporto dell'intervento in oggetto con la disciplina urbanistica comunale vigente si esprime quanto segue.

L'opera di parziale riempimento proposta ai fini del potenziamento dell'infrastruttura aeroportuale ricade nel canale di calma, nell'ambito del demanio portuale, e pertanto non risulta subordinata alla disciplina del Piano Urbanistico Comunale e altresì soggetta alla disciplina del Piano Regolatore Portuale.

La valutazione richiesta è pertanto da riferirsi alla verifica da parte di codesta Amministrazione della sussistenza del requisito di "non contrasto" del progetto in questione con quanto previsto dagli strumenti di pianificazione urbanistica comunale.

Di seguito vengono riportate le verifiche rispetto ai piani sotto indicati, con particolare riguardo alle aree a monte del canale di calma che rientrano nell'ambito delle strumentazioni urbanistiche comunali.

1. Piano Urbanistico Comunale approvato con D.P.G.R. n. 44 del 10.03.2000

Le aree a monte della nuova opera a mare rientrano nella disciplina del PTC IP ACL approvato con D.C.R. n. 95 del 1992 e come tali sono recepite nel P.U.C. 2000.

**GENOVA**
Urban Lab

SETTORE URBAN LAB E ATTUAZIONE PROGETTI DI AREA PORTUALE
Calata De Mari 1 - 16126 Genova Tel. +39 0108612401 Fax +39 0108612409
www.comune.genova.it e-mail: segreteriaurbanlab@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

Nell'ambito del PTC IP ACL tali aree sono individuate nell'Area 10 - Aeroporto e per una più ridotta parte nell'Area 12 - Polo Siderurgico non a ciclo integrale di Cornigliano/Attività portuali.

Più in dettaglio, per quanto concerne l'Area 10 - Aeroporto, tale Piano considera il potenziamento dell'Aeroporto Cristoforo Colombo come fondamentale nelle strategie generali per lo sviluppo dell'Area Centrale Ligure, anche mediante l'arricchimento di dotazioni complementari. Precisa, inoltre, che tutti gli interventi sull'area devono essere finalizzati a conseguire livelli di efficienza dei servizi e di qualità delle prestazioni nei confronti dei passeggeri e delle merci in linea con i migliori standard internazionali assegnando all'area la funzione caratterizzante SM6 (Centri Intermodali) e la funzione prescritta FU2 (ricettività).

Nella parte estrema di levante l'opera a mare si estende per una limitata porzione nello specchio acqueo prospiciente l'Area 12 - Polo Siderurgico non a ciclo integrale di Cornigliano/Attività portuali - Settore 2 la cui funzione caratterizzante è la AE1 (Attività portuali). Tale area in conseguenza dell'Accordo di Programma per la riconversione dell'Area Siderurgica di Cornigliano del 1999, sottoscritto nel 2005, risulta ceduta ad Autorità Portuale.

2. PUC adottato con DCC 92 del 07/12/2011

L'opera a mare è antistante al Settore 1 del Distretto Speciale di Concertazione 1.06 Piaggio-Aeroporto.

L'obiettivo di trasformazione del distretto 1.06 Piaggio Aeroporto considera *“irrinunciabile l'immediato conseguimento di maggiori livelli di efficienza e di qualità delle prestazioni dell'Aeroporto Cristoforo Colombo, realizzando la necessaria interconnessione dei sistemi di trasporto pubblico in sede propria con la città, con l'insediamento tecnologico degli Erzelli e di Sestri P. e prevedendo l'inserimento delle ulteriori infrastrutture di interesse generale della città collocabili nell'ambito e compatibili sia con l'espansione delle attività industriali presenti nel settore aeronautico che con il compimento della valorizzazione dell'area a mare”*.

Il canale di calma oggetto della trasformazione proposta è altresì interessato dal passaggio del trasporto pubblico via mare (nave-bus) così come rappresentato nella tavola 1.1 del Livello 1 - Sistema Infrastrutturale e nella tavola 2.5 del Livello 2 - Sistema della Mobilità.

Considerazioni

Il Comune di Genova, con nota Prot. N° 254302 del 4 agosto 2011, ha espresso le proprie valutazioni rispetto all'opera a mare nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale nazionale, ai sensi dell'art. 23 del D.lgs. 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i. presentata da Autostrade per l'Italia (ASPI) sul progetto di nodo autostradale.

In tale sede il Comune di Genova osservava che la nuova superficie a mare, così come individuata da ASPI, assumeva la funzione di infrastruttura aeroportuale e, pertanto,



COMUNE DI GENOVA

valutava che tale opera fosse coerente con gli obiettivi generali degli strumenti di pianificazione vigenti ed in linea con quelli del nuovo PUC in quanto direttamente strumentale all'adeguamento e alla messa in sicurezza della pista stessa, come richiesto dagli standard internazionali, ponendo la condizione che il nuovo riempimento garantisse la possibilità di mantenere la navigazione della nave bus secondo l'attuale regime, senza compromettere il potenziamento del trasporto pubblico via mare esistente e previsto dal nuovo PUC.

In tale sede il Comune rimandava al parere degli Enti competenti per le valutazioni di merito ed in particolare ad Autorità Portuale per la compatibilità della funzione di riempimento e della sua ubicazione nel canale di calma con la disciplina del PRP, nonché ad ENAC per le valutazioni tecniche, dimensionali e funzionali dell'opera a mare in relazione all'esercizio delle funzioni aeroportuali e per la compatibilità delle norme in materia.

Il Comitato Portuale, con Deliberazione Prot. n° 93/10/2011 si è espresso favorevolmente rispetto all'ipotesi progettuale del riempimento parziale del canale di calma prospiciente l'aeroporto, subordinatamente a quanto indicato dalla Capitaneria di Porto.

Valutazioni

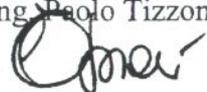
Il riempimento in oggetto risulta coerente con gli obiettivi generali degli strumenti di pianificazione vigenti e del PUC adottato con DCC n° 92 del 07/12/2011, in quanto in linea con le previsioni di sviluppo e potenziamento delle prestazioni dell'Aeroporto Cristoforo Colombo.

Pertanto si rileva il non contrasto con la disciplina urbanistica comunale, vigente ed in salvaguardia, a condizione che venga garantita la navigabilità del canale di calma per quanto concerne il servizio di trasporto pubblico, per cui si rimanda alle valutazioni di competenza dell'Autorità Portuale e della Capitaneria di Porto per la definizione dei requisiti tecnici necessari.

Il Dirigente Responsabile
Settore Urban Lab
Arch. Anna Ina Corsi



Il Direttore
Sviluppo Urbanistico e Grandi Progetti
Ing. Paolo Tizzoni



ALLEGATO 2

***VERBALE INCONTRO PRESSO LA SEDE
DELL'AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA DEL 6
GIUGNO 2012***



AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA

VERBALE RIUNIONE 06/06/2012 tenutasi alle ore 15,30 presso palazzo S.Giorgio ed avente ad oggetto:

CONFERIMENTO MATERIALE DI SMARINO DELLA GRONDA NEL CANALE DI CALMA DELL'AEROPORTO ANALISI DELLE SIMULAZIONI DI NAVIGAZIONE SVOLTE PRESSO CETENA

Presenti:

Andrea Pieracci (A.P.Ge.)
Marco Sanguineri (A.P.Ge.)
Caterina Vincenzi (A.P.Ge.)
Ilaria Lavander (SPEA)
Orlando Mazza (SPEA)
Giorgio Fabriani (ASPI)
Alberto Selleri (SPEA)
Alessio Bado (SPEA)
Sara Frisiani (SPEA)
Silvio Bignone (Rimorchiatori Riuniti)
Chiara Notaro (Cetena)
Oreste Bozzo (Cetena)
Gianfranco Aste (Corpo Piloti)
C.V. Damiano Capurso (Capitaneria di Porto)
C.C. Luciano Aloia (Capitaneria di Porto)

Il dott. **Sanguineri** introduce la riunione riassumendo le principali caratteristiche del progetto e quanto emerso dalle simulazioni svoltesi presso CETENA al fine di verificare le condizioni di fattibilità poste dai diversi soggetti competenti e richiamate nella delibera del Comitato portuale del 27 ottobre 2011.

Viene inoltre comunicata ai presenti l'avvenuta ricezione del parere del Comune di Genova che rileva il "non contrasto" del progetto con gli strumenti urbanistici a condizione che venga garantita la navigabilità del canale di calma per il servizio di trasporto pubblico.

Il comandante **Capurso** riconosce la generale validità delle simulazioni svolte e sottolinea come le stesse siano risultate soddisfacenti in termini di verifica degli spazi e delle traiettorie di transito. Tuttavia, il comandante non ritiene del tutto probante la rappresentazione fornita dal simulatore circa il treno d'onde generato dal passaggio delle imbarcazioni ed in particolare dal passaggio dei rimorchiatori. Il comandante **Capurso** evidenzia come tale aspetto possa assumere una qualche rilevanza in merito agli effetti generati sulla Navebus, i cui passeggeri non sono soggetti addestrati o tecnicamente preparati ad improvvise mutazioni del moto ondoso a differenza di quanto accade per gli equipaggi dei mezzi tecnico-nautici. Il comandante sottolinea, inoltre, come le valutazioni dell'Autorità Marittima non potranno che riferirsi alle attuali condizioni operative del porto, evidenziando come in futuro i mezzi di servizio (rimorchiatori in particolare) potranno essere caratterizzati da dimensioni maggiori di quelle attuali ed assunte quale modello per le simulazioni.



L'ing. **Notaro** precisa come le difficoltà nel rappresentare quanto più correttamente possibile fenomeni come l'interazione del treno d'onde generato dal passaggio di un rimorchiatore con l'agitazione ondosa presente nel canale, ed il transito di una seconda imbarcazione, dipenda dall'ordine delle equazioni che vengono utilizzate nel modello matematico utilizzato nel simulatore del CETENA. Esso rappresenta in ogni caso lo stato dell'arte dei simulatori a livello mondiale, poiché ad oggi non esistono ancora modelli di manovrabilità accoppiati a modelli di sea-keeping (tenuta al mare) validati.

Il comandante **Bignone** ricorda come, prima delle prove ufficiali, il simulatore sia stato da lui stesso tarato e ritiene attendibile quanto emerso dalle simulazioni sia per quanto riguarda gli spazi sia in ordine alle traiettorie.

L'ing. **Selleri** rammenta come i tempi burocratici per l'invio della documentazione al Ministero siano molto stretti e come le simulazioni svolte si siano attenute alle indicazioni fornite dall'Autorità Marittima e dai gestori dei servizi nautici. L'ing. ricorda inoltre che le simulazioni hanno assunto quale riferimento fisico una larghezza del canale pari a mt 75, misura molto prossima agli 80 mt originariamente indicati dall'Autorità Marittima quale dimensione accettabile del canale. A tale proposito l'ing. Selleri esprime la propria perplessità circa il fatto che una così limitata differenza possa risultare determinante ai fini della valutazione degli effetti dei treni d'onde.

L'ing. **Fabriani** nel considerare soddisfacenti i risultati della simulazione, ritiene che più puntuali regolamentazioni del traffico marittimo potranno essere assunte solo a seguito della realizzazione dell'opera e quindi sulla base di prove fisiche dal vero.

Il comandante **Bozzo** concorda con quanto espresso dall'ing. **Fabriani**.

Il comandante **Capurso**, in relazione alle riserve di cui sopra, ritiene percorribile l'ipotesi di rinviare ad eventuali successive regolamentazioni la disciplina del transito dei mezzi adibiti al servizio di trasporto pubblico. Allo stesso modo occorrerà mettere in atto idonee forme di illuminazione del canale per consentire il transito in sicurezza a tutti i mezzi nautici durante le ore notturne e nei casi di scarsa visibilità naturale.

Il dott. **Sanguineri** riporta quanto indicato dalla Direzione Tecnica di APG, chiedendo che venga fatta una verifica sull'agitazione ondosa nello stato attuale e nello stato di progetto al fine di verificare che eventuali incrementi d'onda non creino problemi al transito delle imbarcazioni nell'area di Genova Mutedo ed all'imboccatura in prossimità della foce del Polcevera, oltre alle verifiche dei moti all'ormeggio per le navi in accosto alle banchine ILVA e Ronco Canepa.

L'ing **Bado** conferma che tali aspetti sono già stati affrontati e verificati nella relazione generale e nella relazione meteomarina del progetto. Le risultanze non hanno evidenziato incrementi di agitazione ondosa nella configurazione di progetto in corrispondenza delle due suddette imboccature.

Il dott. **Sanguineri** richiede che dette verifiche siano comunque oggetto di confronto con la Direzione tecnica dell'Ente. A tale proposito l'ing **Bado** e l'ing **Vincenzi** concordano modi e tempi della verifica.

In conclusione, il dott. **Sanguineri** riassume l'esito della riunione nei termini seguenti:

- le simulazioni svolte sono risultate soddisfacenti in termini di verifica tecnico/operativa degli spazi e delle traiettorie per tutti i mezzi considerati;



- In relazione al tema degli effetti generati dai “treni d’onda” non si ritiene che possano sussistere particolari criticità per i mezzi di servizio tecnico-nautici. Per quanto concerne gli “incroci dei treni d’onda” con la Navebus non si può escludere che, a seguito dell’esperienza che sarà verificata nelle diverse condizioni meteo e con la nuova opera realizzata ,si debba procedere a specifiche regolamentazioni del transito della Navebus medesima. Dell’esito in questione verrà edotta l’Amministrazione comunale in relazione al parere dalla stessa espresso, e richiamato in apertura di riunione, circa il “non contrasto” della nuova opera con gli strumenti urbanistici.
- In relazione alle verifiche svolte a proposito delle condizioni poste da APG circa la navigabilità, l’accessibilità e la manovrabilità degli specchi acquei posti agli estremi del canale di calma, nonché circa l’agibilità delle banchine Ilva e del fronte Ronco-Canepa-Libia, i tecnici di APG e di SPEA provvederanno, a stretto giro, ad una verifica congiunta delle risultanze emerse dalla simulazione.

I **presenti** alla riunione concordano con la sintesi appena illustrata e condividono di proseguire l’iter di approvazione del progetto con la redazione dei pareri di competenza.

La riunione si chiude alle ore 16,45.

Firme dei Presenti:

- Andrea Pieracci
- Marco Sanguineri
- Caterina Vincenzi
- Ilaria Lavander
- Orlando Mazza
- Giorgio Fabriani
- Alberto Selleri
- Alessio Bado
- Sara Frisiani
- Silvio Bignone
- Chiara Notaro
- Oreste Bozzo
- Gianfranco Aste
- C.V. Damiano Capurso
- C.C. Luciano Aloia



ALLEGATO 3

***COMUNICAZIONE PROT. 0014656/P DELL'AUTORITÀ
PORTUALE DEL 15 GIUGNO 2012***

SPEA/GE/18.06.12/0000025/EE



SS1806120000025

**AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA**

Spett.le Spea Autostrade
Via Scarsellini 119, Torre B
16149 GENOVA
FAX: 010/6430043

alla c.a.: Ing. Mazza
Ing. Bado

NOTIFICATA VIA FAX

Oggetto: Adeguamento del sistema A7-A10-A12 – Opera a mare nel canale di calma dell'aeroporto di Genova – Relazione meteomarina

Con riferimento alla Relazione in oggetto trasmessa all'Ing. Vincenzi a mezzo mail in data 07/06/2012 ed a seguito di quanto emerso nel tavolo tecnico tenutosi in data 06/06/2012 presso la sede dell'Autorità Portuale di Genova, si informa che sono state esaminate le simulazioni relative alla propagazione del moto ondoso dal largo verso riva ed all'interno del canale di calma sia nella configurazione di stato attuale che nella configurazione di progetto (larghezza del canale di calma pari a 75 m e tombamento dello specchio acqueo compreso tra i ponti Ronco e Canepa realizzato).

A seguito degli esiti delle suddette analisi, si rilascia, per quanto di competenza, il nostro nulla-osta tecnico relativamente agli aspetti di modellazione degli effetti dell'agitazione ondosa all'interno del canale di calma ed in prossimità delle imboccature del canale stesso nella nuova configurazione di progetto sopracitata.

Cordiali saluti.

Il Referente

(Dott. Ing. Caterina Vincenzi)

Il Direttore Tecnico
(Dott. Ing. Andrea Pieracci)



ALLEGATO 4

***CONSEGNA STRALCIO PROGETTO DEFINITIVO
DELL'OPERA A MARE NEL CANALE DI CALMA***

NS. RIF. DGSR/RNO/GF/ar

ROMA

VS. RIF.

ASPI/RM/21.06.12/0014141/EU



AA21061200141412003000



Spett.
AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA
Via della Mercanzia
16128 - **GENOVA**

Alla c.a. del Sig. Presidente L. Merlo

e p.c. Spett.
CAPITANERIA DI PORTO - Guardia Costiera - GE
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Direzione Marittima della Liguria
Via Magazzini generali N°4
16126 - **GENOVA**

Alla c.a. del A.I. (CP) Comandante F. Angrisano

Oggetto: NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA
Adeguamento del sistema A10-A12-A7
Progetto Definitivo dell'Opera a Mare nel Canale di Calma
Consegna Stralcio Progetto Definitivo Aprile 2012

Al fine di dare corso all'iter di Adeguamento Tecnico Funzionale presso il Consiglio dei Lavori Pubblici e positivo riscontro alle richieste formalizzate dal MATTM nell'ambito della procedura di VIA del progetto della Gronda di Genova, con riferimento:

- al verbale della riunione tenutasi il 06.06.2012 presso i Vostri uffici;
- al "nulla-osta" della Vostra Direzione Tecnica;

si procede alla consegna degli elaborati progettuali integrativi, costituenti lo Stralcio del Progetto Definitivo dell'Opera a Mare nel Canale di Calma, in revisione Maggio 2012.

Cordiali saluti

autostrade // per l'italia
Società per azioni

CONDIREZIONE GENERALE SVILUPPO RETE

Responsabile di Area
(*Giorgio Fabriani*)

AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA
PROTOCOLLO CENTRALE

21 MAR 2012

N. _____
Uff. _____ Copia _____

All.ti:

- 3 copie per CSLLPP
- 1 copia per AP
- 1 copia per CP

ALLEGATO 5

LETTERA PROT. 0056179/CIA DI ENAC DEL 04

MAGGIO 2011

Autostrade per l'Italia
Via Bergamini, 50 00159 Roma

p.c. ENAV AOT PSA
Via Salaria, 716 00138 Roma

Autorità Portuale di Genova
Via della Mercanzia, 2 16124 Genova

ANAS
Via Savona, 3 16122 Genova

Aeroporto di GENOVA S.p.A.
Aeroporto C. Colombo 16154 Genova Sestri Ponente

ENAC Direzione Operazioni Torino

ENAC Direzione Aeroportuale Genova

OGGETTO: Aeroporto C. Colombo di Genova Sestri – Nodo autostradale di Genova - Adeguamento del sistema A7 – A10 – A12 - "OPERA A MARE NEL CANALE DI CALMA".

Si fa riferimento alla nota 3978 del 23.02.2011 di codesta Società ed alla riunione tecnica svoltasi in data 01-04-11, presso lo scrivente, nel corso della quale è stata illustrata l'ipotesi progettuale dell'opera a mare nel Canale di Calma del Porto di Genova che, attraverso il conferimento in adiacenza all'aeroporto del materiale di smarino derivante dalle lavorazioni per la realizzazione delle gallerie del nodo autostradale di Genova, comporterebbe la riconfigurazione del sito aeroportuale ampliando il sedime laterale lato mare della pista di volo dotando quest'ultima del complemento funzionale della "strip".

In linea di principio questo Ente ritiene di poter condividere l'idea dell'intervento, ponendo però delle riserve di cautela in merito: alle modalità esecutive di dettaglio ai fini della continuità operativa dell'aeroporto; alle caratteristiche, in termini di portanza, dell'area in ampliamento; alla gestione e manutenzione sia dei sistemi di drenaggio delle acque che delle prevedibili

necessità in ordine alle opere di protezione dalle erosioni marine del sito aeroportuale; al collaudo tecnico ed alla demanialità delle aree del futuro ampliamento del sedime; alla assunzione del ruolo di soggetto proponente in tutti i procedimenti autorizzativi.

Assunto che lo sviluppo di dettaglio dei predetti aspetti attiene alle successive fasi di approfondimento progettuale, preliminarmente si concorda sulla opportunità di formalizzare in un "Accordo di Programma" tra i soggetti interessati, ivi compresa l'Autorità Portuale di Genova, i temi succitati anche in considerazione del tempo significativo che prevedibilmente riguarderà la progettazione, autorizzazione ed esecuzione di queste opere.

In tal senso questo Ente, sulla base dello schema di atto (Accordo di Programma) che codesta Società ha messo a disposizione, formulerà le proprie proposte.

Si prende inoltre atto che, per quanto concerne le procedure autorizzative di competenza dell'Autorità Portuale di Genova, per l'adeguamento tecnico-funzionale del PRP, è stata già inoltrata da Autostrade per l'Italia la richiesta di adozione della proposta di adeguamento e che la stessa Autorità sta avviando le procedure di cui alla normativa di riferimento.

Infine si ritiene opportuno richiamare nella presente i seguenti temi, emersi nel corso del predetto incontro del 1° aprile u.s., da tenere in attenzione per gli approfondimenti progettuali futuri specificando che l'elenco riportato è da intendersi a titolo indicativo e non esaustivo:

- Adozione di mezzi operativi che implicino il minimo sviluppo verticale su tutte le lavorazioni che interessino aree ad alta sensibilità operativa o che interferiscano con le superfici di limitazione ostacoli.
- Controllo delle fasi lavorative e di approvvigionamento materiali che prevedono l'utilizzo di mezzi di cantiere durante la realizzazione della piarda e di navigli in transito presso la testata strumentale 28 per la quale è presumibile il maggiore impatto sugli apparati di radio assistenza attraverso l'elaborazione di uno studio di compatibilità elettromagnetica (EMC) che valuti l'impatto delle lavorazioni di cui al precedente punto sulle radio assistenze.



- Verifica, in fase progettuale, del non sussistere delle condizioni che possano risultare potenzialmente attrattive per l'aviofauna ed previsione in fase realizzativa di specifici accorgimenti volti al controllo ed allontanamento della stessa in caso di necessità.
- Previsione di procedure ed apprestamenti necessari ad assicurare la security aeroportuale da concordare con la locale Direzione Aeroportuale (Comitato di sicurezza).
- Adozione dei requisiti di idoneità, di cui al cap 3 del Regolamento ENAC per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti, per la progettazione e realizzazione dell'ampliamento della strip.
- Adozione di una procedura che garantisca la gestione del controllo degli ostacoli aeronautici costituiti dai mezzi di cantiere e congruente con i requisiti informativi di cui al Regolamento ENAC AIS.
- Assunzione di tutti gli accorgimenti necessari che evitino la produzione di polveri che possano investire la pista di volo e/o lo spazio aereo limitrofo alle testate della pista stessa.

Per facilitare le attività successive connesse in particolare alla definizione dell'Accordo di Programma anzidetto, lo scrivente conferma la propria disponibilità a partecipare ad incontri mirati che codesta Società vorrà indire.

Distinti saluti.

Il Direttore

Ing. Franco Corfe



ALLEGATO 6

VERBALE INCONTRO PRESSO LA SEDE DI ENAC A

ROMA DEL 13 GIUGNO 2012

VERBALE DI RIUNIONE – ROMA, 13 GIUGNO 2012

Presenti:

- Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) – Ingg Pandolfi e Trombetti;
- Aeroporto di Genova SpA (AGS) – Ing. Bresciani;
- Autostrade per l'Italia S.p.A. (ASPI) – Ingg. Fabriani, Marasca e Dadi;
- Spea – Ingg. Bado e Mazza.

Il giorno 13 Giugno 2012, alle ore 11,00, presso la sede di ENAC, si è svolta una riunione avente l'obiettivo di illustrare i contenuti della "Convenzione" tra ENAC, AGS e ASPI, relativamente all'individuazione e ripartizione degli oneri di gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria legati alla futura Opera a Mare nel Canale di Calma.

Gli atti costituenti la "Convenzione" sono stati sviluppati con riferimento alla bozza di "Accordo di Programma "(ACCORDO DI PROGRAMMA per la realizzazione di un'Opera a Mare nel Canale di Calma del Porto di Genova finalizzata al riutilizzo del materiale di smarino delle gallerie necessarie per la realizzazione delle opere del "Nodo stradale e autostradale di Genova") tra ENAC, ASPI, ANAS e Autorità Portuale ed ai precedenti incontri e comunicazioni intercorsi tra i soggetti coinvolti. Nello specifico si fa riferimento a:

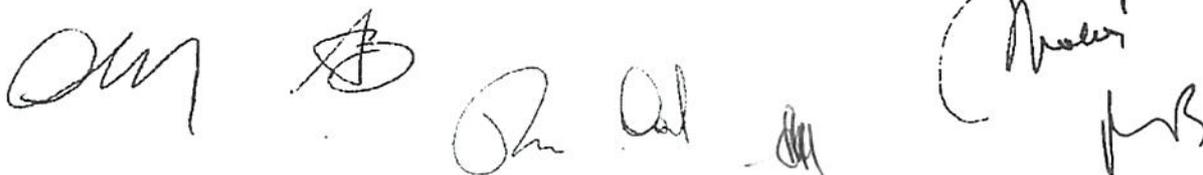
- Incontro del 01 Aprile 2011, presso la sede di Enac a Roma;
- Lettera Enac del 04 Maggio 2011 (Prot 0058179/CIA), "Aeroporto C. Colombo di Genova Sestri - Nodo autostradale di Genova - Adeguamento del sistema A7-A10-A12 - Opera a Mare nel Canale di Calma";
- Incontro del 07 Giugno 2011, presso la sede di Enac a Roma;
- Incontro del 16 Settembre 2011, presso la sede di Enac a Roma.

In apertura della riunione ENAC segnala la necessità che il trasferimento da demanio marittimo a demanio aeronautico del nuovo sedime realizzato con l'Opera a Mare venga ratificato dal Ministero dell'Economia e delle Finanze (Agenzia del Demanio). Aspi/Spea prenderanno a breve i contatti necessari al coinvolgimento del Ministero.

ASPI e Spea illustrano poi i contenuti dell'atto di convenzione, costituito dai seguenti documenti:

- **Allegato 1** (all' Accordo di Programma): CONVENZIONE PER REGOLAMENTARE GLI ONERI A CARICO DI AUTOSTRADE per L'ITALIA S.p.A DI CUI ALL'ART. 3 DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA;
- **Allegato A** (all'Allegato 1): VALORIZZAZIONE DEGLI ONERI DI AEROPORTO DI GENOVA SpA PER LA GESTIONE DELL'OPERA A MARE NEL CANALE DI CALMA.

L'Allegato 1 risulta essere così strutturato:



1. Oggetto;
2. Durata;
3. Definizione degli oneri per la gestione ordinaria e degli interventi di manutenzione ordinaria;
4. Quantificazione e valorizzazione degli oneri per la gestione ordinaria e degli interventi di manutenzione ordinaria;
5. Definizione degli oneri relativi ad interventi di manutenzione straordinaria;
6. Attività di monitoraggio delle infrastrutture esistenti;
7. Quantificazione e definizione degli interventi straordinari;
8. Competenze degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria;
9. Allegati.

Oltre precisare la durata temporale della "Convenzione" – decennale verso ENAC e fino al termine dell'attuale concessione verso AGS - l'Allegato 1:

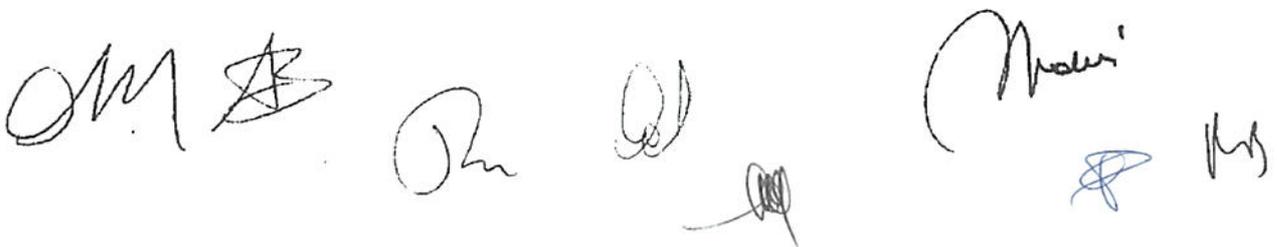
- individua e descrive le operazioni di gestione e manutenzione ordinaria a cui sono soggetti i singoli elementi tecnico funzionali che costituiscono l'Opera a Mare;
- richiama l'Allegato A per la quantificazione economica dei singoli oneri associati;
- definisce la rivalutazione economica degli oneri alla luce dell'effettivo periodo di entrata in vigore della Convenzione;
- disciplina gli interventi di manutenzione straordinaria richiamando quanto disposto dalla vigente normativa e descrivendo l'iter procedurale da seguirsi al manifestarsi di eventi che comportino tali interventi;
- rimanda alle operazioni di monitoraggio per una quantificazione e identificazione dei danneggiamenti subiti o indotti dall'Opera a Mare.

ENAC chiede ad Aspi/Spa di verificare nel proseguo dell'iter la competenza – successivamente al termine della Convenzione - degli oneri di manutenzione ordinari e straordinari dei cassoni di contenimento dell'Opera a Mare, che andranno a costituire i nuovi confini della banchina aeroportuale.

L'Ing. Marasca segnala che l'Allegato 1 – ora strutturato come un allegato all'Accordo di Programma - potrà assumere forma di una convenzione a se stante, poiché verrà sottoscritto da un Soggetto (AGS) che non compare nel documento di origine.

Spa introduce l'Allegato A che illustra la metodologia da adottarsi per quantificare e valorizzare gli oneri economici associati alla manutenzione ordinaria. Nel dettaglio:

- Individua per le singole operazioni di manutenzione ordinaria le voci economiche, associando ad esse i prezzi estrapolati da prezzari ufficiali;



Handwritten signatures and initials at the bottom of the page, including a large signature on the left, several smaller initials in the center, and a signature on the right with a blue scribble below it.

ALLEGATO 7

***BOZZA ACCORDO DI PROGRAMMA TRA ENAC,
ASPI, ANAS E AUTORITÀ PORTUALE***

ACCORDO DI PROGRAMMA

PER

La realizzazione di un'Opera a Mare nel Canale di Calma del Porto di Genova finalizzata al riutilizzo del materiale di smarino delle gallerie necessarie per la realizzazione delle opere del "Nodo stradale e autostradale di Genova"

TRA

- **AUTOSTRADE per L'ITALIA S.p.A.** con sede in Roma Via Alberto Bergamini, 50, che per quanto stabilito dal presente atto si costituisce per il tramite del proprio
- **ENTE NAZIONALE per l'AVIAZIONE CIVILE (ENAC)** con sede in Roma Via Castro Pretorio, 118, che per quanto stabilito dal presente atto si costituisce per il tramite del proprio
- **AUTORITA' PORTUALE di GENOVA** con sede in Genova Via della Mercanzia, 2, che per quanto stabilito dal presente atto si costituisce per il tramite del proprio
- **ANAS** Ispettorato Vigilanza Concessioni Autostradali Via Po, 19 00198 ROMA che per quanto stabilito dal presente atto si costituisce per il tramite del proprio

PREMESSO CHE:

- 1) Il Progetto della Gronda di Genova o di Ponente (nel seguito definita "Gronda") si propone di sgravare il tratto di A10 più interconnesso con la città di Genova - cioè quello dal casello di Genova Ovest (Porto di Genova) sino all'abitato di Voltri - trasferendo il traffico passante su un tracciato fuori sede che si affianca all'esistente, costituendone di fatto un raddoppio.
In questo modo il traffico delle seguenti direttrici:
 - i. Milano - Ventimiglia (per le O/D non attratte dalla A26);
 - ii. Livorno - Porto di Voltri – Ventimiglia;
 - iii. Genova Ovest (Porto) - Porto di Voltri – Ventimiglia;che non ha necessità di connettersi con le aree cittadine, si sposterebbe sulla Gronda, alleggerendo l'A10 che rimarrebbe principalmente a servizio della città di Genova e delle sue funzioni.
- 2) La realizzazione della "Gronda" si pone di raggiungere una molteplicità di finalità che possono essere riassunte nei seguenti punti:
 - i. migliorare le condizioni di circolazione sulla rete esistente;
 - ii. suddividere il traffico cittadino da quello di attraversamento;
 - iii. migliorare la sicurezza stradale;
 - iv. offrire un'alternativa all'unico asse autostradale ligure;
 - v. sostenere la crescita economica.
- 3) Il tracciato della Gronda presenta oltre il 95% del suo sviluppo in sotterraneo e prevede il ricorso sia allo scavo meccanizzato con TBM che alle consolidate tecnologie di avanzamento in tradizionale. La volumetria del materiale di smarino che ne deriva è pari a circa 9 milioni di metri cubi in banco, che risulta pari a circa 12 milioni di materiale sciolto considerando il rigonfiamento.

4) Detta disponibilità di materiale ha portato alla soluzione di integrare nell'ambito del progetto autostradale diversi interventi di sistemazione sul territorio, che comportano il riutilizzo di circa 3,5 milioni di metri cubi e nonché la realizzazione, all'interno del Canale di Calma antistante l'Aeroporto di Genova, di un nuovo rilevato in affiancamento all'attuale rilevato aeroportuale; detta opera prevede il riutilizzo dei restanti 8,5 milioni di metri cubi. L'individuazione di tale area deriva da un iter di valutazione tecnico/autorizzativa che ha coinvolto gli Enti territoriali ed i Ministeri competenti:

- i. Febbraio 2007 - nel Protocollo d'Intesa del 05.02.2007 - sottoscritto da Regione Liguria, Provincia di Genova, Comune di Genova, Autorità Portuale e Anas - si conveniva: "il materiale di risulta proveniente dagli scavi in galleria sia allocato nel nuovo sito aeroportuale all'esterno della diga foranea attuale, previa una verifica di fattibilità tecnica a carico di Autostrade per l'Italia";
- ii. Aprile 2007 - il 05.04.2007 Autostrade/Spa presentavano lo Studio di Fattibilità Tecnica in merito alla possibilità di recapitare oltre la diga foranea antistante l'aeroporto Colombo il materiale proveniente dallo scavo delle gallerie, evidenziando le difficoltà pressoché insormontabili di tale soluzione;
- iii. Maggio 2007 - in data 24.05.2007 Autostrade/Spa consegnavano ufficialmente lo Studio di Fattibilità Tecnica, all'interno del quale veniva esaminata - su richiesta della Regione Liguria - anche la possibilità di conferire il materiale di risulta nel Canale di Calma prospiciente l'aeroporto di Genova;
- iv. Aprile 2008 - diventa operativo il Gruppo Tecnico di Lavoro - istituito presso il Ministero delle Infrastrutture - che, anche con il contributo del Ministero dell'Ambiente, doveva individuare, tra i due siti analizzati nello Studio di Fattibilità Tecnica presentato da Autostrade/Spa, quello ottimale in cui conferire il materiale proveniente dallo scavo delle gallerie;
- v. Agosto 2008 - in data 04.08.2008, con nota n° 288041 inviata al Ministero delle Infrastrutture e ad Anas, la Regione Liguria, la Provincia di Genova e il Comune di Genova confermavano il Canale di Calma come sito idoneo al conferimento del materiale di risulta;
- vi. Settembre 2008 - in data 10.09.2008 il Gruppo Tecnico di Lavoro istituito presso il Ministero delle Infrastrutture - con il contributo del Ministero dell'Ambiente, espresso con nota prot. DSA-2008-0021242 del 30.07.2008 - ha concluso i lavori individuando nel Canale di Calma il recapito finale del materiale di risulta.
- vii. Aprile 2011 - in data 08.02.2010 è stato condiviso il protocollo d'Intesa tra Ministero delle infrastrutture e Trasporti, Regione Liguria, Provincia di Genova, Comune di Genova, Autorità Portuale, ANAS, Autostrade per l'Italia per la realizzazione del nodo stradale ed autostradale di Genova ed in data 13 aprile 2011 lo stesso è stato sottoscritto anche dalla Regione Liguria

5) Nel quadro di riuso del materiale di smarino, il conferimento a mare ad ampliare il sedime aeroportuale, offre l'opportunità di un utilizzo finalizzato dal punto di vista tecnico funzionale per:

- i. L'Adeguamento regolamentare della strip (fascia laterale) dell'Aeroporto di Genova , oggi oggetto di deroga permanente, che passerebbe sul lato mare dagli attuali 105 m. ai 150 m.

- di larghezza previsti dal Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti dell'ENAC;
- ii. La Realizzazione di una superficie praticabile in rilevato aggiuntiva rispetto all'allargamento della Runway strip esistente (vedi punto precedente), finalizzata alla prosecuzione in continuità con l'esistente, della strada perimetrale lato sud esterna alla strip ed alla protezione della stessa da eventi meteo marini significativi attraverso la realizzazione di una nuova banchina dotata di muro paraonde ed il conseguente aumento della distanza tra lo specchio acqueo e la pista aeroportuale.
 - iii. Il miglioramento strutturale della rete di drenaggio della piattaforma aeroportuale, consentendo un incremento della capacità di accumulo della stessa ed aumentando la quota dello sbocco a mare, evitando quindi che i rialzi mareali possano mandarla "sottobattente" con conseguenti problemi di scarico ed esondazioni a monte.

CONSIDERATO CHE:

- a. Le caratteristiche della destinazione finale che si intende attribuire all'Opera a Mare sono esclusivamente quelle elencate al precedente punto 5).
- b. La suddetta destinazione non modifica le potenzialità e la capacità dell'aeroporto. Pertanto il sistema air-side dell'aeroporto non necessita di modifiche in quanto l'Opera a Mare verrebbe ad essere inclusa nel sedime dell'aeroporto già esistente, già autorizzato nel suo esercizio ivi inclusa l'autorizzazione ambientale, ottenuta a seguito della precedente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (decreto Ministro dell'ambiente di concerto con Ministero per i beni e le attività culturali del 2002 e precisamente DEC/VIA n.6916 del 23 gennaio 2002).
- c. Le operazioni previste nel sedime aeroportuale non implicano una modifica alle condizioni di compatibilità di cui al suddetto DEC/VIA 6926/2002.
- d. Il presente accordo permette di dare certezza del reale utilizzo delle terre e rocce da scavo derivante dalla realizzazione della Gronda di Genova come richiesto dalla normativa vigente (*comma 4 dell'art. 39, D.Lgs. 3 dicembre 2010, n. 205 e art. 184 bis del Dlgs 152/06 come modificato dal Dlgs 205/10*).
- e. Con le Linee Guida per la redazione dei Piani Regolatori Portuali pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (su mandato del DM Infrastrutture del 13.01.04) è stato sancito il significato di caratterizzazione funzionale degli strumenti di gestione del porto. Conseguenza diretta di questa indicazione è stata la possibilità di introdurre nella progettazione dei porti le così dette azioni di "adeguamento tecnico funzionale".
- f. Le attività di adeguamento tecnico-funzionale rientrano nella categoria delle "modifiche non sostanziali", così come definito, con voto n. 44 del marzo 1999, dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in merito alle "*varianti a piani regolatori portuali*".
- g. Il voto 93 dell'Adunanza del 9 ottobre 2009 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha fornito gli indirizzi tecnici, metodologici e gli ambiti procedimentali per gli *adeguamenti tecnico funzionali* dei piani regolatori portuali, precisando meglio quanto espresso con il voto sopra richiamato, ed adeguando quest'ultimo alla sopravvenuta cornice normativa e metodologica, oltre che alla prassi tecnico-amministrativa consolidata nel tempo.
- h. Dal voto n. 93/09 emerge come le *modifiche non sostanziali* non devono avere rilevanza significativa sulle previsioni e le finalità del Piano Regolatore Portuale costituendo, in tal modo,

adeguamenti tecnico-funzionali delle opere previste dal piano e non *varianti* del piano stesso. Non deve quindi cambiare la funzione della porzione del porto in oggetto a seguito dell'intervento stesso.

- i. Lo stesso Consiglio Superiore, con un atto deliberato con l'assenso del Ministero dell'Ambiente, ha disposto che gli adeguamenti tecnico funzionali sono sottoposti alla procedura di cui all'art.20 del Dlgs 152/06 e smi ovvero a verifica di assoggettabilità alla VIA.
- j. Si assume ai fini del presente accordo che l'intervento di realizzazione di cui in oggetto (opera a mare) può essere considerato un intervento non sostanziale per il porto in quanto quella porzione portuale mantiene anche nel futuro la stessa funzione prevista dal PRP vigente (zona di transito).
- k. L'Autorità Portuale potrà presentare la modifica al canale di calma al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e, qualora questo la approvi, in termini ambientali è sufficiente una verifica di assoggettabilità (ex art.20). Poiché inoltre tutte le considerazioni di questa opera sono inserite nel SIA della Gronda che fornisce ben più degli elementi richiesti dall'art.20 del Dlgs 152/06 e smi, si considerano in modo unitario le due procedure e si propone agli Enti competenti di ritenere compiuta con la VIA della Gronda ogni necessaria approvazione ambientale.
- l. Si assume quindi ai fini del presente accordo che l'opera a mare è considerata nel solo studio d'impatto ambientale della Gronda e relative opere accessorie (parte SIA della cantierizzazione), che termina la sua trattazione al completamento della fase di realizzazione e considera, oltre alle azioni per la costruzione, anche quelle legate alla sua presenza. Per il periodo successivo di esercizio la trattazione è solo nel progetto di monitoraggio ambientale non essendo previste azioni generatrici di potenziali interferenze (strip aeroportuale).

Tutto ciò premesso e ritenuto tra i soggetti in epigrafe si conviene e stipula quanto segue:

Articolo 1: premesse

Le premesse e i considerato fanno parte integrale e sostanziale del presente Accordo di Programma

Articolo 2: obiettivi e oggetto dell'accordo

Il presente accordo di programma stabilisce i ruoli e le azioni ai quali i singoli sottoscrittori devono adempiere e la ripartizione dei relativi oneri.

E' confermata da parte dei soggetti partecipanti al presente Accordo di Programma la volontà di realizzare l'Opera a Mare nel Canale di Calma del Porto di Genova, per la posa in opera delle terre e rocce da scavo derivanti dalla realizzazione delle gallerie della Gronda.

L'Opera a Mare impegnerà una superficie racchiusa tra i seguenti punti in coordinate Gauss Boaga: A (coordinate E 1485845.422, N 4917990.049), B (coordinate E 1485802.295, N 4917833.793), C (coordinate E 1489169.152, N 4916903.563), D (coordinate E 1489295.203, N 4917039.747).

Articolo 3: Attività ed oneri a carico della società Autostrade per l'Italia S.p.A.

La società Autostrade per l'Italia SpA sviluppa con propri oneri ogni attività di progettazione predisponendo sia la documentazione relativa alla Gronda ed opere accessorie sia all'adeguamento tecnico funzionale del porto.

La progettazione delle opere a mare ed in particolare dell'ampliamento del sedime aeroportuale, nonché il piano realizzativo con le specifiche sia temporali che tecnico operative, dovrà essere sottoposto all'approvazione tecnica dell'ENAC.

Sulla base e per gli effetti del presente accordo la società Autostrade per l'Italia SpA assume il ruolo di proponente dell'opera a mare e provvederà a tutte le azioni necessarie per il raggiungimento della pronuncia di compatibilità ambientale.

Fa eccezione la presentazione della domanda al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che sarà eseguita in virtù ed ai sensi del presente accordo e della vigente normativa dall'Autorità Portuale di Genova a seguito della *"Richiesta di adozione della proposta di adeguamento tecnico-funzionale del Piano Regolatore Portuale di Genova"* presentata da ASPI all'Autorità Portuale stessa in data 05-05-11.

Autostrade per l'Italia S.p.A. potrà intervenire in tale procedura solamente per assicurare che i tempi di ottenimento dell'autorizzazione siano compatibili con il completamento dell'iter autorizzativo.

Provvederà inoltre, con proprie risorse finanziarie e senza gravare sugli altri soggetti firmatari del presente accordo, alla realizzazione dell'Opera a Mare nonché alle azioni di monitoraggio che saranno previste dal progetto, dallo studio di impatto ambientale e dalle eventuali prescrizioni degli enti.

Per quanto concerne le attività di gestione e manutenzione - sia dei sistemi di drenaggio e sollevamento delle acque che delle prevedibili necessità in ordine alle opere di protezione dalle erosioni marine del sito aeroportuale modificato- che verranno eseguite dal Gestore Aeroportuale in forza della Convezione stipulata da quest'ultimo con ENAC, gli oneri di queste ultime saranno a carico di ASPI e verranno quantificate con modalità da stabilirsi tramite specifico atto convenzionale **tra il predetto Gestore Aeroportuale ed ASPI, così come riportato nell'Allegato 1**. Si precisa che sono di esclusivo onere di ASPI le responsabilità per eventuali interruzioni dell'esercizio aeroportuale causate da eventi in qualche modo causati dalla realizzazione del nuovo rilevato.

In particolare per quanto concerne la progettazione e le fasi di esecuzione dei lavori ASPI si impegna a recepire da ENAC le specifiche tecniche di dettaglio necessarie per garantire:

- l'adozione dei requisiti di idoneità di cui al cap.3 del Regolamento ENAC per la costruzione ed esercizio degli Aeroporti, per la realizzazione dell'ampliamento della strip;
- le caratteristiche di portanza dell'area di ampliamento dell'attuale strip;
- la continuità operativa dell'aeroporto nella fase di cantierizzazione mediante l'adozione di mezzi operativi che implicino il minor sviluppo verticale su tutte le lavorazioni che interessino aree ad alta sensibilità operativa o che interferiscano con le superfici di limitazione ostacoli;
- il controllo delle fasi lavorative e di approvvigionamento materiali che prevedono l'utilizzo di mezzi di cantiere durante la realizzazione della piarda e di navigli in transito presso la testata strumentale 28 per la quale è presumibile il maggiore impatto sugli apparati radio assistenza attraverso l'elaborazione di uno studio di compatibilità elettromagnetica (EMC) che valuti l'impatto delle lavorazioni di cui al precedente punto;

- l'adozione di una procedura per la gestione del controllo degli ostacoli aeronautici costituiti dai mezzi di cantiere e congruente con i requisiti informativi di cui al Regolamento ENAC AIS;
- l'assunzione di tutti gli accorgimenti necessari che evitino la produzione di polveri che possano investire la pista di volo e/o lo spazio limitrofo alle testate della pista stessa;
- la non sussistenza di condizioni che possano risultare potenzialmente attrattive per l'avifauna mediante la redazione di uno specifico studio di impatto e previsione in fase realizzativa di specifici accorgimenti volti al controllo ed allontanamento della stessa in caso di necessità;
- l'elaborazione di adeguate procedure ed apprestamenti per necessari ad assicurare la security aeroportuale da concordare con la Direzione Aeroportuale (Comitato di sicurezza);

Ai fini della verifica strutturale e funzionale ed all'accettazione, in relazione ai requisiti di progetto, delle opere a mare destinate alla riconfigurazione del sedime aeroportuale, il collaudo, sia in corso d'opera che finale, e l'agibilità delle stesse dovrà essere eseguito dall'ENAC. Per il collaudo potrà essere prevista anche una commissione mista con la partecipazione di personale tecnico ENAC; le prestazioni verranno fatturate da ENAC ad ASPI .

Articolo 4: Attività ed oneri a carico di ENAC

L'Ente prende atto dell'opportunità di ampliamento del sedime aeroportuale e accetta tale modifica assicurando di prendere in carico il suolo che sarà realizzato dalla società Autostrade per l'Italia S.p.A., fatte salve le competenze circa gli oneri aggiuntivi stabilite nell'articolo precedente.

ENAC assume l'impegno di trasferire detto sedime alla società di Gestione Aeroportuale e, attraverso questa si impegna alla gestione, manutenzione e quanto necessario per la buona gestione dell'opera stessa fermi restando gli oneri a carico di ASPI stabiliti nell'articolo precedente. L'area realizzata verrà trasferita, con apposito atto secondo modalità temporali che andranno concordate tra l'Autorità Portuale ed ENAC ,, dal Demanio Marittimo dello Stato al Demanio Aeronautico.

Al fine di non modificare le condizioni di compatibilità ambientale dell'aeroporto, ENAC si impegna a non utilizzare il nuovo sedime per realizzare interventi che modificano la capacità dell'aeroporto ma solo per eventuale miglioramento dell'efficienza dei propri impianti sia in chiave tecnologica che energetica. In caso di interventi si impegna ad assumere ogni necessaria ulteriore autorizzazione tale comunque da non inficiare l'operazione della realizzazione della Gronda di Genova.

ENAC si impegna, qualora necessario, a supportare la società Autostrade per l'Italia S.p.A. nelle procedure che verranno svolte per l'acquisizione del parere di compatibilità ambientale.

Articolo 5: Attività ed oneri a carico dell'Autorità Portuale di Genova

L'Autorità Portuale di Genova conferma la destinazione attuale dell'area oggetto del presente accordo come Canale di Calma del Porto e conferma che la funzione di detta porzione, oggi specchio acqueo per il transito di imbarcazioni protetto dalla relativa diga foranea, sarà mantenuta nel tempo.

Conferma inoltre di non aver interesse a modificare detta funzione. In tale logica accetta una riduzione della dimensione trasversale del Canale di Calma e dichiara che la riduzione della sezione trasversale prevista dalla realizzazione di cui in oggetto non inficia la funzione attuale e prevista di tale parte del porto.

Si impegna inoltre a richiedere, nei tempi che saranno definiti da apposito atto allegato al presente accordo, il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per l'adeguamento tecnico funzionale del Canale di Calma del Porto di Genova.

L'Autorità Portuale di Genova si impegna, qualora necessario, a supportare Autostrade per l'Italia S.p.A. nelle procedure che verranno svolte per l'acquisizione del parere di compatibilità ambientale.

Articolo 7: Definizione del soggetto proponente della procedura di compatibilità ambientale

Sulla base del presente accordo il proponente delle procedure che verranno svolte per l'acquisizione del parere di compatibilità ambientale è la società Autostrade per l'Italia S.p.A..

Articolo 8: consenso

Tutti i soggetti firmatari condividono ed accettano per intero e senza riserva tutto quanto presente nel presente accordo ed in particolare quanto riportato dagli articoli da 1 a 8

Letto, confermato e sottoscritto con consenso unanime

Roma,

I soggetti firmatari

AUTOSTRADe per L'ITALIA S.p.A.

ENTE NAZIONALE per l'AVIAZIONE CIVILE (ENAC)

AUTORITA' PORTUALE di GENOVA

ANAS