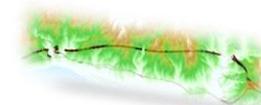


## L'OPERA A MARE

*Ing. Maurizio Mazzola  
Autostrade per l'Italia S.p.A.*

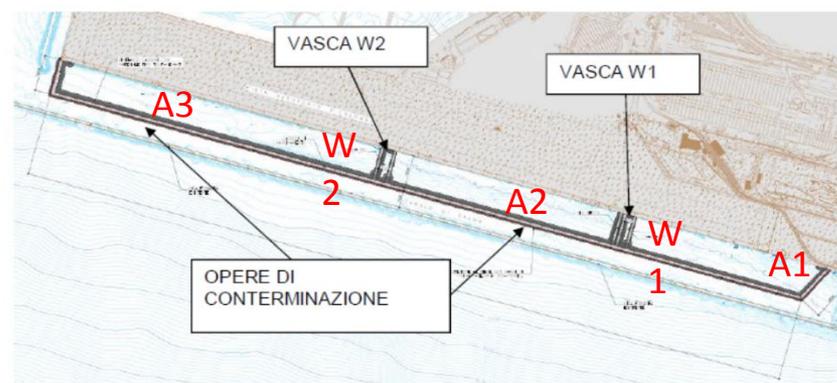


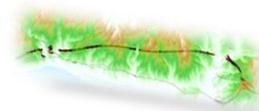
## INTRODUZIONE

L'Opera a Mare rientra nel complesso di opere propedeutiche all'adeguamento del nodo stradale e autostradale di Genova (sistema A7 – A10 – A12), meglio definito come "Gronda Di Ponente". Nello specifico l'Opera a Mare è costituita da una cassa di colmata che sarà realizzata all'interno del Porto di Genova, più precisamente nella porzione di specchio portuale identificato come "Canale di Calma", delimitato a nord dalla pista aeroportuale dell'Aeroporto di Genova e a sud dalla Diga Foranea.

L'opera presenta un marginamento esterno (opere di conterminazione), di lunghezza complessiva pari a 3847 m, che viene realizzato con la posa in opera di un allineamento di cassoni cellulari e massi di serraglia prefabbricati imbasati su uno scanno di pietrame selezionato. Gli argini propedeutici alla suddivisione interna della cassa di colmata sono cinque; presentano ciascuno lunghezza di 150 m e sono costituiti da allineamenti di cassoni cellulari e massi di serraglia prefabbricati, completati da porzioni di argine in tout venant.

L'Opera a Mare risulta così suddivisa in tre vasche principali (A1, A2, A3) e due vasche minori (W1 e W2).





L'opera viene suddivisa nei due lotti di seguito descritti:

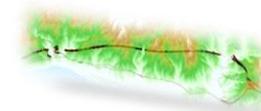
- Lotto 5: Opere di conterminazione e arginature della cassa di colmata;
- Lotto 1.B: Riempimento della cassa di colmata con il materiale di smarino proveniente dallo scavo delle gallerie della Gronda di Ponente e opere di sistemazione superficiale.

#### 1. Lotto 5:

- consolidamento del fondale, mediante vibroflottazione
- formazione dello scanno di imbasamento e successivo spianamento
- prefabbricazione fuori opera dei cassoni cellulari, trasporto in situ, affondamento dei cassoni cellulari per la formazione dell'opera di conterminazione e delle vasche di colmata inclusa sigillatura dei giunti con tubolari; incluso il riempimento dei cassoni con materiali provenienti da cava e/o scavi di galleria;
- prefabbricazione fuori opera di massi di serraglia e successivo trasporto e posa degli stessi a completamento della conterminazione e delle vasche di colmata;
- getto della sovrastruttura di prima fase con quota di coronamento ad uso pista di cantiere per le opere del presente Appalto e del lotto 1 delle opere a mare;
- realizzazione del cuneo di rinfiacco delle opere di conterminazione e vasche di colmata con materiali provenienti da cava e/o scavi di galleria
- impermeabilizzazione dell'opera di conterminazione e delle vasche W1 e W2, mediante teli in HDPE termosaldati e geotessuto, posati sul cuneo di rinfiacco e sui cassoni;
- realizzazione della scogliera lato mare dell'opera di conterminazione con massi da cava e posa degli stessi sul livellamento.

#### 2. Lotto 1.b:

- predisposizione delle attività di riempimento
- le lavorazioni sulla struttura dei cassoni per la posa di tubi e la realizzazione della soletta di copertura del Rio Secco;
- getto della sovrastruttura di seconda fase, fino alla quota di campagna finale di +1,75 l.m.m.; la realizzazione della soletta di copertura in c.a. dell'argine del Rio Secco;
- muro paraonde con quota di coronamento pari a +3,00 l.m.m.;
- riempimento della cassa di colmata e opere/lavorazioni connesse;
- le opere civili ed impiantistiche legate alla risoluzione delle interferenze e alla gestione delle acque di piattaforma della colmata;
- le opere civili ed impiantistiche legate alle sistemazioni esterne, inclusa la realizzazione dell'impianto di illuminazione definitivo della conterminazione.



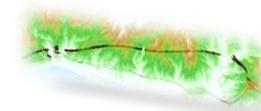
## LE CARATTERISTICHE DEL PROGETTO E I CRITERI PROGETTUALI ADOTTATI

### FUNZIONALITA' DELL'OPERA E BILANCIO COMPLESSIVO

- ✓ **Contenimento del materiale di smarino delle gallerie per complessivi 8.300.000 mc, ripartiti come segue:**
  - Volumi di materiale con quantitativo di amianto inferiore alla normativa di riferimento (1g/kg) pari a 4.900.000 mc
  - Volumi di materiale senza amianto pari a 3.400.000 mc;
- ✓ **Necessità di realizzare più vasche per la movimentazione del materiale non amiantifero da posizionare sopra quello con contenuto di amianto sotto soglia**

### CRITERI STATICO-FUNZIONALI

- ✓ **Adeguamento della Runway strip dell'Aeroporto di Genova (fascia di rispetto laterale alla pista aeroportuale) alle prescrizioni dell'Annesso 14 ICAO.** L'Aeroporto di Genova è operativo sulla base della certificazione rilasciata da ENAC che contiene, tra le altre, una "non conformità" dovuta alla ridotta dimensione della Runway strip (ai sensi del Regolamento ENAC la strip si dovrebbe estendere 150 m per lato dall'asse pista, mentre a Genova l'attuale runway strip presenta una lunghezza pari a 105 m. Con la realizzazione dell'opera a progetto si otterranno i 45 m necessari per il completamento della runway strip lato mare.
- ✓ **Protezione dell'infrastruttura aeroportuale da eventi meteo-marini significativi.** Attualmente, in occasione di determinati eventi meteo-marini, le onde tracimanti la diga foranea esistente interessano direttamente la pista aeroportuale, causando l'interruzione del servizio ed arrecando danni alle strutture esistenti. La realizzazione di una nuova banchina dotata di muro paraonde e l'aumento della distanza tra lo specchio acqueo e la pista aeroportuale assolve l'obiettivo di garantire una maggiore protezione.

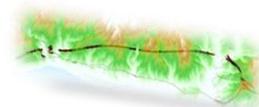


### CRITERI MARITTIMI

- ✓ **Periodo di ritorno dell'onda di progetto di 200 anni**, definito in conformità alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), in funzione delle seguenti assunzioni:
  - livello di sicurezza 2, riferito 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;
  - **vita tecnica associabile all'opera** pari a 50 anni, incrementata cautelativamente a **100 anni** su raccomandazione delle Autorità dell'Aeroporto di Genova;
  - probabilità di occorrenza delle condizioni meteomarine di progetto corrispondenti al danneggiamento incipiente, livello al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione;
  - rischio per la vita umana limitato (a seguito del danneggiamento non è prevista alcuna perdita di vite umane);
  - ripercussione economica (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) medio-bassa;
  - **massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera** assunta pari a **0,4**.

### CRITERI AMBIENTALI

- ✓ **Riduzione di ogni rischio di rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente marino esterno al sito di progetto tramite:**
  - realizzazione di una struttura di contenimento della colmata in grado di garantire una costante di permeabilità non superiore a 10<sup>-9</sup> m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa;
- ✓ **Riduzione di ogni rischio di risospensione e rilascio verso l'esterno dei sedimenti presenti nel canale di calma** (che presentano concentrazioni significative di alcuni analiti), tramite il confinamento, con l'uso di panne galleggianti, delle aree durante tutte le fasi di realizzazione della colmata che comportano uno sversamento dei materiali.



## CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ

### FASE DI GARA E ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE

#### Fase propedeutica - 13 mesi

Una volta ottenuta l'autorizzazione del Progetto Esecutivo da parte del MIT, di avviare le attività propedeutiche relative a:

- ✓ **esproprio** delle aree necessarie per i lavori;
- ✓ affidamento a impresa specializzata ed esecuzione dell'attività di **bonifica delle aree da ordigni bellici**;
- ✓ affidamento a impresa specializzata ed esecuzione dell'attività di verifica archeologica preventiva.

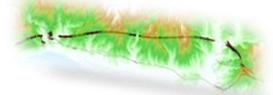
### CANTIERIZZAZIONE E FASE LAVORI

#### Fase di cantierizzazione e fase lavori - 53 mesi

Dalla consegna dei lavori si prevedono 3 mesi per l'apprestamento dei cantieri e 50 mesi di realizzazione delle opere.

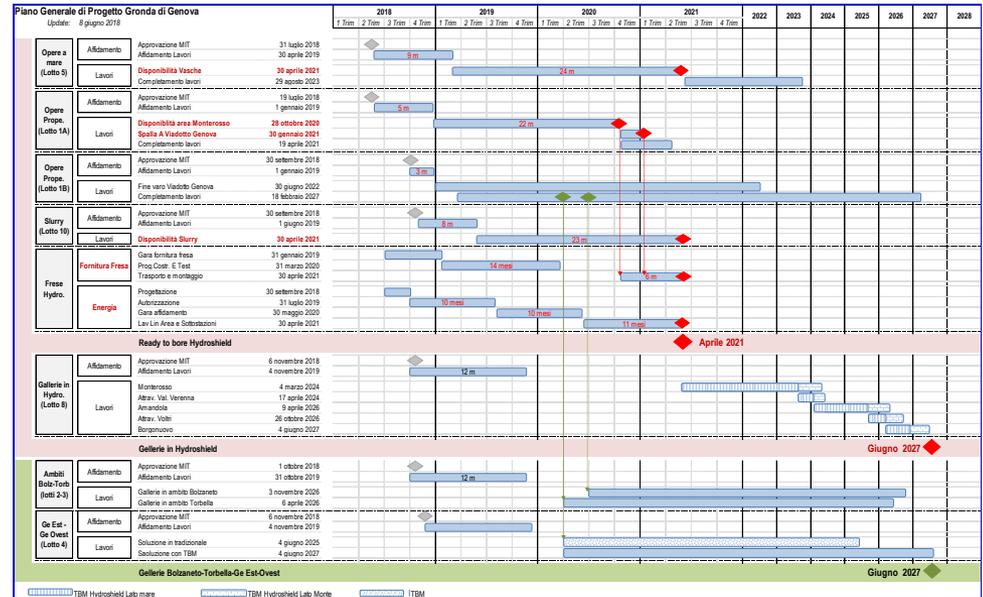
L'intervento è suddiviso in 9 scenari sequenziali:

- ✓ SCENARIO 1 (dal 4° al 10° mese) - Consolidamento fondale vasche A1, A2, A3, W1 e W2 e scanno di imbasamento vasche A1, A2, W1 e W2
- ✓ SCENARIO 2 (dall'11° al 18° mese) - Posa cassoni e massi di serraglia vasche A1, A2, W1 e W2 e scanno di imbasamento vasca A3
- ✓ SCENARIO 3 (dal 19° al 21° mese) - Posa cassoni e massi di serraglia vasche A1 e A2
- ✓ SCENARIO 4 (dal 22° al 23° mese) - Muro Paraonde vasche A1 e A2, posa cassoni vasca A3
- ✓ SCENARIO 5 (dal 24° al 30° mese) - Rinfiacco ed impermeabilizzazione vasche A1 e A2, posa cassoni vasca A3
- ✓ SCENARIO 6 (dal 31° al 35° mese) - Posa cassoni e massi di serraglia vasca A3
- ✓ SCENARIO 7 (dal 36° al 38° mese) - Muro paraonde vasca A3
- ✓ SCENARIO 8 (dal 39° al 50° mese) - Rinfiacco ed impermeabilizzazione vasca A3
- ✓ SCENARIO 9 (dal 50° al 53° mese) - Scogliera



MILESTONES TEMPORALI

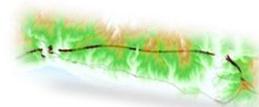
CODICE	MILESTONE PRIMO LIVELLO	GIORNI DALL'INIZIO DEI LAVORI
1	COMPLETAMENTO DELLA VASCA A1 COMPRENSIVO DI TUTTE LE ATTIVITA' COME DA ELABORATI DI P.E. (conterminazione - argine W1, rinfianco interno, impermeabilizzazione, getto soletta 1° fase)	837
2	COMPLETAMENTO DELLA VASCA A2 COMPRENSIVO DI TUTTE LE ATTIVITA' COME DA ELABORATI DI P.E. (conterminazione - argine W2, rinfianco interno, impermeabilizzazione, getto soletta 1° fase)	942
3	TERMINE ULTIMO DI TUTTI I LAVORI	1.611
CODICE	MILESTONE SECONDO LIVELLO	GIORNI DALL'INIZIO DEI LAVORI
5	DISPONIBILITA' DEI BACINI DI PRODUZIONE	60
6	AVVIO DELLA PREFABBRICAZIONE DEI CASSONI	280
7	AFFONDAMENTO DEI PRIMI 6 CASSONI	345
8	RIEMPIMENTO DEL PRIMO CASSONE (SPALLA VIADOTTO ILVA)	392
9	MESSA IN GALLEGGIAMENTO DI TUTTI I CASSONI DELLE OPERE W1 E W2 E LATO EST DELLA CONTERMINAZIONE	500
10	RIEMPIMENTO DEI PRIMI 66 CASSONI	512
11	PRIMO 10% (IN VOLUME DI TERRENO TRATTATO) DI VIBROFLOTTAZIONE REALIZZATO	121
12	PRIMI 700 m DI SCANO FINITO DELLA CONTERMINAZIONE	229
13	IL RICOPRIMENTO DI 1.000 ML DI RINFIANCO CON HDPE	782
14	COMPLETAMENTO DELLA SOLETTA	698



	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_10	m_11	m_12	m_13	m_14	m_15	m_16	m_17	m_18	m_19	m_20	m_21	m_22	m_23	m_24	m_25
N. cassoni (parziale)	6	11	12	9	6	12	14	8	11	10	9	7	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	2	2
N. cassoni (progressivo)	6	17	29	38	44	56	70	78	89	99	108	115	119	124	128	132	137	141	145	149	154	158	162	164	166

Estratto Programma Lavori Progetto Esecutivo

Il tempo utile per ultimare tutti i Lavori oggetto del Contratto è pari a complessivi 1.611 giorni naturali e consecutivi. Nel calcolo del tempo contrattuale si è tenuto conto di 20 giorni naturali e consecutivi per ferie e festività, 52 giorni naturali e consecutivi per le domeniche, 20 giorni naturali e non consecutivi ogni anno per le condizioni climatiche avverse. Il programma dei lavori di P.E. riporta alcune milestones contrattuali riferite al completamento o all'avvio di specifiche attività come specificato nella tabella di cui sopra distinte le milestones di primo livello (non recuperabili) e di secondo livello (recuperabili).



## INTERFERENZE

### 1. OFZ: Obstacle free zone

La OFZ rappresenta l'area di ingombro del cono di atterraggio dell'aeroporto, all'interno del quale non è possibile operare tranne durante il c.d. TNR ovvero il Turno Notturno Ridotto derivante dall'operatività che è così definito:

- Durata ridotta:  $\leq 4$  ore (dalle 2.00 alle 6.00);
- Effettività: 365 g/anno;
- Nessuna deroga.

### 2. BRA

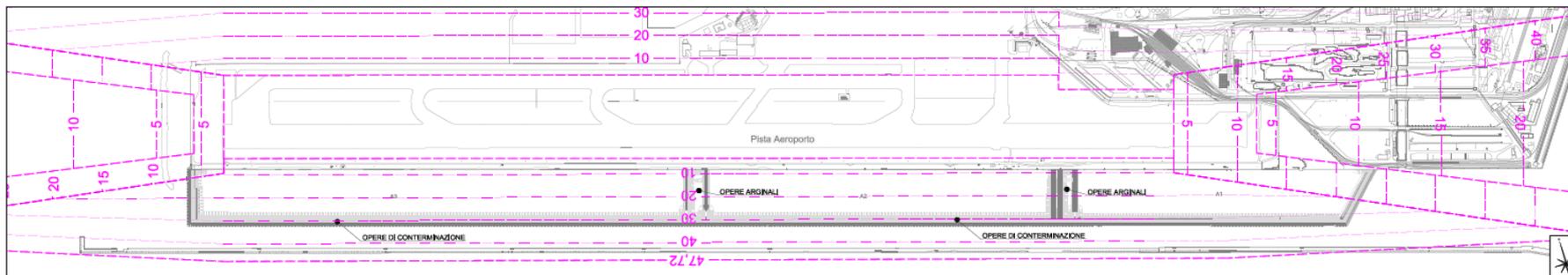
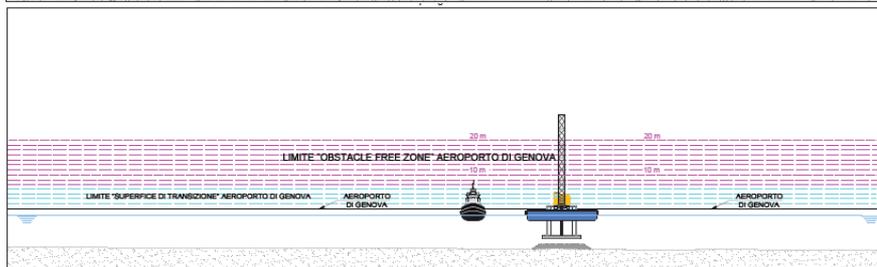
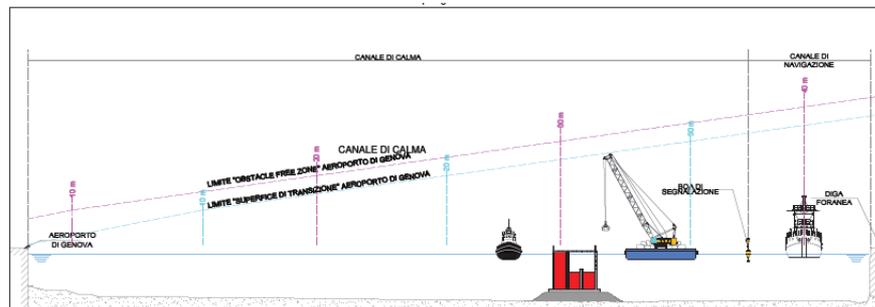
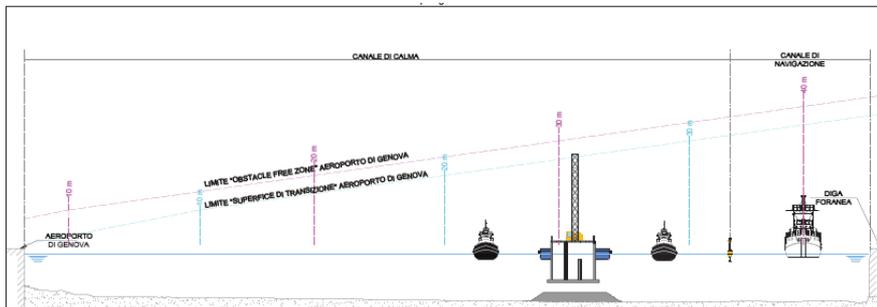
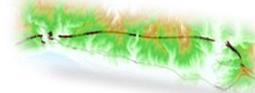
La vicinanza del cantiere all'aeroporto in esercizio comporta, oltre al vincolo OFZ, anche la necessità di controllo delle interferenze elettromagnetiche.

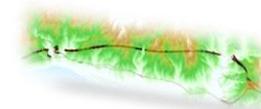
Con riferimento all'elaborato di P.E. GEN0013 che definisce posizione e caratteristiche delle antenne (denominate BRA) che servono all'individuazione del cono di interferenza elettromagnetica con l'aeroporto, e nello studio delle interferenze dei mezzi tipologici previsti nel P.E., l'Appaltatore dovrà verificare che tutti i propri mezzi rispettino il vincolo imposto così come rappresentato nell'elaborato relativo GEN0010.

Nel caso in cui l'Appaltatore decidesse di impiegare mezzi differenti da quelli previsti nel P.E., dovrà presentare uno studio delle interferenze provocate dai mezzi, che sarà da produrre a cura e spese dell'Appaltatore.

### 3. Canale di Navigazione

Relativamente all'interferenza con la navigazione si prevede il restringimento della larghezza del canale di navigazione a 40 m in un tratto operativo lungo complessivamente circa 300 m: lunghezza area operativa circa 100 m, franchi a Est e Ovest 100+100 m, salvo diverse indicazioni da parte degli Enti competenti, così come meglio specificato negli elaborati progettuali.

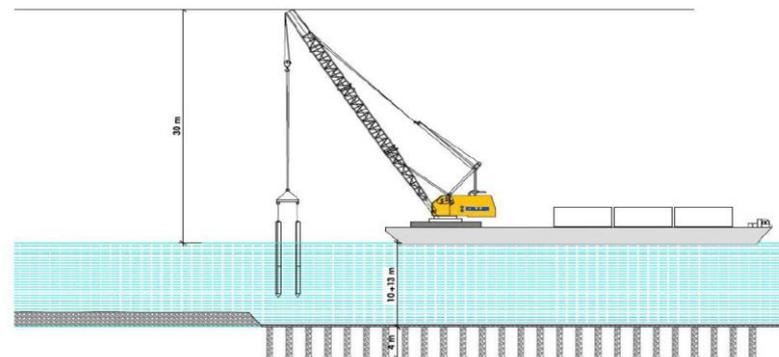




## ATTIVITA' PRINCIPALI

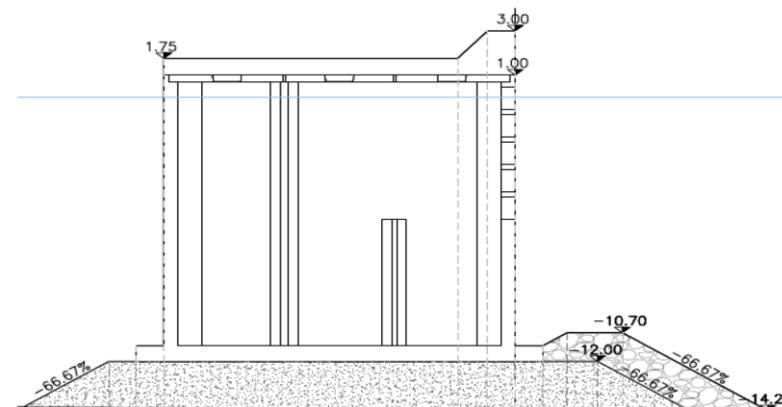
### 1. CONSOLIDAMENTO DEL FONDALE MEDIANTE VIBROFLOTTAZIONE

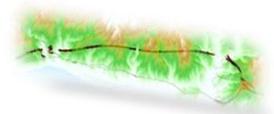
- ✓ Al fine di ridurre l'entità dei cedimenti, dovuti principalmente alla presenza dell'unità geotecnica A più superficiale, è stato previsto un intervento di miglioramento dei primi 4 m di terreno naturale sotto i cassoni ed esternamente ad essi per una larghezza di circa 4 m), con maglia di trattamento pari a 2.0 m x 2.0 m e con diametro delle colonne minime a termine trattamento di 800 mm. A seguito del trattamento di vibroflottazione i cedimenti massimi si attestano su valori intorno a 15-20 cm, e comunque entro i 30 cm considerata la fase di consolidazione.



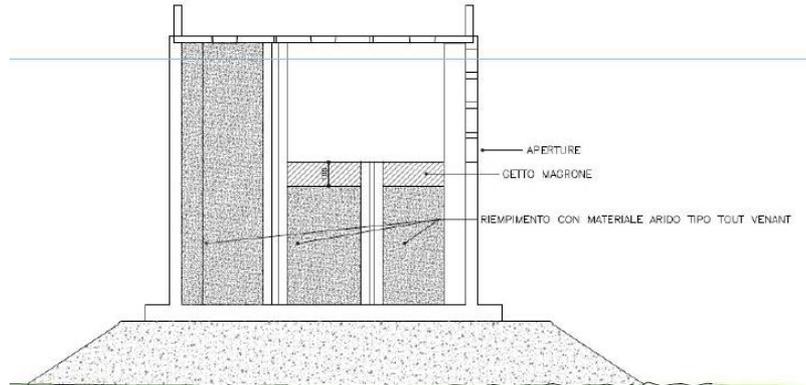
### 2. POSA SCANNO DI IMBASAMENTO, SCGLIERA DI PROTEZIONE E CASSONI CELLULARI

- ✓ I cassoni e i massi di serraglia dell'opera di conterminazione poggiano su uno scanno di imbasamento, di larghezza di progetto maggiore rispetto all'impronta del cassone alla base, di 2.0 m lato mare e di 1.0 m lato terra, per una larghezza totale di 17.8 m (cassone a tre celle) e di 21.8 m (cassone a quattro celle). L'inclinazione delle scarpate è 2:3. Lungo il lato mare è presente inoltre una scogliera a protezione del piede dello scanno di imbasamento, avente estensione in sommità pari a 2 m ed uno spessore pari a 1.3 m

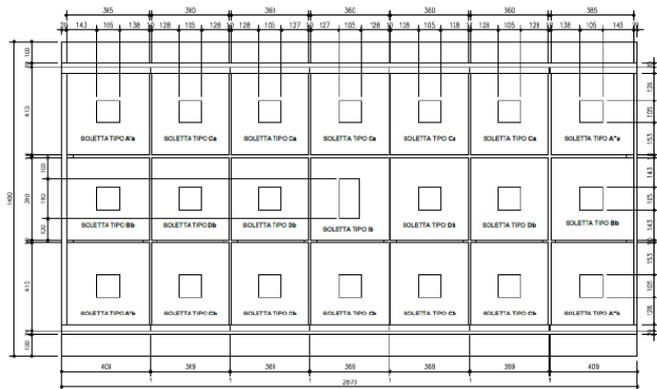




**3. PREFABBRICAZIONE  
CASSONI CELLULARI:  
Dimensioni e  
caratteristiche**



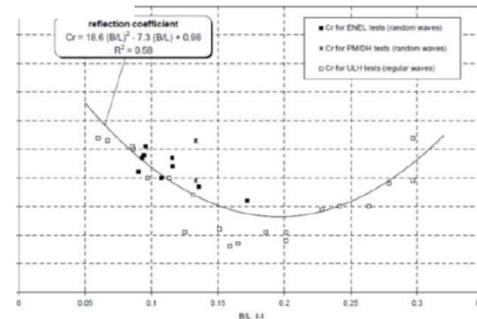
Il coefficiente di riflessione della nuova opera di conterminazione è pari a 0.5 e rispetta le prescrizioni dell'Autorità Portuale di Genova sulla base delle simulazioni nautiche condotte in fase di progettazione definitiva.



Tipologia cassone [-]	Altezza cassone [m]	Lunghezza cassone [m]	n° celle [-]	n° cassoni [-]	Note [-]
A	13.0	26.7	3	11	
A1	13.0	26.7	4	1	
A2	13.0	26.7	4	1	Ala lato terra ridotta
A3	13.0	21.8	3	1	
B	12.0	26.7	3	54	
B1	12.0	26.7	4	2	
C	11.0	26.7	3	50	
D	9.5	26.7	3	15	
E	8.5	26.7	3	6	
E1	8.5	21.8	3	1	

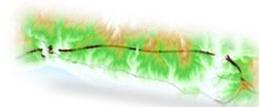
Cassone	H cassone	Lunghezza	N. celle	N. cassoni
-	m	m	-	-
F	11	19.3	2	2
I	9.5	26.7	2	4
L	11	26.7	2	2

Cassone	H cassone	Lunghezza	N. celle	N. cassoni
-	m	m	-	-
G	8.5	26.7	2	2
H	7.5	19.5	2	4
I	9.5	26.7	2	2
L	11	26.7	2	2
M	9.5	16	2	2
N	9.5	26.7	2	4



- il coefficiente di riflessione varia al variare del rapporto B/L.

- I cassoni forati consentono la riduzione della riflessione del moto ondoso agente sulla parete verticale della struttura e mediante camere interne che assorbono l'energia dell'onda attraverso vari meccanismi idrodinamici



3.1 Sistemi di prefabbricazione



**I. BACINO GALLEGGIANTE**

I sistemi maggiormente diffusi per la costruzioni di cassoni cellulari prevedono l'utilizzo di bacini galleggianti o di arre a terra per la prefabbricazione a secco in tura o su impianto syncrolift. Nel progetto della Gronda , in virtù delle caratteristiche del porto di Genova le soluzioni maggiormente attese sono le prime due



**II. SISTEMA SYNCROLIFT**



**III. IN BACINO DI CARENAGGIO O TURA**

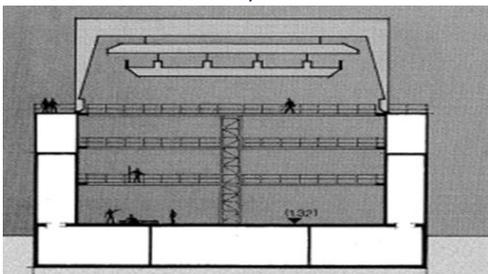


3.2.  
Procedimento  
di costruzione



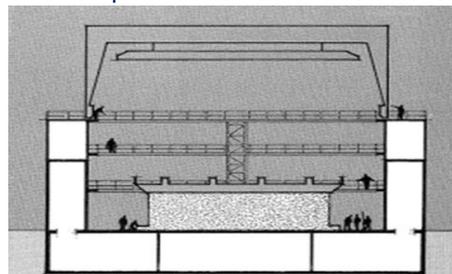
I. Armatura e getto solettone

- Assemblaggio della cassaforma sulla base del bacino (forma leggermente conica 1% per facilitare lo scorrimento);
- Sollevamento cassaforma e posizionamento cassero perimetrale solettone di base;
- Messa in opera del ferro di armatura
- Getto del solettone;



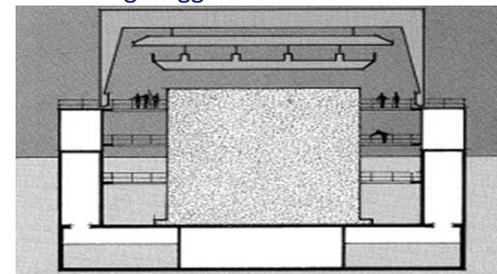
II. Calo cassero e getto 1° elevazione

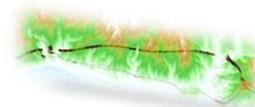
- Posizionamento cassaforma sul solettone e getto calcestruzzo in strati di 25-30 cm
- Alternanza di posa ferro e getto di calcestruzzo
- La cassaforma è dotata di martinetti idraulici che si arrampicano su aste metalliche



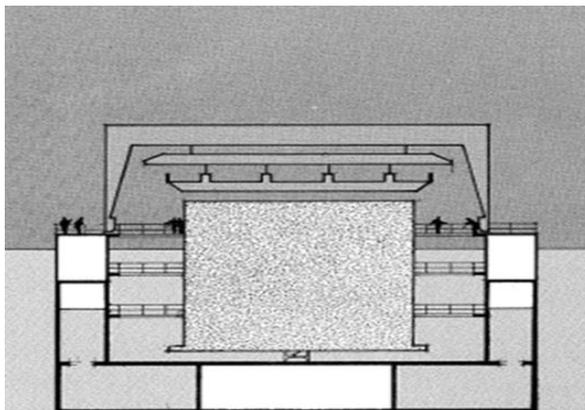
Ultimazione getto e preparazione al varo

- Ultimato il getto del fusto, il cassero viene sfilato dal cassone appeso sotto il telaio o i carroponti del bacino
- In questa fase si provvede alla pulizia della cassaforma prima di partire con il getto di un nuovo cassone
- Il bacino viene fatto affondare fino alla messa in galleggiamento del cassone





3.3 Varo e Trasporto



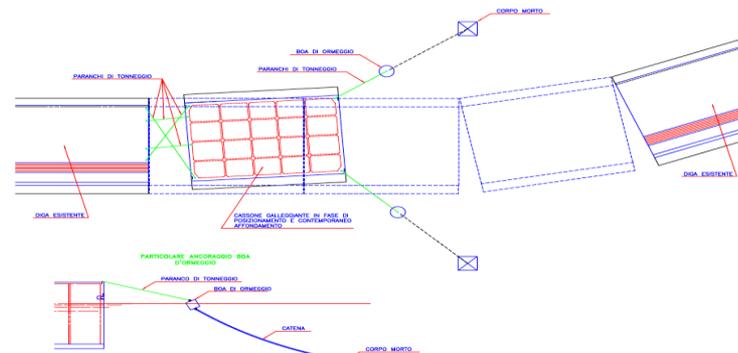
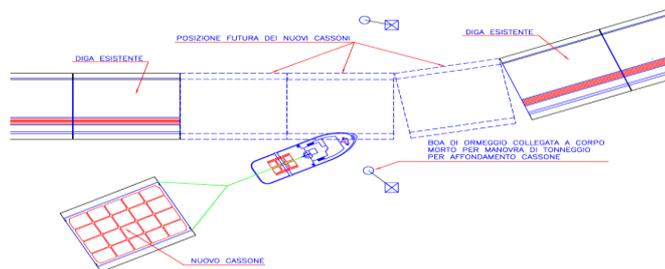
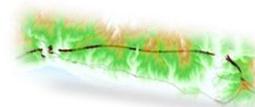
*I. Messa in galleggiamento del cassone*



*II. Varo del cassone*



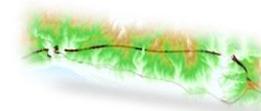
*III. Trasporto del cassone*



Alla posa i giunti verticali tra i cassoni non dovranno essere superiori ai 10 cm. I cassoni inoltre dovranno risultare perfettamente allineati. Sulla parete verso il mare non sarà ammessa, comunque, una tolleranza eccedente cm 10 in più o in meno rispetto al piano verticale previsto

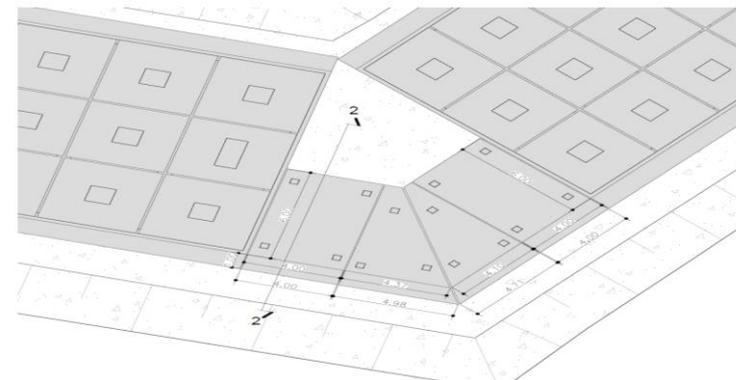
### 3.4 Affondamento e riempimento





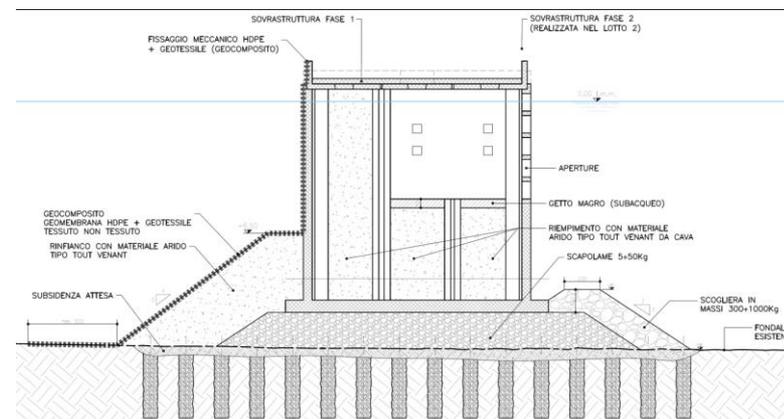
### POSA MASSI DI SERRAGLIA

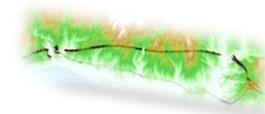
- ✓ In tre punti specifici della conterminazione (Zona ovest, Zona sud-est e Zona est), caratterizzati dalla presenza di angoli non retti o da spazi molto limitati, si prevede l'utilizzo di massi di serraglia. I massi sono prefabbricati a piè d'opera e hanno forme di parallelepipedo, laddove possibile, con larghezza standard di 2.0 m e altezze standard di 1.5 m oppure 2.0 m. Quando necessario i massi sono risagomati con forme ad hoc per essere inseriti negli spazi previsti dal progetto.



### REALIZZAZIONE RINFIANCO ED IMPERMEABILIZZAZIONE

- ✓ Successivamente alla messa in opera dei cassoni cellulari e dei massi di serraglia si provvede alla costruzione del rinfianco, che ha il duplice beneficio di creare una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni e di gestire il cuneo di spinta che il materiale di riempimento genera a tergo delle opere.
- ✓ Successivamente alla posa del rinfianco si provvede alla stesa del geocomposito costituito sia da geomembrana HDPE e di geotessile tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare l'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di  $10^{-9}$  m/sec) e si estende sul fondale per 5 metri a partire dal piede del rinfianco.





## UNO SGUARDO AL LOTTO 1.B E ALLE FASI SUCCESSIVE DEL LAVORO

Come detto, al netto degli altri rimpieghi resta da ubicare all'interno della colmata un volume totale di materiale di smarino pari a circa 8.367.342,00 m3 di cui:

- 3.393.816,0 m3 di materiale non contenente amianto;
- 4.973.526,0 m3 di materiale con contenuto di amianto inferiore ai limiti posti dal D.Lgs. 152/06.

Il riempimento della conterminazione avverrà:

- per il materiale con possibile contenuto di amianto, proveniente da scavo meccanizzato, tramite l'opera di scarico dello slurrydotto nella colmata (diffusore).
- per il materiale non contenente amianto, proveniente da scavo tradizionale, tramite trasporto via terra e successiva movimentazione fra le vasche di colmata tramite nastro trasportatore o mezzo terrestre.

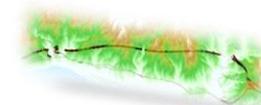
## LE CARATTERISTICHE DEL PROGETTO E I CRITERI PROGETTUALI ADOTTATI

I principali criteri adottati sono stati:

- realizzare la struttura di contenimento della colmata in modo da garantire una costante di permeabilità non superiore a  $10^{-9}$  m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa;
- 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.

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:

- 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.

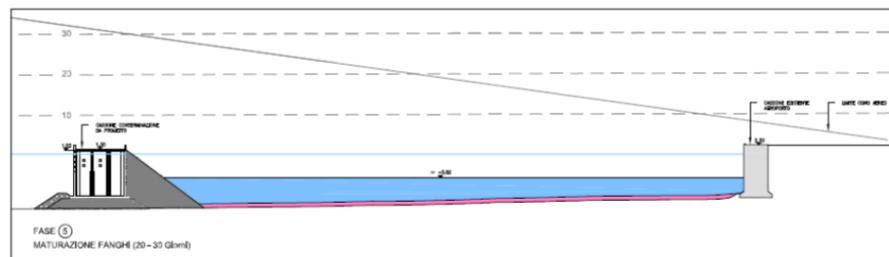
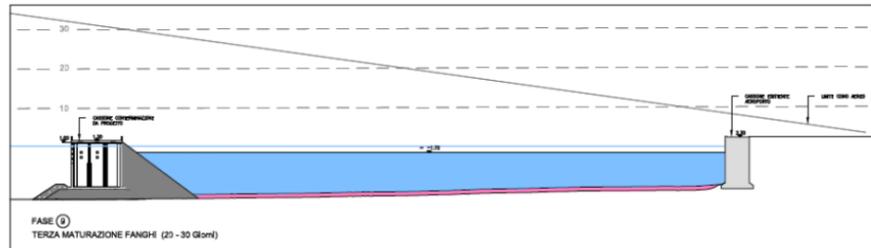
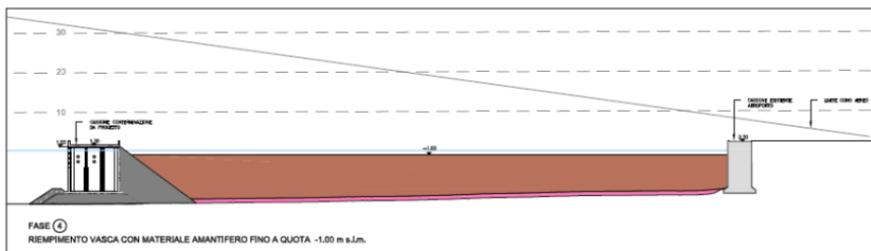


## METODOLOGIA DI RIEMPIMENTO

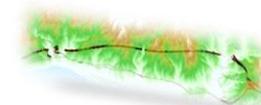
Il progetto che il materiale venga distribuito all'interno delle vasche mediante un dispersore appositamente progettato.

La posa avverrà tramite l'esecuzione di vari compartimenti all'interno dello specchio acqueo Sede del futuro riempimento.

La modalità di posa del fango è di tipo idraulico: il materiale di escavo, ridotto in forma di fanghi mediante un processo di aggiunta di acqua fino al raggiungimento delle condizioni di saturazione, viene pompato nei vari compartimenti in mare, il più vicino possibile al fondo, utilizzando un diffusore verticalmente regolabile; è prevista quindi una prima fase in cui verrà eseguita una successione di riempimenti e di rabbocchi a seguito della contrazione del materiale per sola sedimentazione.



il valore dell'indice di rigonfiamento IR, però è superiore all'indice di contrazione IC del materiale a valle della successione delle fasi di lavorazione, nell'ipotesi di maturazione naturale per effetti gravitazionali; numericamente, infatti, si ha un valore dell'indice di rigonfiamento, IR, compreso tra 1.89 e 2.20 ed un indice di contrazione, IC, pari a 1.52 (che è pressoché costante in tutte le fasi precedentemente analizzate).

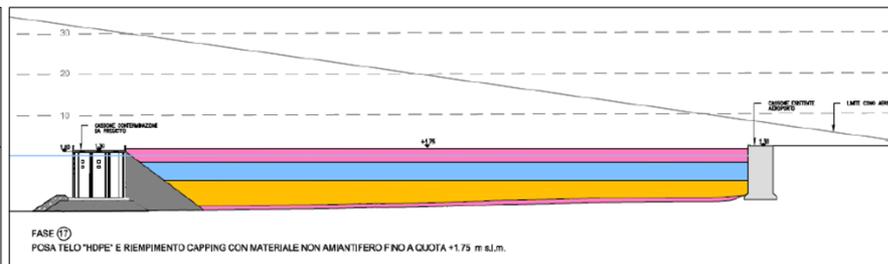
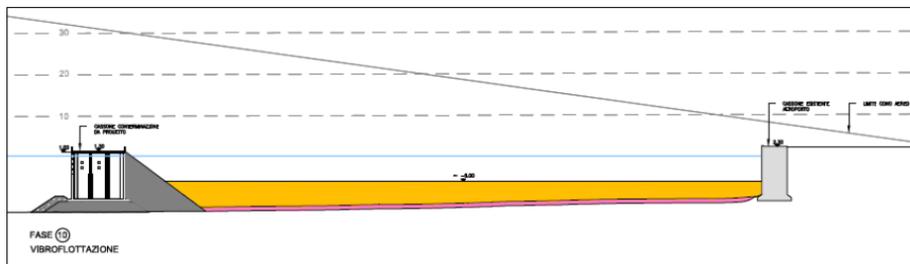
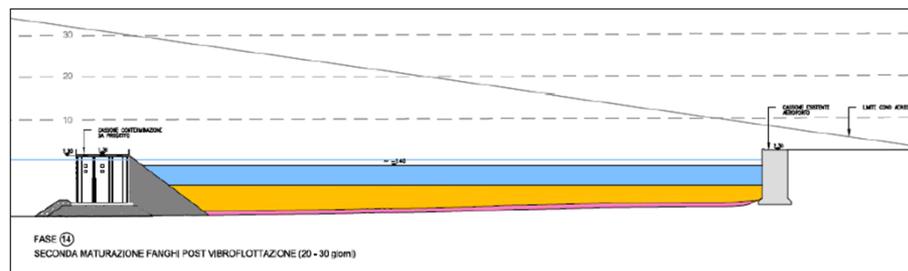
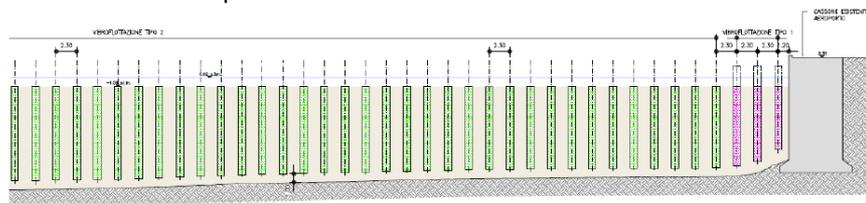


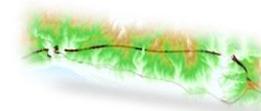
In condizioni di maturazione per il solo effetto dei carichi gravitazionali, senza accelerazione alcuna quindi, la vasca non raggiunge completamente la capacità necessaria per ospitare tutto il fango atteso.

E' stato pertanto necessario progettare un sistema di accelerazione dei cedimenti tale da consentire un incremento dello stato di addensamento del materiale depositato (od una riduzione dell'indice dei vuoti) fino ad ottenere un valore dell'indice di contrazione prossimo a quello dell'indice di rigonfiamento.

Tra le tecniche attualmente disponibili per incrementare lo stato di addensamento di un materiale (e quindi ridurre il suo indice dei vuoti) la tecnica di densificazione più opportuna per il riempimento in oggetto è rappresentata dalla vibroflottazione senza apporto di materiale.

incrementare la capacità della vasca.





Una volta scontati tutti i cedimenti, sopra la quota -1 s.l.m.m. è prevista la realizzazione del riempimento di sotto capping per tutte le vasche fino a quota variabile tra - 0.40 m s.l.m. e +0.30 m s.l.m.;

- Messa in opera del sistema di drenaggio e del sistema di impermeabilizzazione mediante teli HDPE; con la realizzazione della colmata di progetto risulta necessario prevedere un adeguato sistema di drenaggio delle acque di consolidazione; esso è costituito da una rete di tubazioni microfessurate in PEAD che convogliano le acque ad una serie di pozzetti di sollevamento equipaggiati con elettropompe sommerse e da una rete in pressione in grado di ricevere i vari contributi e di convogliarli al punto di recapito finale, ubicato nell'estremo est della colmata, su sedime aeroportuale.
- Realizzazione del riempimento sopra capping fino a quota +1.75 m s.l.m.;
- Deposizione di duna provvisoria per far scontare i cedimenti ai fanghi sottostanti prima della sistemazione finale;
- Risagomatura della duna nella configurazione di progetto previa esecuzione del sistema di drenaggio superficiale, mediante scavi localizzati da eseguire sempre sopra la quota del capping.
- Esecuzione delle finiture (pavimentazione stradale e copertura di 15 cm con terreno vegetale).

