

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CUP C39B18000060006

CIG 7690329440

RIF. PERIZIA

**P.3062**

TITOLO PROGETTO

### NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO SAMPIERDARENA

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA GENERALE**

ELABORATO N°:

MI046R-PF-D-Z-R-003-04

NOME FILE:

MI046R-PF-D-Z-R-003-04.docx

DATA	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
12/11/2021	A.Cappelletti	P.Smorgon	A.Lizzadro
REVISIONE	N°	DATA	DESCRIZIONE
	00	30/4/2021	EMISSIONE PER APPROVAZIONE
	01	4/6/2021	REVISIONE A SEGUITO VERIFICA RINA CHECK
	02	17/6/2021	REVISIONE A SEGUITO CONTRADDITTORIO CON RINA CHECK
	03	7/9/2021	REVISIONE A SEGUITO REDAZIONE SIA
04	12/11/2021	REVISIONE A SEGUITO RECEPIMENTO PARERE CSLLPP	

PROGETTISTI	PROGETTAZIONE
Mandataria:  Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche Dott. Ing. Antonio Lizzadro       <b>STUDIO BALLERINI</b> <b>INGEGNERI ASSOCIATI</b>  <b>ALBERTO ALBERT</b> <b>INGEGNERE</b>	  Dott. Ing. Antonio Lizzadro

D.E.C.	VERIFICATO	VALIDATO R.U.P.	IL RESP. DELL'ATTUAZIONE
Ing. Francesca Arena	RINA CHECK	Ing. Marco Vaccari	Dott. Umberto Benezzoli
.....	.....	.....	.....



## **AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR LIGURE OCCIDENTALE**

### **REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO DI SAMPIERDARENA**

#### **PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

#### **Relazione tecnica generale**

**INDICE**

1.	PREMESSA	11
2.	LE INDAGINI DI CAMPO	13
2.1.	Indagini geofisiche (batimetrie, SSS, ecc.)	13
2.2.	Indagini geotecniche con nave DP2	14
2.3.	Prove di laboratorio a terra	16
2.4.	Verifica interferenze con punti di indagine	17
3.	LE BATIMETRIE NELLA RADA DEL PORTO E LA DIGA ESISTENTE	19
3.1.	Il porto di Genova - brevi cenni storici	19
3.2.	I fondali sul lato mare della diga esistente	28
3.3.	Le caratteristiche della diga esistente	30
3.3.1.	Tratto C-C' a ponente	32
3.3.2.	Tratto C'-D	33
3.3.3.	Tratto D-E	34
3.3.4.	Tratto E-F	36
3.3.5.	Tratto F-G	37
3.3.6.	Tratto G-H	38
4.	LE CONDIZIONI GEOLOGICO-GEOTECNICHE E SISMICHE	40
4.1.	Geologia del sito	40
4.2.	Le caratteristiche geotecniche	42
4.3.	Le caratteristiche sismiche	43
4.4.	Potenziale di liquefazione	43
5.	LE CONDIZIONI METEOMARINE	44
5.1.	Livelli del mare	44
5.2.	Condizioni anemometriche	45
5.3.	Le condizioni di moto ondoso al largo	49
5.4.	Le condizioni di moto ondoso alla diga foranea	53
5.5.	Correnti	58
5.6.	Cambiamenti climatici	61
6.	LA SOLUZIONE D'INTERVENTO	62
6.1.	Descrizione della soluzione	62
6.2.	Le fasi di costruzione	63
7.	IL MODELLO FISICO DELLA NUOVA DIGA	66
7.1.	Il nuovo scopo del lavoro rispetto a quanto previsto in contratto	66
7.2.	Gli obiettivi del modello fisico	66
7.3.	Lo studio su modello fisico 2D	67
7.3.1.	Descrizione del modello e programma di prove	67
7.4.	I risultati ottenuti	70
7.4.1.	La traccimazione dell'opera	70
7.4.2.	I carichi indotti dal moto ondoso sul cassone	71
7.4.3.	La stabilità dei massi naturali al piede e del masso guardiano	75
7.5.	Confronto tra carichi misurati su modello fisico e carichi stimati con formule di letteratura	76
8.	LA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DELLA NUOVA DIGA	79

**Relazione tecnica generale**

Rev.04	Data: Novembre 2021	El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04
8.1.	Generalità	79
8.2.	Criteri di progetto	80
8.2.1.	Vita tecnica dell'opera	80
8.2.2.	Tracimazione dell'opera	81
8.2.3.	Stabilità dei cassoni allo scorrimento e al ribaltamento	82
8.2.4.	Stabilità delle opere in scogliera e degli elementi dello scanno	83
8.2.5.	Verifiche geotecniche di capacità portante e stabilità globale	84
8.3.	Le sezioni tipo	85
8.3.1.	Fase a) di costruzione	85
8.3.2.	Fase b) di costruzione	89
9.	DEMOLIZIONI DELLA DIGA ESISTENTE E RIUSO DEI MATERIALI	92
9.1.	Inquadramento delle opere da demolire	92
9.2.	Tipologia e volumi dei materiali da rimuovere	95
9.3.	Modalità di salpamento del pietrame e dei massi naturali e artificiali	96
9.4.	Modalità di demolizione delle strutture in calcestruzzo	98
9.4.1.	Caratteristiche del sistema di demolizione con esplosivo depotenziato	99
9.5.	Riuso del materiale demolito e salpato: modalità e fasistica realizzativa	101
9.5.1.	Riuso dei materiali di demolizione in fase a)	102
9.5.2.	Riuso dei materiali di demolizione in fase b)	107
10.	PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE	112
10.1.	Fonti di approvvigionamento dei materiali	112
10.1.1.	Cave di prestito per la formazione degli scanni d'imbasamento	113
10.1.2.	Materiale proveniente da interventi di dragaggio nell'ambito portuale	116
10.2.	Materiali di risulta	117
10.3.	Caratterizzazione dei materiali di risulta	118
10.4.	Impianto mobile per il trattamento dei rifiuti solidi non pericolosi	119
10.5.	Siti di conferimento dei materiali di risulta	120
11.	INTERFERENZE	125
11.1.	Interferenze con l'aeroporto di Genova Sestri	125
11.1.1.	Identificazione dei vincoli aeroportuali	125
11.1.2.	Criteri di progetto adottati in relazione ai vincoli aeroportuali	129
11.2.	Interferenze con condotte a mare	135
11.2.1.	Condotte interferenti con le opere della nuova diga foranea	135
11.2.2.	Proposte di risoluzione delle interferenze	141
11.3.	Costi per la risoluzione delle interferenze	145
12.	SEGNALAMENTI LUMINOSI SULLA DIGA DI AUSILIO ALLA NAVIGAZIONE	146
12.1.	Premessa	146
12.2.	Descrizione dei segnalamenti per la navigazione	146
13.	LE TECNOLOGIE PER LE ENERGIE RINNOVABILI	149
13.1.	Obiettivi	149
13.2.	Le soluzioni tecnologiche	149

**Relazione tecnica generale**

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

13.3.	L'impianto eolico	150
14.	CRITERI AMBIENTALI MINIMI	153
14.1.	Premessa	153
14.2.	Specifiche tecniche dei componenti edilizi	154
14.2.1.	Criteri comuni a tutti i componenti edilizi	154
14.2.2.	Criteri specifici per i componenti edilizi	157
14.3.	Specifiche tecniche del cantiere	160
14.3.1.	Demolizioni e rimozione dei materiali	160
14.3.2.	Prestazioni ambientali	161
14.3.3.	Personale di cantiere	163
14.3.4.	Dragaggio	164
14.4.	Approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili	164

**ELENCO FIGURE**

FIGURA 2-1 -	LE INDAGINI DI CAMPO – AREA DI INDAGINE DELIMITATA IN BLU	13
FIGURA 2-2 -	LE INDAGINI DI CAMPO - PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLA INDAGINE GEOTECNICA	14
FIGURA 3-1 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1766	19
FIGURA 3-2 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1876	20
FIGURA 3-3 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1905	21
FIGURA 3-4 -	MOLO GALLIERA – SEZIONE TRASVERSALE TIPICA	22
FIGURA 3-5 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1922	22
FIGURA 3-6 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1927	23
FIGURA 3-7 -	SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DELLA LANTERNA (TRATTO DI LEVANTE EX MOLO PRINCIPE UMBERTO)	24
FIGURA 3-8 -	SEZ. TIPICA DIGA BACINO DI SAMPIERDARENA (TRATTO DI PONENTE EX MOLO PRINCIPE UMBERTO)	25
FIGURA 3-9 -	IL PORTO DI GENOVA NEL 1931	25
FIGURA 3-10 -	SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DELLA LANTERNA (POST 1955)	26
FIGURA 3-11 -	SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DI SAMPIERDARENA (POST 1955)	26
FIGURA 3-12 -	RIFIORIMENTO DELLA DIGA LATO MARE (POST 1955)	27
FIGURA 3-13 -	SEZIONE TIPICA DEL PIÙ RECENTE PROLUNGAMENTO DELLA DIGA A LEVANTE	28
FIGURA 3-14 -	L'AREA D'INDAGINE BATIMETRICA CONDOTTA DA SOCOTEC	29
FIGURA 3-15 -	PLANIMETRIA D'INSIEME DEI FONDALI NELL'AREA D'INTERESSE	29
FIGURA 3-16 -	VISTA DA LEVANTE DELLA DIGA FORANEA ESISTENTE	30
FIGURA 3-17 -	PLANIMETRIA DELLA DIGA NELLA SITUAZIONE ATTUALE	31
FIGURA 3-18 -	SEZIONE TIPICA TRATTO C-C'	32
FIGURA 3-19 -	SEZIONE TRATTO C'-D	34
FIGURA 3-20 -	SEZIONE TRATTO D-E	35
FIGURA 3-21 -	SEZIONE TRATTO E-F	36
FIGURA 3-22 -	SEZIONE TRATTO G-H	38
FIGURA 4-1 -	GEOLOGIA DEL SITO - INDAGINE SPARKER - PROFONDITA' DEL TETTO DEL SUBSTRATO ROCCIOSO DAL FONDALE	40
FIGURA 5-1 -	DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI VENTI RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DEL GOLFO DI GENOVA - PERIODO DI RIFERIMENTO 1979-2018	46
FIGURA 5-2 -	DISTRIBUZIONE DEI VENTI FORNITI DAL MEDATLAS AL LARGO DI GENOVA - PERIODO DI RIFERIMENTO 1992-2001	46
FIGURA 5-3 -	DIAGRAMMA DI DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI VENTI OSSERVATI ALLA STAZIONE MAREOGRAFICA RMN DI GENOVA (GEN.1999 - NOV. 2019)	47
FIGURA 5-4 -	DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ DEL VENTO (M/S) PER LA STAZIONE GENOVA-SESTRI DAL 1963 AL 2007	48

**Relazione tecnica generale**

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

FIGURA 5-5 -	DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI DATI VENTO SYNOP PER LA STAZIONE DI GENOVA-SESTRI - PERIODO DI RIFERIMENTO GEN 2008-DIC 2019	49
FIGURA 5-6 -	LOCALIZZAZIONE DELLE DIVERSE FONTI DI DATI DI MOTO ONDOSO UTILIZZATE PER LO STUDIO METEOMARINO	50
FIGURA 5-7 -	DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DI GENOVA (PUNTO 000323) - PERIODO DI RIFERIMENTO (1979-2018)	52
FIGURA 5-8 -	DISTRIBUZIONE CONGIUNTA DEI VALORI $H_s$ E $T_p$ E LEGGE DI ADATTAMENTO PER I DATI DI MOTO ONDOSO RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DI GENOVA. A SINISTRA SETTORE (180 - 240 °N), A DESTRA SETTORE (105 - 180°N)	52
FIGURA 5-9 -	DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO PROPAGATI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 CON IL MODELLO DI INVERSA SPETTRALE	54
FIGURA 5-10 -	CARTE DELLE CORRENTI SUPERFICIALI PER I MESI DI GENNAIO E LUGLIO. ESTRATTE DALL' "ATLANTE DELLE CORRENTI SUPERFICIALI DEI MARI D'ITALIA" REDATTA DALL'ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA ITALIANA.	59
FIGURA 5-11 -	VALORE MEDIO DELLA CORRENTE SUPERFICIALE - GENNAIO 2018.	60
FIGURA 6-1 -	LAYOUT DELLA NUOVA DIGA FORANEA NELLA SUA CONFIGURAZIONE FINALE	62
FIGURA 6-2 -	SEZIONE TRASVERSALE DEL NUOVO BACINO PORTUALE	63
FIGURA 6-3 -	FASI DI COSTRUZIONE DELL'INTERVENTO	65
FIGURA 7-1 -	SEZIONE TIPO 1 - CONFIGURAZIONE N°1 TESTATA SU MODELLO	68
FIGURA 7-2 -	SEZIONE TIPO 1 - CONFIGURAZIONE N°2 TESTATA SU MODELLO	69
FIGURA 7-3 -	UBICAZIONE DEI 24 SENSORI DI PRESSIONE	73
FIGURA 7-4 -	DEFINIZIONE DELLA DIREZIONE DELLE FORZE E DEL VERSO DI ROTAZIONE DEI CARICHI	73
FIGURA 7-5 -	CARATTERISTICHE DEL FILTRO APPLICATO PER RICAVARE I CARICHI QUASI-STATICI	73
FIGURA 7-6 -	CONFRONTO TRA CARICHI MISURATI E CARICHI CALCOLATI – FASE DI CRESTA D'ONDA	77
FIGURA 7-7 -	CONFRONTO TRA CARICHI MISURATI E CARICHI CALCOLATI – FASE DI CAVO D'ONDA	77
FIGURA 8-1 -	NUOVA DIGA FORANEA DI FASE A) – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO	86
FIGURA 8-2 -	DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 1 (FONDALE MEDIO 45 M)	87
FIGURA 8-3 -	DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 2 (FONDALE MEDIO 35 M)	87
FIGURA 8-4 -	DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 3 (FONDALE MEDIO 25 M)	87
FIGURA 8-5 -	DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 4 (FONDALE MEDIO 20 M)	88
FIGURA 8-6 -	DIGA DI SOTTOFLUTTO - SEZIONE TIPO 5 (FONDALE MEDIO 25 M)	88
FIGURA 8-7 -	SCOGLIERA SU DIGA ESISTENTE A LEVANTE - SEZIONE TIPO 6 (FONDALE MEDIO 25 M)	88
FIGURA 8-8 -	NUOVA DIGA FORANEA DI FASE B) – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO	90

**Relazione tecnica generale**

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

FIGURA 8-9 -	SEZIONE TIPO 7 (FONDALE MEDIO 23 M)	90
FIGURA 8-10 -	SEZIONE TIPO 8 (FONDALE MEDIO 23 M)	91
FIGURA 8-11 -	SEZIONE TIPO 9 (FONDALE MEDIO 30 M)	91
FIGURA 9-1 -	PLANIMETRIA DELLE DEMOLIZIONI PREVISTE IN FASE A)	93
FIGURA 9-2 -	PLANIMETRIA DELLE DEMOLIZIONI PREVISTE IN FASE B)	93
FIGURA 9-3 -	SEZIONE TIPO DEL TRATTO DA DEMOLIRE DEL MOLO DUCA DI GALLIERA – TRATTO E-E'	94
FIGURA 9-4 -	SEZIONE TIPO DEL TRATTO CENTRALE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTO D-E 94	
FIGURA 9-5 -	SEZIONE TIPO DEL TRATTO A PONENTE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTI C'-D', D'-D	94
FIGURA 9-6 -	SEZIONE TIPO DEL TRATTO ALL'ESTREMITÀ DI PONENTE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTO C-C'	95
FIGURA 9-7 -	ELEMENTI IN CALCESTRUZZO POSTI A DIFESA DELLA DIGA ESISTENTE DOPO LA MAREGGIATA DEL 1955 – VISTA DAL LATO MARE	97
FIGURA 9-8 -	ELEMENTI IN CALCESTRUZZO POSTI A DIFESA DELLA DIGA ESISTENTE DOPO LA MAREGGIATA DEL 1955 – VISTA DALL'ALTO	97
FIGURA 9-9 -	FASE A) – SEQUENZA MACRO-FASI REALIZZATIVE DELLA NUOVA DIGA	104
FIGURA 9-10 -	FASE A) – RIUSO DEI MATERIALI DI SALPAMENTO PER FORMAZIONE DI SCOGLIERE DI PROTEZIONE: SEZIONI TIPO	105
FIGURA 9-11 -	FASE A) – RIUSO DEI MATERIALI DI DEMOLIZIONE/SALPAMENTO PER FORMAZIONE DI SCANNO E RIEMPIMENTO CASSONI: SEZIONI TIPO	106
FIGURA 9-12 -	FASE B) – SEQUENZA MACRO-FASI REALIZZATIVE DELLA NUOVA DIGA	109
FIGURA 9-13 -	FASE B) – RIUSO DEI MATERIALI DI SALPAMENTO/DEMOLIZIONE: SEZIONI TIPO (FIG. 1 DI 2)	110
FIGURA 9-14 -	FASE B) – RIUSO DEI MATERIALI DI DEMOLIZIONE/SALPAMENTO: SEZIONI TIPO (FIG. 2 DI 2)	111
FIGURA 10-1 -	UBICAZIONE DELLE CAVE DI FORNITURA DEI MATERIALI INERTI	114
FIGURA 11-1 -	DENOMINAZIONE DELLE DIVERSE SUPERFICI DI SEPARAZIONE OSTACOLI (FONTE: ENAC – REGOLAMENTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DEGLI AEROPORTI)	126
FIGURA 11-2 -	ESTRATTO MAPPE DI VINCOLO – TAV. PG01: PLANIMETRIA GENERALE DELLE SUPERFICI DI DELIMITAZIONE DEGLI OSTACOLI	127
FIGURA 11-3 -	SUPERFICI DI DELIMITAZIONE OSTACOLI PER L'AEROPORTO DI GENOVA: STRALCIO PLANIMETRICO DI INTERESSE PER L'AREA DI PROGETTO	130
FIGURA 11-4 -	RAPPRESENTAZIONE DEL VINCOLO AEREOPORTUALE CONSIDERATO PER LA FASE A) IN RELAZIONE ALLE NAVI DI PROGETTO	131
FIGURA 11-5 -	SCENARIO GRU DI BANCHINA AMMISSIBILI SECONDO LE RISULTANZE DEGLI STUDI ENAV 2014, IN PENDENZA DELL'APPROVAZIONE DI ENAC	133
FIGURA 11-6 -	PLANIMETRIA DELLE INTERFERENZE DELLE CONDOTTE ESISTENTI CON LE OPERE IN PROGETTO	135
FIGURA 11-7 -	CONDOTTA DI SCARICO IRETI – PROFILO IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA DIGA ESISTENTE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)	136

**Relazione tecnica generale**

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

FIGURA 11-8 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – SEZIONE TIPO ALL’INTERNO DELL’ATTUALE BACINO PORTUALE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)	137
FIGURA 11-9 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – PIANTA DEL TRATTO TERMINALE DEL DIFFUSORE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)	137
FIGURA 11-10 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – SEZIONI TIPO DEL DIFFUSORE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)	138
FIGURA 11-11 - CONDOTTA PRESA ACQUA DI MARE – PROFILO IN CORRISPONDENZA DELL’ ATTRAVERSAMENTO DELLA DIGA ESISTENTE	139
FIGURA 11-12 CONDOTTA PRESA ACQUA DI MARE – DETTAGLIO SEZIONI TIPO	140
FIGURA 11-13 PLANIMETRIA DELLE IPOTESI DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE DELLE CONDOTTE A MARE CON LE OPERE IN PROGETTO	141
FIGURA 11-14 CONDOTTA DI SCARICO IRETI – IPOTESI DI RISOLUZIONE INTERFERENZA CON LA NUOVA DIGA FORANEA	143
FIGURA 12-1 - TIPOLOGIA DEI NUOVI SEGNALAMENTI LUMINOSI PREVISTI (TIPO RESINEX O EQUIVALENTI): SEGNALE TIPO 1 (A SINISTRA) E SEGNALE TIPO 2 (A DESTRA)	148
FIGURA 13-1 - PLANIMETRIA SOLUZIONE 3B DIGA CON DISTRIBUZIONE AEROGENERATORI H 50M	152
FIGURA 13-2 - SEZIONE TIPO CON AEROGENERATORE TIPOLOGIA H50	152

**Relazione tecnica generale****ELENCO TABELLE**

TABELLA 2-1 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO	15
TABELLA 2-2 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO A BORDO DELLA NAVE GEOTECNICA	15
TABELLA 2-3 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO DI TERRA – PROVE DI CLASSIFICAZIONE	17
TABELLA 2-4 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO DI TERRA – PROVE DI RESISTENZA, DEFORMABILITA' E PERMEABILITA'	17
TABELLA 3-1 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO C-C'	33
TABELLA 3-2 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO C'-D	34
TABELLA 3-3 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO D-E	36
TABELLA 3-4 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO E-F	37
TABELLA 3-5 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO F-G	38
TABELLA 3-6 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO G-H	39
TABELLA 4-1 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO – TERRENI NATURALI DI FONDAZIONE	42
TABELLA 4-2 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO – MATERIALI DA COSTRUZIONE E TERRENI DI FONDAZIONE MIGLIORATI	43
TABELLA 5-1 - LIVELLI DI MAREA ASTRONOMICA PER IL PORTO DI GENOVA	44
TABELLA 5-2 - VALORI DI LIVELLO RESIDUO ATTESI NEL PORTO DI GENOVA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO	45
TABELLA 5-3 - VALORI ESTREMI VELOCITÀ DEL VENTO - DATI REGISTRATI DALLA STAZIONE METEO GENOVA-SESTRI (1963-2008)	49
TABELLA 5-4 - VALORI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO DEL GOLFO DI GENOVA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO	53
TABELLA 5-5 - EVENTI ESTREMI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 ALLA -75 M – SETTORE DI TRAVERSA PRINCIPALE 180 - 240 °N	55
TABELLA 5-6 - EVENTI ESTREMI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 ALLA -75 M – SETTORE DI TRAVERSA SECONDARIO 105 - 180 °N	56
TABELLA 5-7 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSA PRINCIPALE 180 - 240 °N – FASE A	57
TABELLA 5-8 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSA SECONDARIO 105 - 180 °N – FASE A	57
TABELLA 5-9 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSA PRINCIPALE 180 - 240 °N – FASE B	58
TABELLA 7-1 - CONDIZIONI ONDOSE NEL PUNTO DI CALIBRAZIONE ALLA -55 M E OBIETTIVI DELL'ANALISI	70
TABELLA 7-2 - PORTATE MEDIE DI TRACIMAZIONE DELL'OPERA	71
TABELLA 7-3 - VOLUMI MASSIMI DI TRACIMAZIONE DELL'OPERA	71
TABELLA 7-4 - CONDIZIONE ONDOSA WC04 – CARICHI INDOTTI DAL MOTO ONDOSO	75

**Relazione tecnica generale**

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

TABELLA 7-5 - CONDIZIONE ONDOSA WC06 – CARICHI INDOTTI DAL MOTO ONDOSI	75
TABELLA 7-6 - LIVELLO DI DANNO DELLA PROTEZIONE AL PIEDE IN MASSI NATURALI	75
TABELLA 9-1 - QUANTITÀ DI DEMOLIZIONI PREVISTE PER TIPOLOGIA DI MATERIALE – FASE A) E FASE B) DI COSTRUZIONE	95
TABELLA 10-1 - BILANCIO DEI MATERIALI DI COSTRUZIONE – FASE A	112
TABELLA 10-2 - BILANCIO DEI MATERIALI DI COSTRUZIONE – FASE B	112
TABELLA 10-3 - VOLUMI DI MATERIALE PROVENIENTE DA DEMOLIZIONI E SALPAMENTI	117
TABELLA 10-4 - MATERIALI DI RISULTA DA SMALTIRE – FASE A	122
TABELLA 10-5 - MATERIALI DI RISULTA DA SMALTIRE – FASE B	122
TABELLA 10-6 - SITI DI CONFERIMENTO DEI MATERIALI DI RISULTA - IMPIANTI DI SMALTIMENTO (DISCARICHE)	123
TABELLA 12-1 - SEGNALAMENTI MARITTIMI – FASE A	147
TABELLA 12-2 - SEGNALAMENTI MARITTIMI – FASE B	147
TABELLA 13-1 - PRODUZIONE DI E.E. E ORE EQUIVALENTI PER IL SITO PER UN AEROGENERATORE_H50	151

## **1. PREMESSA**

Il **Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica** della nuova diga foranea di Genova ha previsto, in accordo con il vigente Codice dei Contratti, una **prima fase di elaborazione** in cui sono state individuate e analizzate le possibili soluzioni alternative per la realizzazione dell'opera.

L'esito della prima fase del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, ovvero dello studio delle alternative progettuali, ha portato alla redazione del '**Documento di fattibilità delle alternative Progettuali**', confluito sinteticamente nel Dossier di progetto, da sottoporre al Dibattito Pubblico.

Infatti l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale (di seguito per brevità anche AdSP), in qualità di committente della nuova diga foranea del Porto di Genova, ha indetto il **Dibattito Pubblico** su tale opera.

Al termine del Dibattito Pubblico, il coordinatore ha redatto una relazione, alla quale l'Autorità di Sistema ha risposto con un dossier conclusivo, che ha permesso di fornire delle precisazioni sulla sua posizione in merito alle osservazioni avanzate nel corso del Dibattito Pubblico e quindi di identificare la soluzione d'intervento della nuova diga foranea.

L'AdSP – sentite le valutazioni della Capitaneria di Porto e dei servizi tecnico nautici – ha indicato che **l'alternativa progettuale selezionata per la prosecuzione dell'iter progettuale è la n° 3**, che prevede una nuova imboccatura a levante attraverso la quale possono accedere tutte le navi dirette ai terminali commerciali di Calata Bettolo e di Sampierdarena. Con l'accesso delle navi commerciali attraverso la nuova imboccatura, i traffici attraverso il canale esistente vengono ridotti in modo significativo, con un effetto positivo in termini di riduzione delle interferenze con le funzioni esistenti nelle aree di levante: nautica da diporto e cantieristica. Questa soluzione consente la massima flessibilità operativa per le manovre delle navi, permettendo l'ingresso contemporaneo di una nave commerciale attraverso la nuova imboccatura e di una nave da crociera attraverso l'imboccatura esistente.

Nei capitoli che seguono vengo presentati in sintesi i risultati delle attività che sono state svolte a corredo dello sviluppo della soluzione progettuale della nuova diga foranea:

- le **profondità e le caratteristiche dei fondali e del sottosuolo**, investigate mediante campagne di indagini batimetriche e geofisiche condotte lato mare della diga esistente su un'area vasta di impronta pari a 400 ettari, le **indagini geotecniche** con nave attrezzata per effettuare i sondaggi con prelievo di campioni e analisi di laboratorio, ai fini della caratterizzazione dei terreni di fondazione;
- le **caratteristiche della diga foranea esistente**, aspetto importante anche in relazione alle previste demolizioni dell'attuale infrastruttura e al fine di pianificare il massimo recupero e riutilizzo possibile dei materiali nell'ambito delle fasi realizzative della nuova diga;
- le **caratteristiche geologiche dell'area d'interesse e quelle geotecniche dei terreni** di fondazione in base alle indagini di campo;
- l'analisi e la definizione delle **condizioni meteomarine** al largo e in prossimità della nuova diga foranea (vento, onde, correnti);
- la descrizione della **soluzione planimetrica e delle fasi di costruzione della nuova diga foranea**;
- il **modello fisico in canaletta** per il dimensionamento dei cassoni cellulari e delle protezioni al piede in massi naturali;
- la descrizione delle **sezioni tipologiche della nuova diga foranea**;
- le **demolizioni della diga esistente e le fasi di costruzione ai fini del riutilizzo del materiale** nell'ambito delle opere della nuova diga foranea;
- il **piano di gestione delle materie**
- le **interferenze** con le infrastrutture e i servizi esistenti;
- i **segnalamenti luminosi** per l'ausilio alla navigazione;
- l'**impianto eolico** di cui è prevista la realizzazione sul coronamento della nuova diga foranea lungo il tratto ubicato sui fondali più elevati;
- l'individuazione dei **Criteri Ambientali Minimi (CAM)** da adottarsi nell'implementazione delle successive fasi di progettazione e costruzione della nuova diga foranea.

## 2. LE INDAGINI DI CAMPO

Le indagini di progetto sono state eseguite in due distinte fasi:

- Fase 1: indagini geofisiche per la batimetria e morfologia dei fondali, presenza di relitti/oggetti, anomalie magnetiche, caratteri geologico – stratigrafici;
- Fase 2: indagini in sito con nave geotecnica DP2 e prove di laboratorio a bordo della nave ed in un laboratorio a terra su campioni opportunamente preparati e conservati.

Le indagini di fase 2 sono state progettate alla luce dei risultati delle indagini di fase 1, al fine di ricostruire l'assetto stratigrafico dell'intera area di progetto e di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

La FIGURA 2-1 riporta in blu l'area di progetto all'interno della quale sono state condotte le indagini di fase 1 e 2.

Si riporta di seguito una breve descrizione per ciascuna tipologia di indagine di progetto.

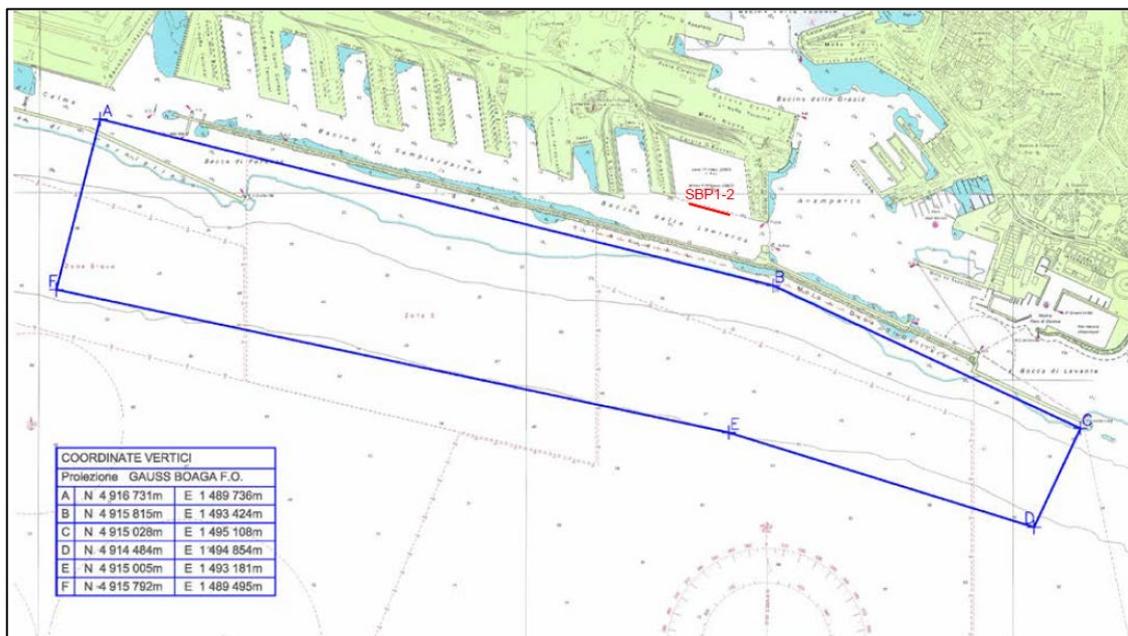


FIGURA 2-1 - LE INDAGINI DI CAMPO – AREA DI INDAGINE DELIMITATA IN BLU

### 2.1. Indagini geofisiche (batimetrie, SSS, ecc.)

Le indagini geofisiche, eseguite da SOCOTEC, sono le seguenti:

- Multi Beam Echo Sound (MBES) con n.8 transetti e  $L_{tot} = 40$  Km (sovrapposizione 20%);
- Side Scan Sonar (SSS) con n.8 transetti e  $L_{tot} = 40$  Km (sovrapposizione 100%);
- Sub Bottom Profiler (SBP) con n.17 transetti e  $L_{tot} = 85$  Km;
- Sparker con n.17 transetti e  $L_{tot} = 85$  Km;

- Magnetometro MAG con n.161 transetti e  $L_{tot} = 805$  Km;
- n.5 verticali con drop camera.

L'indagine con SBP è stata tarata sulla base delle risultanze della indagine geofisica, condotta nel 2019 all'interno delle aree portuali di Genova e Voltri, e tramite l'esecuzione di n.4 transetti in prossimità di Calata Bettolo, dove sono disponibili le stratigrafie di alcuni sondaggi pregressi a mare, che hanno raggiunto il substrato roccioso, attraversando l'intera sequenza stratigrafica.

## 2.2. Indagini geotecniche con nave DP2

L'indagine è stata svolta da GEOQUIP per mezzo di una nave geotecnica di tipo DP2 (Dynamic Positioning class 2) dotata di una torre di perforazione con compensazione del moto ondoso e di una serie di sistemi per il mantenimento del posizionamento sulla verticale di indagine. La Figura 2-2 mostra l'ubicazione delle verticali di indagine geotecnica all'interno dell'area di progetto, delimitata con linea in tratteggio, mentre la Tabella 2-1 riporta per ciascuna verticale la tipologia di indagine, la lunghezza e le coordinate nel sistema Gauss-Boaga fuso Ovest.

Sono state eseguite n.17 verticali con profondità dal fondale variabili tra 3 – 80 m circa per un totale di circa 650 m di perforazione, di queste n.6 sono carotaggi a campionamento continuo (sigla CC), n.7 sono prove penetrometriche statiche continue (sigla PCPT), n.4 sono prove PCPT con prelievo alternato di campioni (sigla PCPT/CC).



FIGURA 2-2 - LE INDAGINI DI CAMPO - PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLA INDAGINE GEOTECNICA

**Relazione tecnica generale**

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

Sono state inoltre effettuate n.17 prove di dissipazione durante l'esecuzione delle PCPT per la misura in sito della permeabilità. Sono stati prelevati n.333 campioni dei quali n.306 in terreno e n.27 in roccia.

TABELLA 2-1 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO

Verticale (n.)	Tipo (-)	L (m)	Gauss-Boaga Fuso W	
			N (m)	E (m)
CC-1	CC	16,2	4914675,37	1494465,74
PCPT-1	PCPT	25	4915165,63	1494401,45
CC-2	CC	40,4	4915594,01	1493639,29
PCPT-2	PCPT	41,86	4914952,56	1493463,58
CC3	CC	46,15	4915273,48	1493366,57
PCPT-3	PCPT	34,4	4915273,18	1493381,68
CC4	0-40CC-40-80 PCPT/CC	80,36	4915142,05	1492614,56
PCPT-4	PCPT	42,52	4915143,62	1492628,33
PCPT-5	PCPT	42,32	4915774,54	1492799,06
CC-5	CC	22,95	4915902,97	1491957,90
PCPT-7	PCPT	10,85	4915316,78	1491770,27
CC-7	CC	42,38	4915539,58	1490921,21
PCPT-6	PCPT	47,25	4915537,50	1490970,95
PCPT-6A	PCPT/CC	81,28	4915540,08	1490972,65
CC-6	PCPT/CC	47,9	4916168,49	1491090,95
PCPT-8	PCPT/CC	4,3	4914839,38	1493948,25
PCPT-8A	PCPT/CC	65,05	4914843,08	1493946,67

Dei 333 campioni prelevati circa la metà sono stati oggetto di prove nel laboratorio di bordo della nave geotecnica e la restante metà è stata opportunamente confezionata e sigillata per essere spedita al laboratorio di terra di SOCOTEC.

Le prove di laboratorio eseguite a bordo della nave, riportate in Tabella 2-2, sono le seguenti: peso di volume, contenuto naturale d'acqua, pocket-penetrometer, torvane, micro-torvane, prova triassiale non consolidata non drenata, point load test.

TABELLA 2-2 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO A BORDO DELLA NAVE GEOTECNICA

**Relazione tecnica generale**

Verticale	$\gamma$	wn	P.P.	T.V.	M.T.V.	Trx-UU	PLT
(-)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
CC-1	12	14	9	6	2	-	5
PCPT-1	-	-	1	-	-	-	5
CC-2	49	49	54	50	7	1	-
PCPT-2	-	-	-	-	-	-	-
CC-3	37	22	26	22	4	1	-
PCPT-3	-	-	-	-	-	-	-
CC-4	95	21	92	49	5	-	-
PCPT-4	-	-	-	-	-	-	-
PCPT-5	-	2	-	-	-	-	-
CC-5	27	12	-	-	-	-	3
PCPT-7	-	7	-	-	-	-	-
CC-7	66	8	68	60	6	-	1
PCPT-6	1	3	-	-	-	-	-
PCPT-6A	8	-	11	-	-	-	-
CC-6	18	10	16	6	-	-	-
PCPT-8	3	1	-	6	1	-	-
PCPT-8A	17	8	13	-	3	-	-
Totale	333	157	290	199	28	2	14

**2.3. Prove di laboratorio a terra**

Le prove del laboratorio di terra di SOCOTEC hanno permesso di integrare le informazioni derivanti dalle prove in sito e da quelle del laboratorio di bordo, definendo correttamente le caratteristiche fisiche, di resistenza e deformabilità, sismiche dei terreni di fondazione.

In particolare si sono eseguite analisi granulometriche e limiti di Atterberg, determinazione del peso di volume e del contenuto d'acqua e del peso specifico dei granuli, contenuto di sostanza organica, prove di taglio diretto, prove triassiali consolidate non drenate, prove triassiali non consolidate non drenate, prove edometriche, prove triassiali cicliche e di colonna risonante.

La Tabella 2-3 riporta per ciascuna verticale il numero e la tipologia delle prove di classificazione, mentre la Tabella 2-4 le relative prove di resistenza e deformabilità.

Sono state inoltre eseguite su campioni litoidi le seguenti prove: n.3 compressioni monoassiali non confinate, n.3 prove di trazione indiretta "brasiliiana", n.4 determinazioni del peso di volume.

**Relazione tecnica generale**

TABELLA 2-3 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO DI TERRA – PROVE DI CLASSIFICAZIONE

<b>Verticale</b>	<b>P.P.</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b>e0</b>	<b>Gs</b>	<b>S.O.</b>	<b>wn</b>	<b>Lim.Att.</b>	<b>Gran.</b>
<b>(-)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>
CC1	2	5	5	6	3	6	6	6
CC2	13	16	16	-	4	22	19	18
CC3	5	12	12	12	6	13	10	14
CC4	22	28	26	25	6	30	15	16
CC5	1	6	6	6	1	8	8	8
CC6	5	10	9	8	2	11	10	10
CC7	18	22	22	22	2	22	10	10
PCPT6A	4	4	-	4	-	4	1	1
PCPT8A	7	9	9	10	3	10	7	7
<b>Totale</b>	<b>77</b>	<b>112</b>	<b>105</b>	<b>93</b>	<b>27</b>	<b>126</b>	<b>86</b>	<b>90</b>

TABELLA 2-4 - LE INDAGINI DI CAMPO - QUANTITA' E TIPOLOGIA DELLE PROVE DEL LABORATORIO DI TERRA – PROVE DI RESISTENZA, DEFORMABILITA' E PERMEABILITA'

<b>Verticale</b>	<b>TD</b>	<b>Trx-CIU</b>	<b>Trx-UU</b>	<b>Edo</b>	<b>Trx-K</b>	<b>Col. Rison.</b>	<b>Trx-Cicl.</b>
<b>(-)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>	<b>(n.)</b>
CC1	2	1	2	-	-	-	-
CC2	2	2	10	2	3	1	1
CC3	1	4	5	2	1	1	1
CC4	2	3	20	3	2	2	2
CC5	2	1	-	-	-	-	-
CC6	2	2	4	2	2	-	-
CC7	1	1	18	-	-	-	-
PCPT6A	-	-	4	-	-	-	-
PCPT8A	1	2	4	2	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>67</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

**2.4. Verifica interferenze con punti di indagine**

Prima dell'inizio delle indagini geotecniche di fase 2 è stata verificata l'assenza di interferenze con i punti di indagine tramite:

- Indagine documentale storica sui bombardamenti del Porto di Genova durante il II conflitto mondiale;
- Indagine strumentale geofisica di fase 1.

In merito al primo punto l'indagine storica ha permesso di definire all'interno dell'area di progetto un rischio elevato relativo alla presenza di ordigni bellici.

L'indagine geofisica di fase 1 ha individuato relitti/oggetti o anomalie magnetiche rispettivamente con le indagini side-scan-sonar e magnetometro.

Come franco di sicurezza, si è deciso quindi di mantenere una distanza non inferiore a 30 m dagli oggetti o anomalie così individuati; durante le operazioni di perforazione non è stata incontrata alcuna interferenza.

### 3. LE BATIMETRIE NELLA RADA DEL PORTO E LA DIGA ESISTENTE

#### 3.1. Il porto di Genova - brevi cenni storici

La diga foranea antistante il Porto Antico e il Porto di Sampierdarena è stata costruita attraverso varie fasi successive.

Originariamente il bacino portuale era naturalmente limitato alla zona compresa tra il Capo Faro ed il Molo Vecchio.



FIGURA 3-1 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1766

Già nel 1876 esisteva un molo frangiflutti con origine dal Capo Faro, denominato Molo Nuovo, con direzione levante e lunghezza di 870 m, costruito allo scopo di proteggere il porto dalle violente mareggiate provenienti da Libeccio.

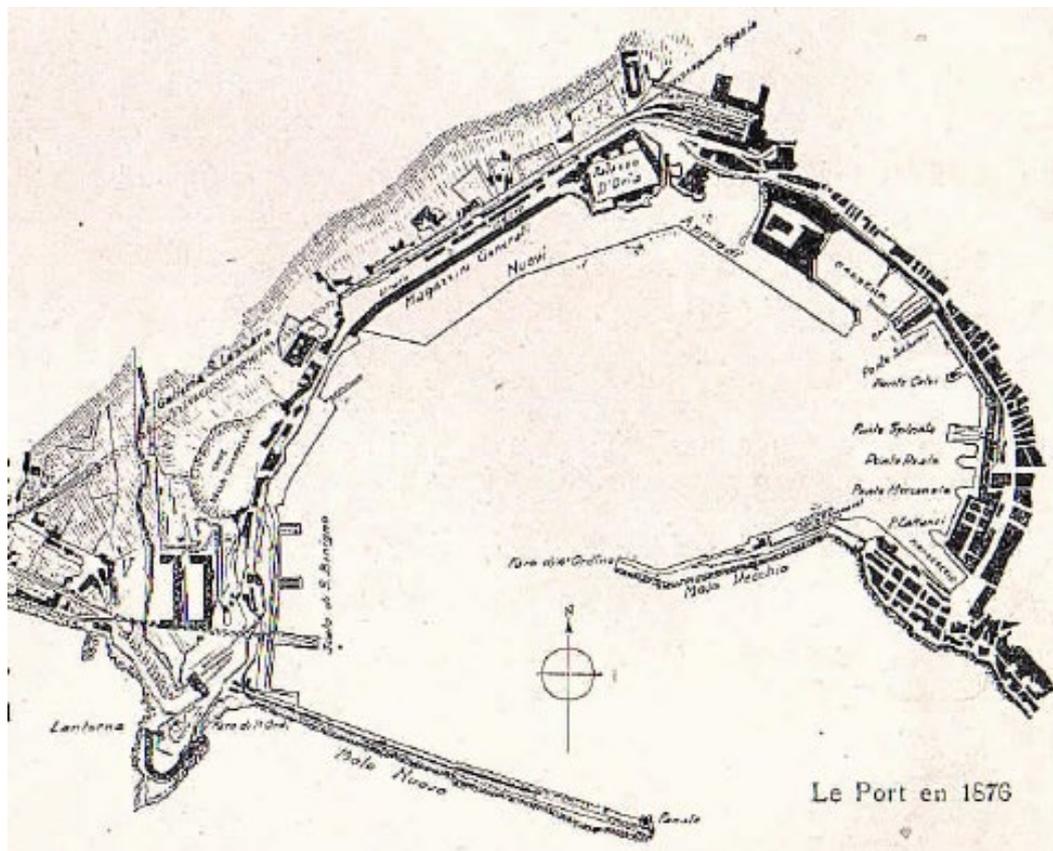


FIGURA 3-2 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1876

Tale scelta si rivelò non idonea, in quanto favoriva, oltre che la penetrazione delle onde provenienti da Scirocco, anche di quelle provenienti da Libeccio a causa dei fenomeni di diffrazione.

Tra gli anni 1876 e 1891 vennero realizzate le opere di ulteriore ampliamento del porto che videro la realizzazione delle nuove calate Molo Vecchio e Gadda e dei bacini di carenaggio, a levante e dei nuovi sporgenti a nord e a ponente (Ponte Parodi, Ponte F. Guglielmo successivamente denominato Ponte dei Mille, Ponte A. Doria, Ponte C. Colombo, Ponte B. Assereto, Ponte Caracciolo, Ponte Sapri, Ponte Paleocapa) e la costruzione della diga “Molo Duca di Galliera” che si dipartiva dalla testata del Molo Nuovo di cui sopra in direzione sud per un tratto di circa 657 m per poi piegare verso levante per circa 845 m.

La configurazione del Porto di Genova nel 1905 era quella mostrata nella seguente figura.

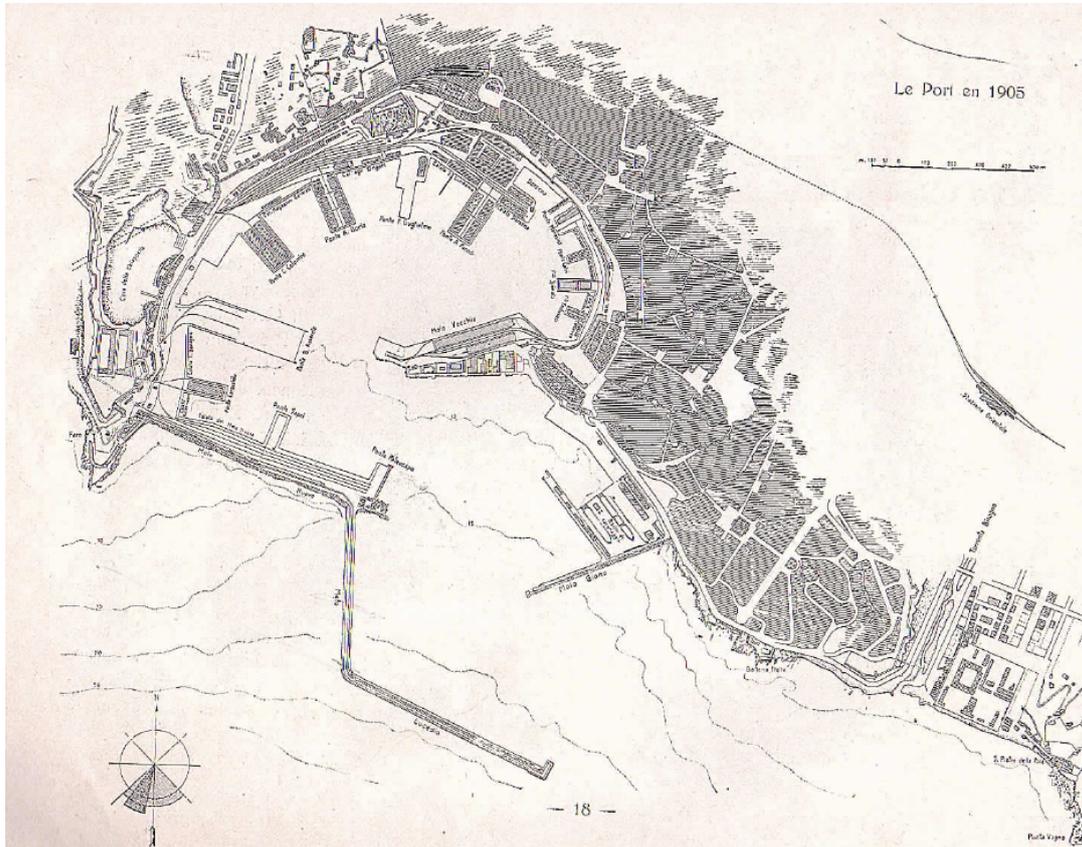


FIGURA 3-3 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1905

In tal modo la costruzione del Molo Gianò, dipartendosi dalla spiaggia di Carignano con direzione Sud, consentiva di proteggere efficacemente il bacino portuale.

La diga, di tipo a gettata, è tutt'ora presente nella sua parte con direzione levante-ponente, essendo stato modificato il tratto nord-sud con i successivi interventi resi necessari dall'ampliamento del porto verso Sampierdarena.

## Relazione tecnica generale

Rev.04      Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

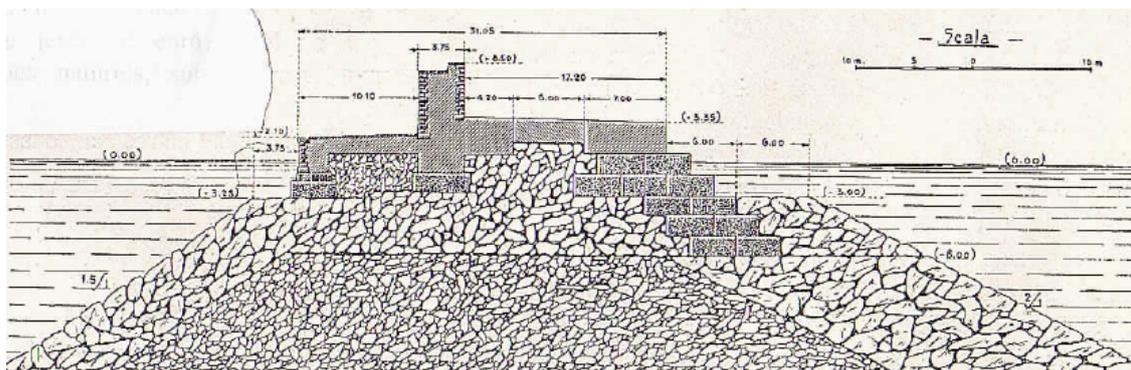


FIGURA 3-4 - MOLO GALLIERA – SEZIONE TRASVERSALE TIPICA

All’inizio degli anni 20 del secolo scorso, assieme a nuovi lavori di ampliamento di Ponte Caracciolo che videro la demolizione di Ponte Sapri, iniziò l’espansione del porto verso ponente con la realizzazione del Bacino all’epoca denominato Vittorio Emanuele III e di un porticciolo di servizio a ponente del promontorio della Lanterna.

Nel 1922 era già realizzato un primo tratto di diga verso ponente denominato “Molo Principe Umberto” ed era stato effettuato il “taglio” del braccio con direzione nord-sud del “Molo Duca di Galliera”.

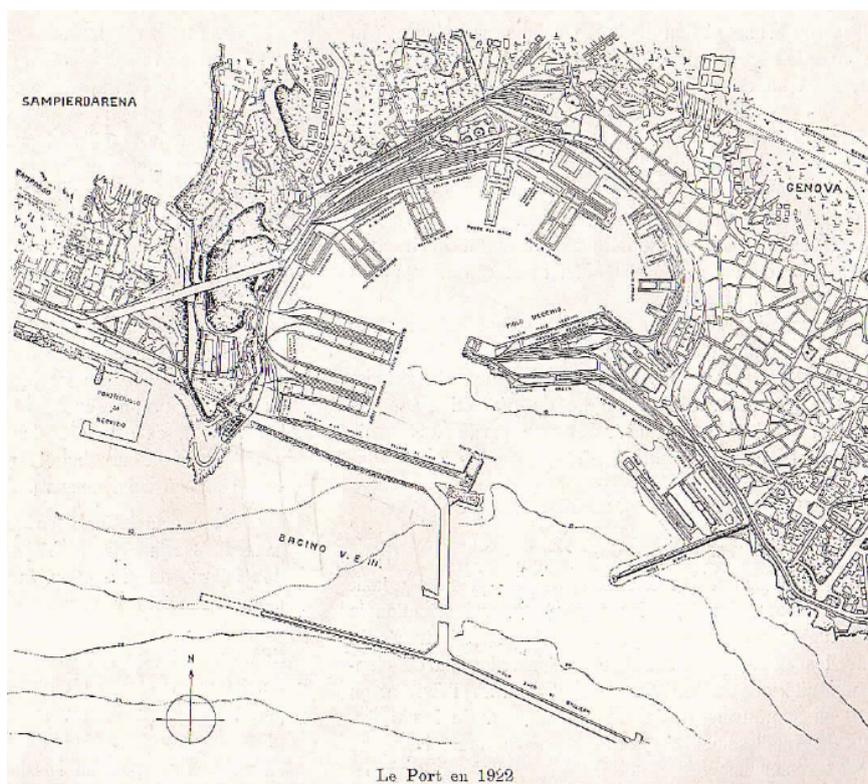


FIGURA 3-5 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1922

I lavori di ampliamento verso ponente proseguirono velocemente, tanto che nel 1927 erano già stati realizzati i primi sporgenti di Sampierdarena (Calata Canzio, Ponte Rubatino, Ponte San Giorgio) e il molo Principe Umberto era stato prolungato verso ponente fino a raggiungere una lunghezza complessiva di circa 1550 m.

Nell'anno 1927 la situazione dei lavori era quella rappresentata nella planimetria riportata di seguito.

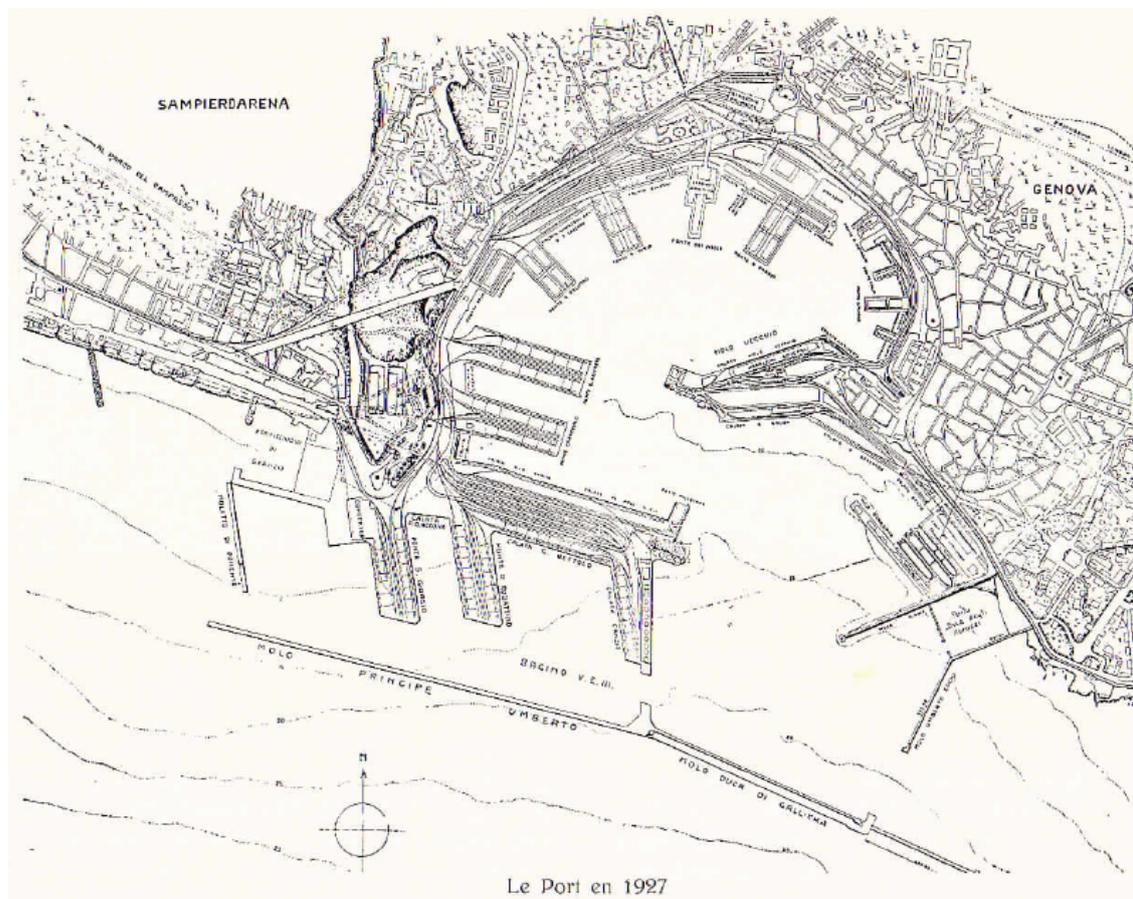


FIGURA 3-6 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1927

La struttura adottata della nuova diga differiva notevolmente da quella preesistente in quanto era di tipo a parete verticale.

La struttura era costituita da una serie di blocchi cavi sovrapposti del peso di circa 200/250 t e successivamente riempiti con un conglomerato pozzolanico in corrispondenza delle cavità.

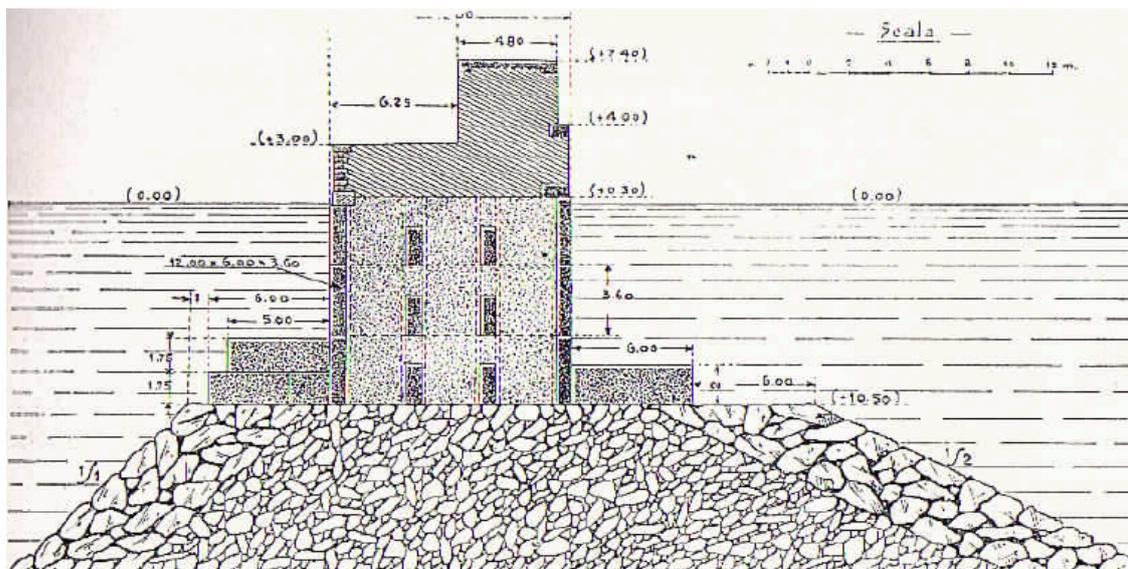


FIGURA 3-7 - SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DELLA LANTERNA (TRATTO DI LEVANTE EX MOLO PRINCIPE UMBERTO)

Dal 1929 furono intrapresi nuovi lavori di ampliamento del porto verso ponente che videro la realizzazione degli altri sporgenti del Porto di Sampierdarena (ex Bacino cosiddetto Benito Mussolini).

I lavori di prolungamento della diga verso ponente sono proseguiti fino al loro compimento raggiungendo una lunghezza complessiva di circa 3300 m.

La tipologia era sempre del tipo a parete verticale, ma essendo disponibili mezzi di sollevamento più moderni era stato possibile realizzare l'opera sovrapponendo massi ciclopici del peso di circa 400÷450 t come riportato nella figura seguente.

Entro il 1930, inoltre, con tipologia costruttiva analoga anche il Molo Galliera è stato prolungato verso levante di circa 400 m, al fine di migliorare il riparo dalle onde del bacino portuale.

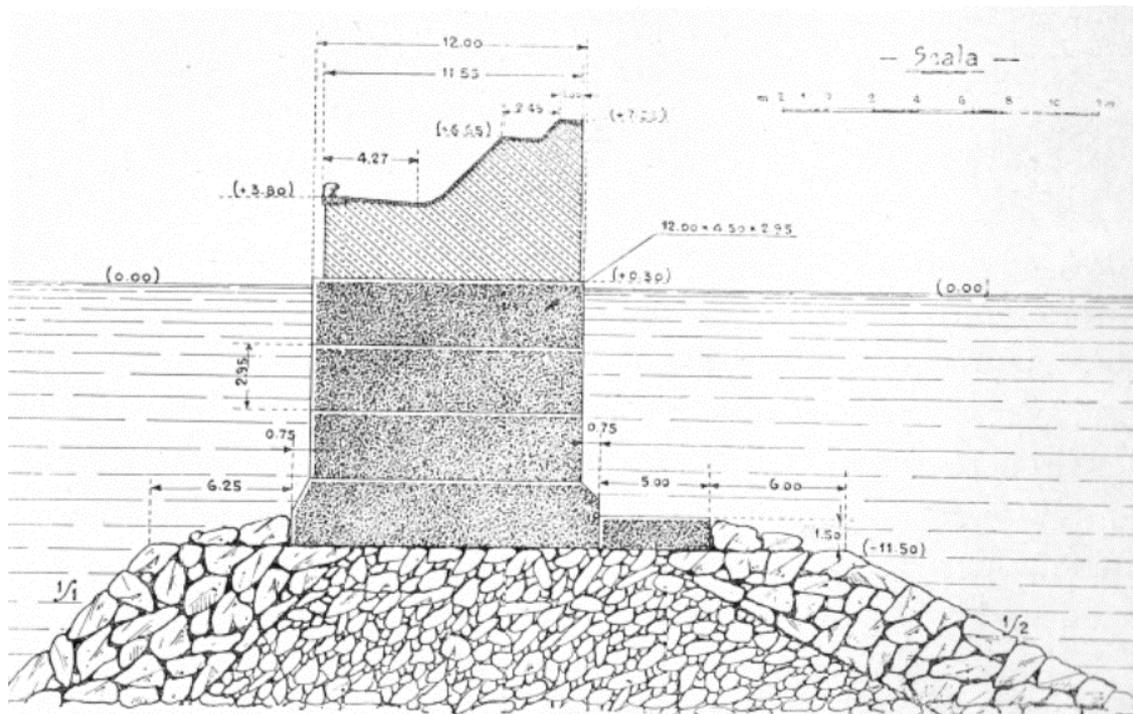


FIGURA 3-8 - SEZ. TIPICA DIGA BACINO DI SAMPIERDARENA (TRATTO DI PONENTE EX MOLO PRINCIPE UMBERTO)

Nella figura che segue è riportato lo stato dei lavori nel 1931, nella quale si evince che erano in corso di costruzione Ponte Etiopia e Ponte Eritrea, mentre era già in previsione anche la costruzione degli sporgenti più a ponente.

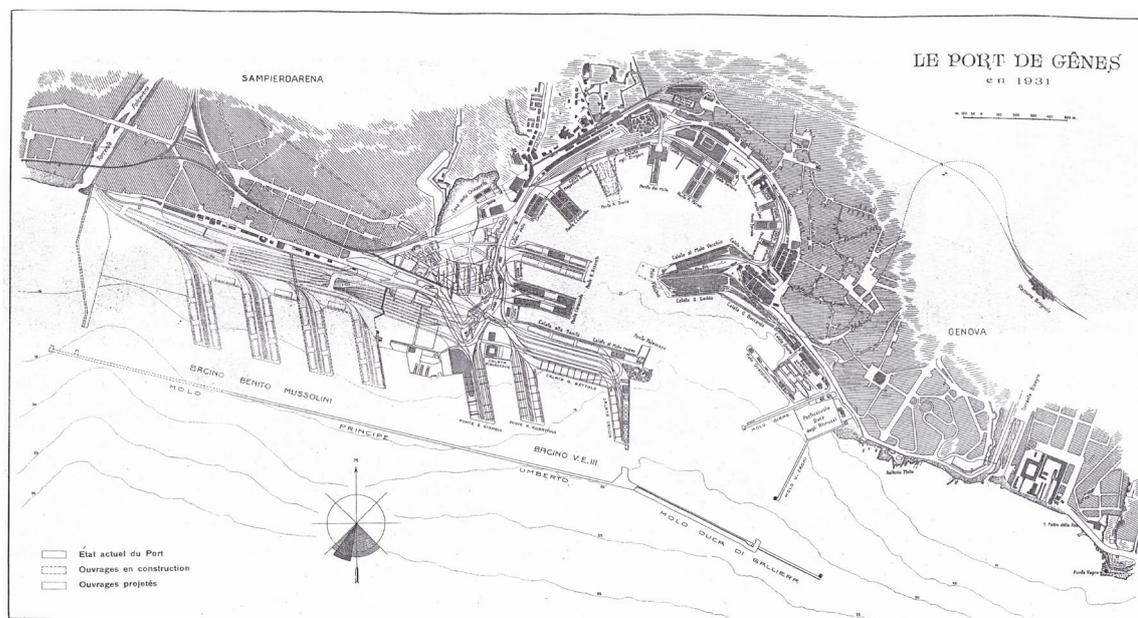


FIGURA 3-9 - IL PORTO DI GENOVA NEL 1931

Quest'ultima soluzione ha subito danni ingenti, in quanto, a seguito della violenta mareggiata di Libeccio del 1955, i massi del 4° ordine e la sovrastruttura sono stati spazzati via per un lungo tratto.

A seguito di tale fatto, negli anni successivi, la tipologia strutturale del tratto di diga che va dalla Lanterna al Polcevera e del tratto in prolungamento del molo Galliera è stata modificata realizzando in sostanza una struttura a gettata protetta lato mare con massi artificiali in calcestruzzo del peso di oltre 40/50 t.

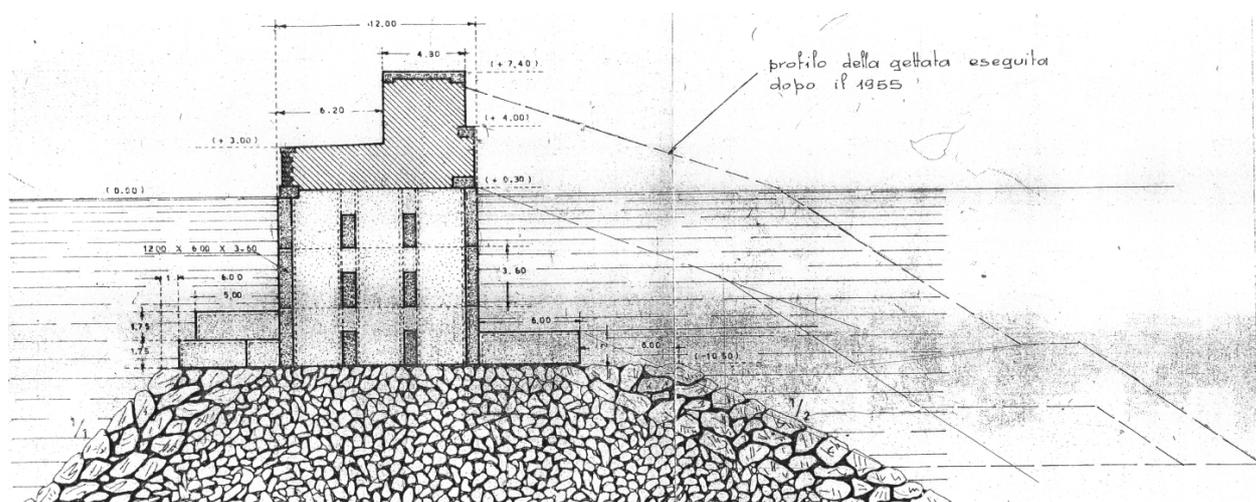


FIGURA 3-10 - SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DELLA LANTERNA (POST 1955)

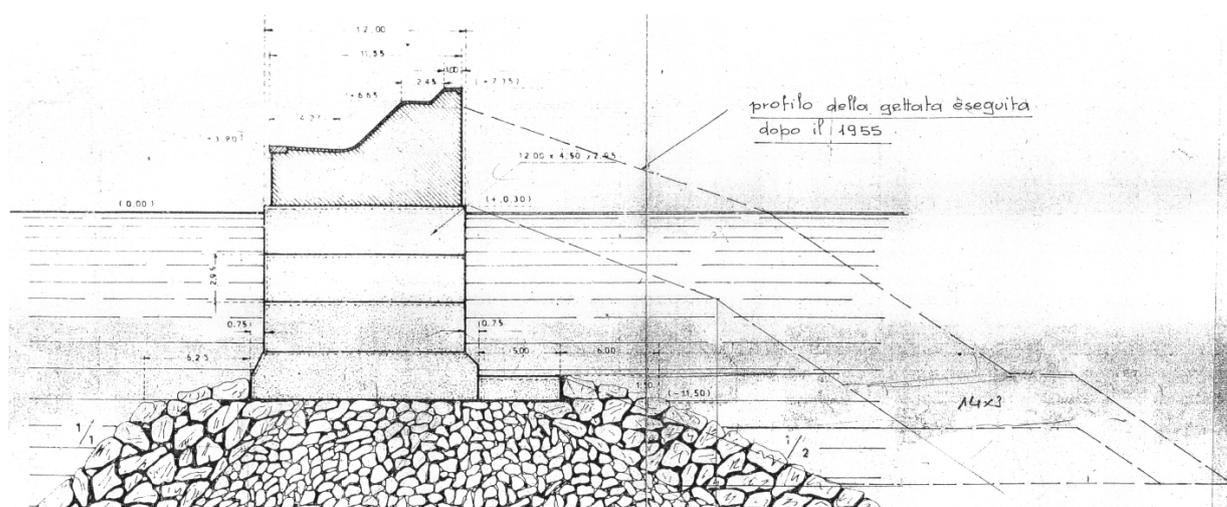


FIGURA 3-11 - SEZIONE TIPICA DIGA BACINO DI SAMPIERDARENA (POST 1955)



FIGURA 3-12 - RIFIORIMENTO DELLA DIGA LATO MARE (POST 1955)

Nei primi anni 60 dello scorso secolo il Molo Galliera è stato ulteriormente prolungato verso levante di circa 670 m con asse parallelo ma arretrato verso il largo di 75 m, in modo tale da ricavare sul primo tratto un'area di riempimento per la stazione di degassificazione, poi non realizzato.

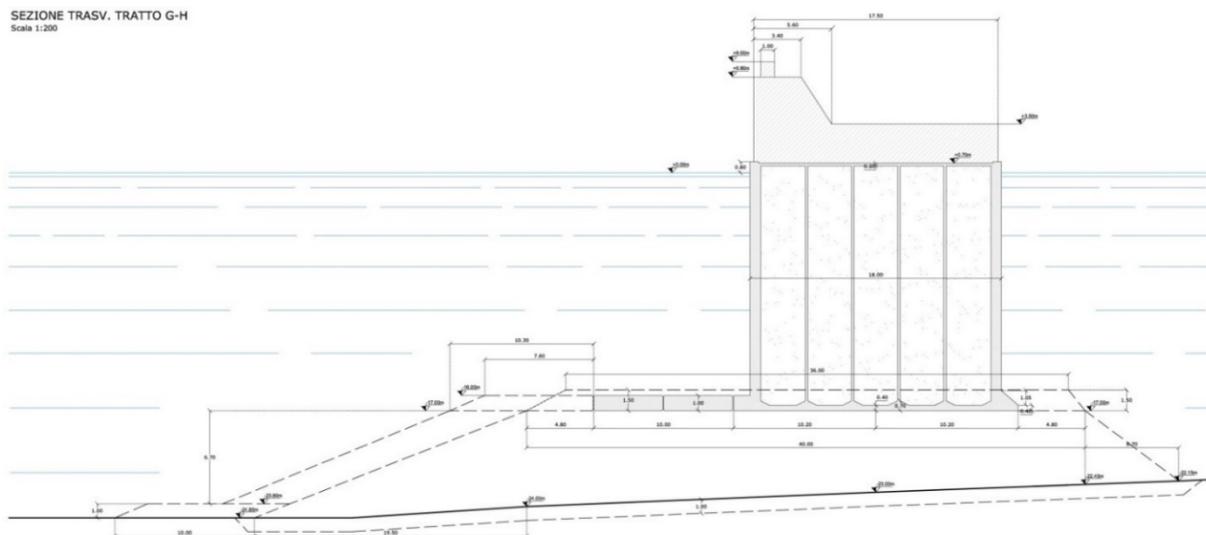


FIGURA 3-13 - SEZIONE TIPICA DEL PIÙ RECENTE PROLUNGAMENTO DELLA DIGA A LEVANTE

### 3.2. I fondali sul lato mare della diga esistente

I fondali sul lato mare della diga foranea esistente sono stati definiti in base al rilievo condotto dalla società SOCOTEC nel novembre/dicembre 2019, nell'ambito del presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, che ha interessato l'area indicata nella figura seguente (vedi FIGURA 3-14);

Nella successiva Figura 3-15 è riportata una planimetria d'insieme che contiene i risultati dei rilievi eseguiti in termini di fondali nell'area a mare prospiciente la diga foranea esistente.

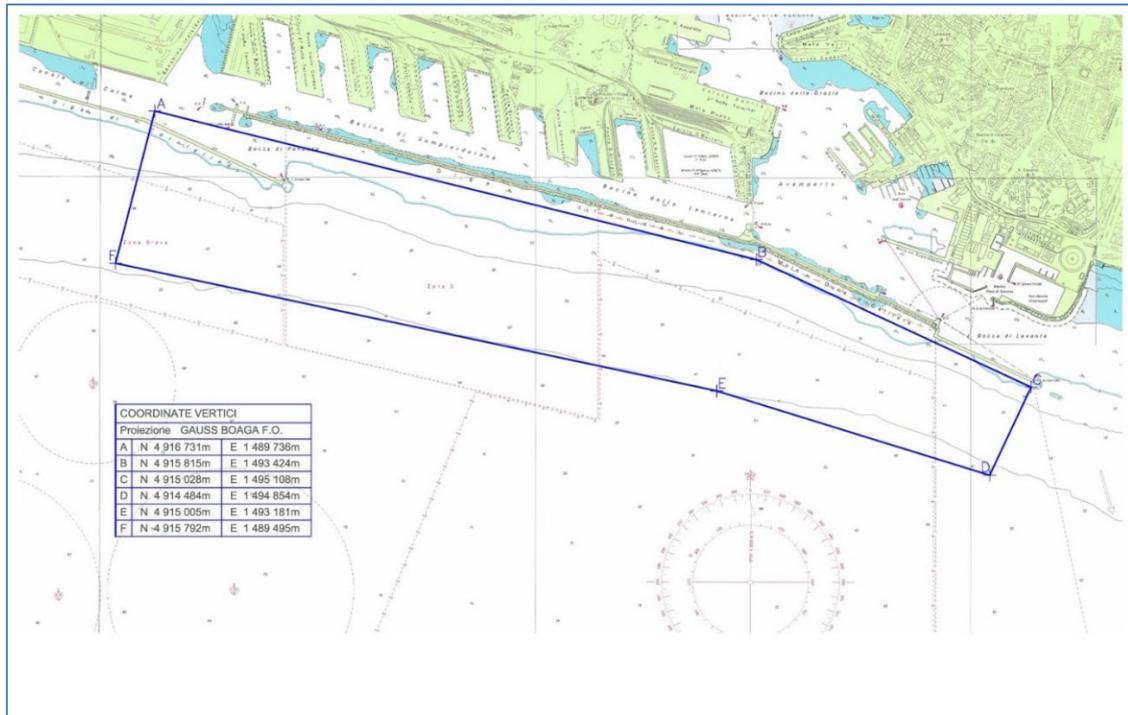


FIGURA 3-14 - L'AREA D'INDAGINE BATIMETRICA CONDOTTA DA SOCOTEC



FIGURA 3-15 - PLANIMETRIA D'INSIEME DEI FONDALI NELL'AREA D'INTERESSE

### 3.3. Le caratteristiche della diga esistente

Il bacino di Sampierdarena e quello del porto Antico sono protetti da una diga foranea di sviluppo pari a circa 5300 m. Nella figura seguente è riportata una foto dell'opera ripresa da drone con vista da levante.



FIGURA 3-16 - VISTA DA LEVANTE DELLA DIGA FORANEA ESISTENTE

La diga esistente è stata caratterizzata per le sue tipologie costruttive, attraverso i seguenti dati e informazioni:

- sezioni tipo della diga esistente, fornite dall'Autorità di Sistema del mar Ligure Occidentale, riprodotte a seguito di rilievi della scogliera lato mare e delle quote della sovrastruttura;
- rilievo condotto dalla società PRISMA nei mesi di marzo-aprile 2019, che ha interessato l'area più prossima e la scarpata lato mare della diga foranea esistente;
- informazioni ed elaborati da archivi progettuali e bibliografici.

I dati a disposizione possono ritenersi esaustivi, in questa fase della progettazione, ai fini dell'affidabilità della valutazione delle quantità dei materiali da rimuovere e/o demolire, distinti in relazione alle tipologie di pietrame/massi naturali ed elementi e

strutture/sovrastutture in calcestruzzo/cemento armato, e quindi della valutazione dei costi e tempi di realizzazione delle demolizioni necessarie.

Riassumendo, nella figura che segue è rappresentata la planimetria della diga foranea antistante il Porto Antico e il Porto di Sampierdarena nella sua configurazione attuale.



FIGURA 3-17 - PLANIMETRIA DELLA DIGA NELLA SITUAZIONE ATTUALE

Le sezioni tipologiche della diga sono rappresentate nelle figure che seguono.

Nel seguito si riporta anche un'indicazione delle quantità dei vari materiali in relazione alle differenti tipologie costruttive della diga. Questi dati rappresentano la base di informazioni ai fini della definizione dell'intervento di demolizione.

Si evidenzia che per consentire la navigazione in sicurezza delle grandi navi di progetto sarà necessario prevedere, oltre ai necessari spazi di manovra definiti dal layout planimetrico della nuova diga, anche un adeguamento delle attuali profondità del canale portuale. In base a quanto indicato a riguardo nella Relazione illustrativa (elaborato cod. MI046R-PF-D-Z-R-002), per la più grande portaccontaineri di progetto occorrerà infatti garantire una quota fondale di -18,50 m s.m.m. nelle aree protette di manovra e accosto.

Tale riferimento viene tenuto in considerazione anche per le finalità progettuali delle opere della nuova diga, in particolare per le demolizioni si prevede la rimozione degli imbasamenti delle opere foranee esistenti fino alla quota prevista di -18,50 m s.m.m..

### 3.3.1. Tratto C-C' a ponente

La diga nel suo tratto di estremità a ponente si presenta come impilata di 4 massi ciclopici in calcestruzzo del peso di circa 400÷450 t cad. Le dimensioni dei massi risulta pari a 12,00 m (B) x 4,50 m (L) x 2,95 m (H) per una dimensione complessiva dell'infrastruttura pari quindi a 12,00 m (B) x 11,8 m (H).

L'infrastruttura risulta protetta lato mare da massi guardiani di dimensione 5,00 m (B) x 1,50 m (H).

Sull'impilata è stata realizzata la sovrastruttura che presenta una larghezza di circa 12 m ed un'altezza massima di 7,35 m s.m.m.

Il tratto in oggetto presenta una lunghezza di circa 155 m oltre i pennelli trasversali, per una lunghezza complessiva di 275 m. Tale tratto di diga risulta essere stato a suo tempo realizzato su fondali di quota fino a circa -18,00 m s.m.m., rispetto alla quale è ragionevole considerare, ai fini della demolizione, una tolleranza incrementale per effetti di compenetrazione e/o cedimento dei materiali costituenti l'imbasamento.

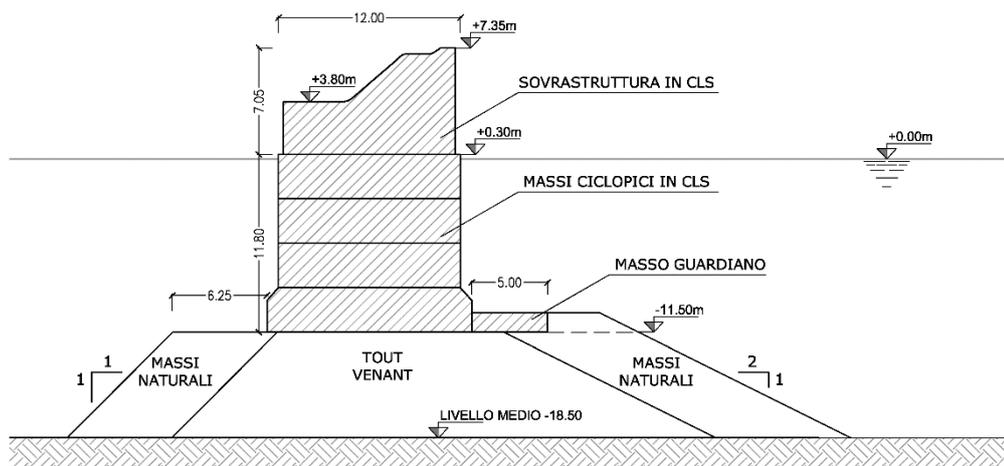


FIGURA 3-18 - SEZIONE TIPICA TRATTO C-C'

Nella tabella seguente si riporta la stima della consistenza dell'opera nelle sue quantità unitarie.

<b>Materiale</b>	<b>Volume</b>
	<b>[m<sup>3</sup>/m]</b>
Sovrastrutture fuori acqua	56,9
Strutture (corpo diga in calcestruzzo)	145,4
Massi artificiali in calcestruzzo	-
Blocchi in calcestruzzo	7,5
Massi naturali	119,0
Pietrame / Tout-venant	164,5

TABELLA 3-1 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO C-C'

### 3.3.2. Tratto C'-D

In questo tratto il corpo diga si presenta come impilata di 4 massi ciclopici in calcestruzzo del peso di circa 400÷450 t cad analogamente al tratto C-C'.

Le dimensioni dei massi risulta pari a 12,00 m (B) x 4,50 m (L) x 2,95 m (H) per una dimensione complessiva dell'infrastruttura pari quindi a 12,00 m (B) x 11,8 m (H). L'infrastruttura risulta protetta lato mare da massi guardiani di dimensione 5,00 m (B) x 1,50 m (H). Sull'impilata è stata realizzata la sovrastruttura che presenta una larghezza di circa 12 m ed un'altezza massima di 7,35 m s.m.m.

A seguito della mareggiata del 1955 la diga in tale tratto, in parte ricostruito, è stata protetta lato mare con una scogliera in massi naturali rivestita da una mantellata di massi artificiali creando una scarpata che si estende verso il largo per circa 50/60 m.

Il tratto in oggetto presenta una lunghezza complessiva di circa 1660 m.

Il tratto di diga risulta essere stato a suo tempo realizzato su fondali di quota fino a circa -18,00 m s.m.m., rispetto alla quale è ragionevole considerare, ai fini della demolizione, una tolleranza incrementale per effetti di compenetrazione e/o cedimento dei materiali costituenti l'imbasamento.

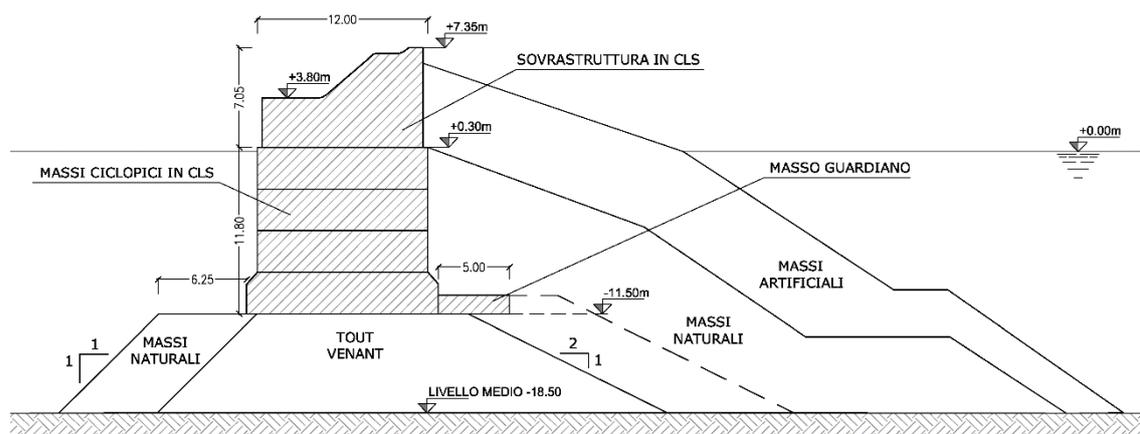


FIGURA 3-19 - SEZIONE TRATTO C'-D

Nella tabella seguente si riporta la stima della consistenza dell'opera nelle sue quantità unitarie.

<b>Materiale</b>	<b>Volume</b>
	<b>[m<sup>3</sup>/m]</b>
Sovrastrutture fuori acqua	56,9
Strutture (corpo diga in calcestruzzo)	145,4
Massi artificiali in calcestruzzo	130,7
Blocchi in calcestruzzo	7,5
Massi naturali	419,0
Pietrame / Tout-venant	164,5

TABELLA 3-2 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO C'-D

### 3.3.3. Tratto D-E

La diga nel tratto in oggetto si presenta come impilata di 3 elementi scatolari in conglomerato costituito da 6 parti di pietrisco, 2 parti di pozzolana ed 1 di calce grassa con l'aggiunta di 1 quintale di cemento Portland per ogni metro cubo di impasto.

Gli scatolari del peso di circa 200÷250 t cad. sono stati successivamente riempiti con un conglomerato analogo al precedente con l'esclusione dell'aggiunta di cemento Portland.

Sulla base della documentazione a disposizione la dimensione degli scolarari risulta 12,00 m (B) x 6,00 m (L) x 3,6 m (H) per una dimensione complessiva dell'infrastruttura pari quindi a 12,00 m (B) x 10,8 m (H).

L'infrastruttura risulta protetta sia lato mare che lato porto da massi guardiani di dimensione variabile come si evince dalla figura di seguito riportata. A coronamento è stata realizzata la sovrastruttura che presenta una larghezza di 12 m ed un'altezza massima di 7,40 m s.m.m. Analogamente al tratto C'-D, a seguito della mareggiata del 1955, la diga fu protetta lato mare con una scogliera in massi naturali rivestita da una mantellata di massi artificiali creando una scarpata che si estende verso il largo per circa 50/60 m.

Il tratto in oggetto presenta una lunghezza complessiva di circa 1550 m.

Tale tratto di diga risulta essere stato realizzato su fondali variabili tra quota -15,00 e -20,0 m s.m.m., con un livello medio della base dello scanno che può assumersi pari a -19.50 m s.m.m..

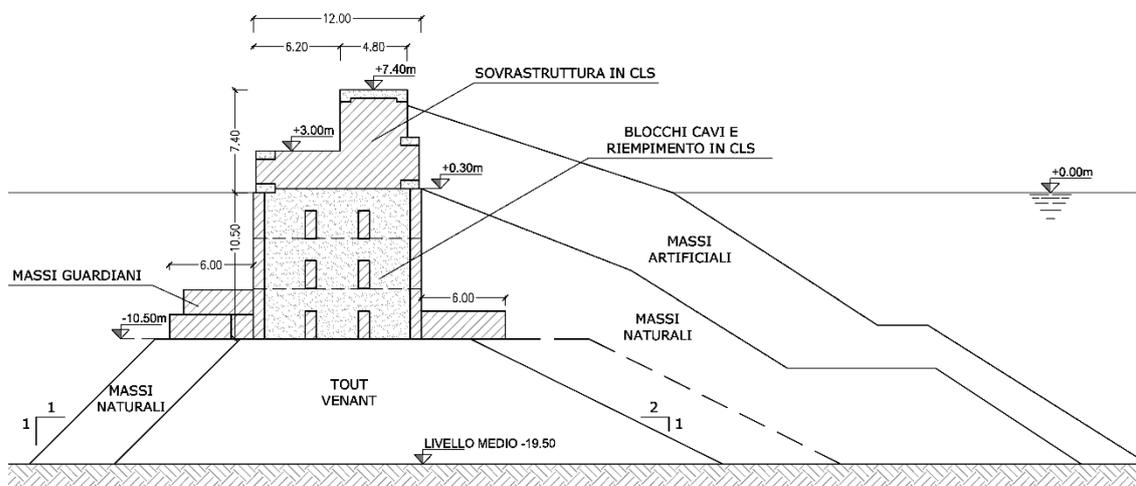


FIGURA 3-20 - SEZIONE TRATTO D-E

Nella tabella seguente si riporta la stima della consistenza dell'opera nelle sue quantità unitarie.

Materiale	Volume
	[m <sup>3</sup> /m]
Sovrastrutture fuori acqua	53,8
Strutture (corpo diga in calcestruzzo)	129,1
Massi artificiali in calcestruzzo	124,8
Blocchi in calcestruzzo	31,2
Massi naturali	426,0
Pietrame / Tout-venant	294,5

TABELLA 3-3 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO D-E

## 3.3.4. Tratto E-F

La diga nel tratto in oggetto si presenta di tipo a gettata come risulta dalla figura di seguito riportata.

La sovrastruttura presenta una larghezza complessiva pari a 31,05 m ed un'altezza massima di 8,50 m s.m.m., ed è realizzata su scogliera di massi naturali con la presenza di blocchi ciclopici disposti in acqua come riportato in figura.

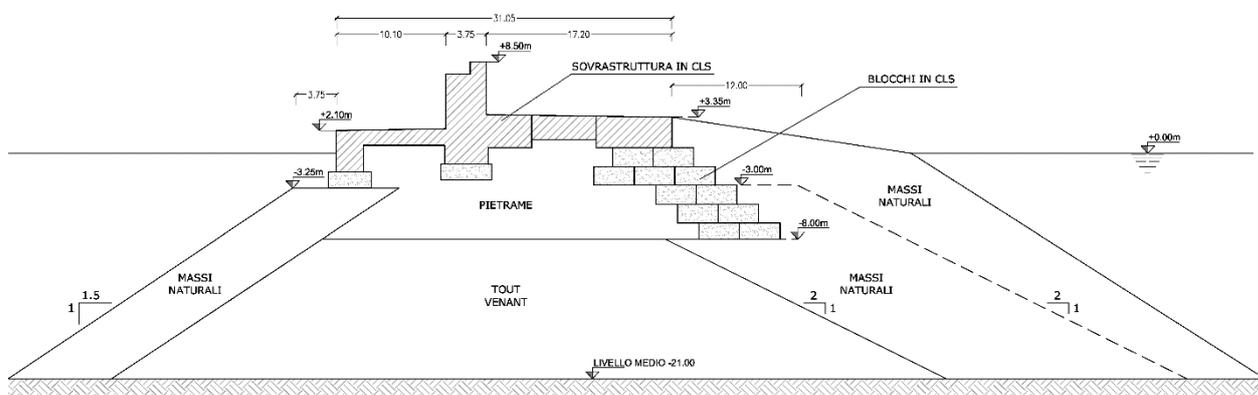


FIGURA 3-21 - SEZIONE TRATTO E-F

La diga risulta protetta lato mare da una scogliera in massi naturali con la presenza di sporadici massi artificiali, creando una scarpata che si estende verso il largo per una distanza di 70 m e oltre.

Il tratto in oggetto presenta una lunghezza complessiva di circa 810 m.

Tale tratto di diga risulta essere stato realizzato su fondali variabili tra quota -20,00 e -25,00 m s.m.m.. Gli elementi in possesso permettono di stimare quindi la consistenza indicativa dell'opera nelle sue quantità unitarie considerando il limite a -18,50 m s.m.m. della sezione a disposizione, come di seguito riportato in tabella.

<b>Materiale</b>	<b>Volume</b>
	<b>[m<sup>3</sup>/m]</b>
Sovrastrutture fuori acqua	100,0
Strutture (corpo diga in calcestruzzo)	-
Massi artificiali in calcestruzzo	-
Blocchi in calcestruzzo	83,0
Massi naturali	763,0
Pietrame / Tout-venant	733,0

TABELLA 3-4 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO E-F

### 3.3.5. Tratto F-G

Il prolungamento a levante della diga Duca di Galliera sulla base delle indicazioni contenute nella documentazione disponibile risulta realizzata in analogia al tratto C'-D di cui sopra.

Il tratto in oggetto presenta una lunghezza complessiva di circa 435 m.

In base alle informazioni disponibili tale tratto di diga risulta essere stato realizzato su fondali compresi tra -20,00 e -25,00 m s.l.m. m.

Analogamente al tratto C'-D-E, la diga in questo tratto risulta protetta lato mare da una scogliera di cui è evidente in superficie una mantellata di massi artificiali a creare una scarpata che si estende verso il largo per circa 50 m.

Riguardo alla stima della consistenza dell'opera, è possibile fare riferimento alle quantità unitarie presentate per il tratto C'-D e riportate nella tabella seguente.



Sui cassoni è stata realizzata la sovrastruttura che presenta una larghezza di 17,50 m ed un'altezza massima di 8,00 m s.m.m.

La profondità al piede del tratto in oggetto, che presenta una lunghezza complessiva di 670 m, risulta mediamente a quota -25,00 m s.m.m.

La sezione a disposizione permette di stimare una consistenza indicativa dell'opera nelle sue quantità unitarie così come riportato nella tabella che segue.

<b>Materiale</b>	<b>Volume</b>
	<b>[m<sup>3</sup>/m]</b>
Sovrastrutture	65,4
Strutture (cassoni vuoto per pieno)	318,6
Massi artificiali	-
Blocchi in calcestruzzo	10
Massi naturali	76,0
Pietrame / Tout-venant	281,0

TABELLA 3-6 - QUANTITÀ UNITARIE TRATTO G-H

## 4. LE CONDIZIONI GEOLOGICO-GEOTECNICHE E SISMICHE

### 4.1. Geologia del sito

Le indagini di campo di fase 1 e 2 hanno permesso di definire l'assetto geologico dell'intera area di progetto, grazie anche alla loro correlazione con le indagini pregresse presenti in corrispondenza dei moli del porto di Genova.

L'interpretazione congiunta delle indagini pregresse e di quelle di progetto garantisce un maggior dettaglio e robustezza del modello geologico di riferimento.

L'area è caratterizzata da una struttura ad "horst-graben", come indicato in Figura 4-1, dove in rosso sono i settori di alto strutturale ed in blu quelli di basso strutturale. Nei primi il tetto del substrato roccioso si trova a 10 – 15 m di profondità dal fondale, mentre nei secondi a profondità superiori ai 200 m.

Le depressioni sono riempite dalle Argille di Ortovero (Pliocene), che sono assenti nei settori di alto strutturale, in accordo con quanto indicato in letteratura.

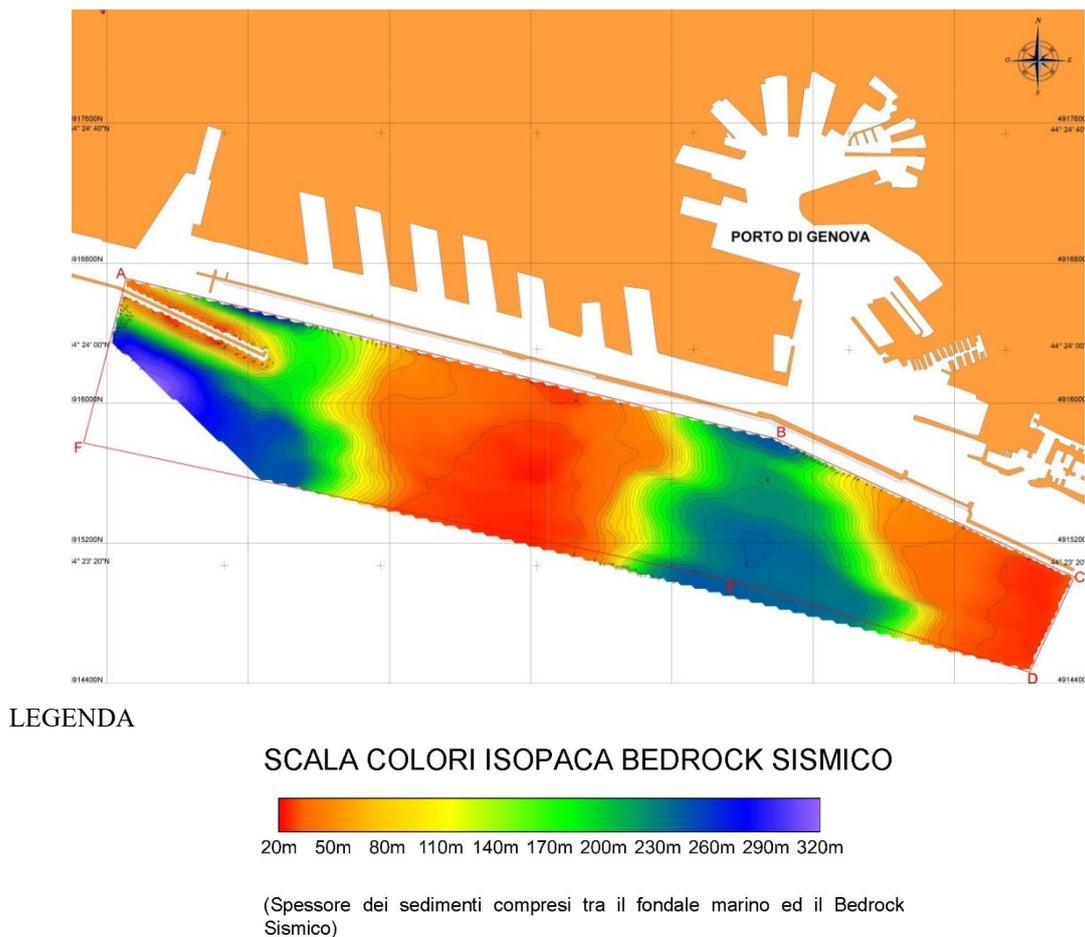


FIGURA 4-1 - GEOLOGIA DEL SITO - INDAGINE SPARKER - PROFONDITA' DEL TETTO DEL SUBSTRATO ROCCIOSO DAL FONDALE

I sedimenti recenti, che si appoggiano al di sopra del substrato roccioso o delle Argille di Ortovero, sono composti da una sequenza di sabbie, limi sabbiosi e limi argillosi.

Il loro spessore è minimo e pari a circa 10 – 15 m nell'area di progetto più esterna verso mare, mentre aumenta progressivamente verso costa fino a valori di 20 – 25 m in corrispondenza delle banchine del porto di Genova.

Sulla base dell'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio della indagine di progetto è stato possibile definire le unità stratigrafiche, che compongono i terreni di fondazione. Le unità sono state definite sulla base dei loro caratteri granulometrici, di plasticità, di consistenza/addensamento, di grado litoide, pertanto risultano essere omogenee da un punto di vista dei caratteri stratigrafici. Questi determinano anche i parametri di resistenza e deformabilità, pertanto risulta che le unità stratigrafiche sono omogenee da un punto di vista del comportamento geotecnico. Sono state riconosciute le seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità R** (Attuale): materiale antropico, granulare ed eterogeneo di riempimento dei moli esistenti;
- **Unità LA** (Quaternario): deposito marino, limo argilloso – sabbioso localmente con argilla, poco consistente e debolmente sovraconsolidato. Presenza dispersa di livelletti limoso – sabbiosi e di piccole tasche con sostanza organica, tracce di frammenti di conchiglie, colore grigio – scuro;
- **Unità LS** (Quaternario): deposito marino, limo sabbioso/limo con sabbia poco consistente e debolmente sovraconsolidato con intercalazioni sabbioso – limose, presenza di piccole tasche con sostanza organica, tracce di frammenti di conchiglie, colore grigio – scuro;
- **Unità SL** (Quaternario): deposito costiero, sabbia limosa mediamente addensata, tracce di frammenti di conchiglie, colore grigio. La porzione inferiore dell'unità è caratterizzata dalla presenza di sabbie grossolane ghiaiose;
- **Unità GS** (Pliocene - Pleistocene): deposito di conoide, ghiaie eterometriche da sub-arrotondate a sub-angolari in scarsa matrice sabbioso – limosa giallastra, presenza di paleosuoli e di intercalazioni sabbioso – limose. I clasti sono di natura calcareo – marnosa;
- **Unità ORV** (Pliocene Inf.): Formazione delle Argille di Ortovero, limo argilloso - sabbioso compatto sovraconsolidato, presenza dispersa di livelli sabbioso – ghiaiosi, colore grigio. La porzione superiore dell'unità è meno consistente ed è nominata ORV(s);
- **Unità FAN/MGG/ROC/MTE**: substrato roccioso, per la descrizione di queste unità si rimanda al capitolo relativo.

## 4.2. Le caratteristiche geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione si è basata sulla interpretazione delle prove penetrometriche PCPT e di quelle di laboratorio.

Il confronto tra le PCPT e le prove di laboratorio ha indicato una buona congruenza dei risultati per i valori di resistenza e deformabilità, indicando da un lato l'uniformità dei caratteri stratigrafici delle unità individuate e dall'altro la qualità delle indagini svolte.

Le unità LA ed ORV hanno un comportamento riconducibile a "non drenato", vista la natura coesiva, mentre l'unità SL è granulare e quindi caratterizzata da resistenza di tipo "drenata". L'unità LS è un terreno di transizione, il cui comportamento ai fini progettuali è stato ricondotto a tipo "non drenato" anche se la variabilità di componente sabbiosa potrebbe localmente ricondurlo a un'unità granulare.

L'unità ORV è marcatamente sovraconsolidata, mentre le unità LA e LS possiedono un modesto grado di preconsolidazione. Visto che la tensione di preconsolidazione è modesta in rapporto alle tensioni indotte dall'opera, si passerà rapidamente dal ramo di ricarico a quello di compressione vergine, quindi il comportamento di queste due unità sarà determinato principalmente dalle loro caratteristiche nel campo della normalconsolidazione. Il fatto che le unità LS e LA siano presenti al fondale implica che le loro caratteristiche geotecniche determinino il comportamento dell'opera di progetto.

La Tabella 4-1 riporta la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, l'unità GS non è stata considerata in quanto la sua presenza è solo locale lungo l'opera e viene incontrata a profondità superiori a 30 m dal fondale.

TABELLA 4-1 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO – TERRENI NATURALI DI FONDAZIONE

Unità (n.)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$e_0$ (-)	IP (%)	G <sub>s</sub> (-)	OCR (-)	c <sub>u</sub> (KPa)	c' (KPa)	$\Phi'$ (°)	M (MPa)	E (MPa)	CR (-)	RR (-)	$\nu$ (-)	c <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /s)	c <sub><math>\alpha</math></sub> (-)	k (m/s)	G <sub>max</sub> (MPa)	V <sub>s</sub> (m/s)
LA	17	1.15	15	2.7	2	5+2.5z	10	26	1.5	0.7	0.18	0.03	0.4	1.5E-6	0.006	1,E-08	15	90
LS	17.5	0.9	0-10	2.7	2	15+7z	5	32	3.5	2.2	0.15	0.025	0.35	3.5E-5	-	1,E-07	20	110
SL	18.5	-	-	2.7	-	-	0	35	-	40	-	-	0.32	-	-	1,E-06	75	200
ORV	20	0.75	18	2.7	2	300-400	50	30	64	50	-	-	0.28	6,E-06	-	1,E-09	180	300
ORVs	19	0.85	18	2.7	>4	100-200	30	30	40	30	-	-	0.30	2,E-05	-	5,E-09	120	250
ROCCIA	25	-	-	-	-	-	170	55	-	2000	-	-	0.25	-	-	1,E-07	-	>800

La Tabella 4-2 indica invece i parametri per i materiali da costruzione e per i terreni di fondazione LA e LS a seguito del trattamento di consolidamento, infatti le loro

caratteristiche geotecniche sono tali che in virtù dei carichi trasmessi dall'opera si è reso necessario un loro trattamento diffuso con colonne in ghiaia.

TABELLA 4-2 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO – MATERIALI DA COSTRUZIONE E TERRENI DI FONDAZIONE MIGLIORATI

Unità (n.)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	IP (%)	c' (KPa)	e <sub>0</sub> (-)	$\Phi'$ (°)	M (MPa)	E (MPa)	v (-)	k (m/s)
LA <sub>improved</sub>	17.5	15	4	1	36	3	2.2	0.3	4,E-06
LS <sub>improved</sub>	17.7	5	4	1	36	4.4	3.3	0.3	7,E-06
Scanno	21	-	0	-	45	-	30	0.3	5,E-04
Rinfianco - Massicciata	20	-	0	-	45	-	30	0.3	1,E-02

### 4.3. Le caratteristiche sismiche

L'area del genovese risulta al di fuori delle zone sismogenetiche della classificazione ZS9 (Meletti C. e Valensise G., 2004) del territorio italiano. L'analisi di disaggregazione M-R indica una magnitudo media  $M_w = 5$  per una distanza media dell'evento sismico di 32 Km. Essendo che il periodo di riferimento  $V_R = 75$  anni, si ha che la pericolosità sismica di base è data da una accelerazione orizzontale su suolo rigido  $a_g = 0.079$  g per un tempo di ritorno dell'evento sismico  $T_R = 712$  anni agli SLV.

I valori di velocità delle onde di taglio  $V_s$  sono stati desunti dalla interpretazione delle prove PCPT, tarata sulla base delle prove di laboratorio con colonna risonante.

La classificazione sismica dei terreni definisce una categoria D con  $V_{seq} < 180$  (m/s), pertanto il valore di progetto della massima accelerazione al fondale è pari a:

$$a_{g_{max}} = a_g \times S_S \times S_T = 0.079 \times 1.8 \times 1.0 = 0.142 \text{ (g)}$$

### 4.4. Potenziale di liquefazione

E' stata eseguita l'analisi del potenziale di liquefazione sulla base delle PCPT per l'unità SL, indicando un potenziale nullo. Questo studio non è stato effettuato per le altre unità a causa della loro granulometria fine.

Le prove triassiali cicliche confermano l'analisi sulla base delle PCPT, infatti l'azione di taglio ciclica di progetto è sempre inferiore alla resistenza ciclica di tutte le unità stratigrafiche.

## 5. LE CONDIZIONI METEOMARINE

Nei paragrafi seguenti vengono riportate in maniera sintetica le condizioni meteomarine che caratterizzano il paraggio in esame.

Per ulteriori dettagli si rimanda allo Studio delle condizioni meteomarine (el. MI046R-PF-D-I-R-020).

### 5.1. Livelli del mare

Sul molo Ponte Spinola all'interno del Bacino Porto Vecchio è presente il mareografo della stazione mareografica di Genova, appartenente alla Rete Mareografica Nazionale (RMN) gestita da ISPRA.

Dal portale RMN sono stati acquisiti i dati di livello registrati con cadenza di 10 min da Dicembre 1998 a Dicembre 2019 ed è stata effettuata l'analisi armonica delle misure al fine di calcolare le costanti armoniche che caratterizzano l'oscillazione nel paraggio in esame e scomporre così le misure in *componente astronomica* e *componente residua*.

I livelli di marea astronomica relativi al Porto di Genova sono riportati in Tabella 5-1.

Highest Astronomical Tide	HAT	+0.21	m
Mean High Water Spring	MHWS	+0.16	m
Mean Higher High Water	MHHW	+0.12	m
Mean Sea Level	MSL	0.00	m
Mean Lower Low Water	MLLW	-0.10	m
Mean Low Water Spring	MLWS	-0.16	m
Lowest Astronomical Tide	LAT	-0.21	m

TABELLA 5-1 - LIVELLI DI MAREA ASTRONOMICA PER IL PORTO DI GENOVA

La serie dei valori di livello residuo, ottenuta depurando le registrazioni del mareografo RMN di Genova dalla componente astronomica di marea, è stata analizzata al fine di valutare la probabilità di accadimento dei valori estremi. I valori di livello residuo attesi nel porto di Genova in funzione del tempo di ritorno sono riportati in Tabella 5-2.

Tr (anni)	Livello residuo (m MSL)
1	0.37
2	0.43
5	0.51
10	0.57
25	0.66
50	0.72
100	0.78
250	0.86

TABELLA 5-2 - VALORI DI LIVELLO RESIDUO ATTESI NEL PORTO DI GENOVA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO

## 5.2. Condizioni anemometriche

Per l'analisi del **regime anemometrico al largo** si è fatto riferimento ai dati in ricostruzione forniti dal DICCA e dal MedAtlas.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova nell'ambito del progetto MeteOcean ha effettuato una procedura di rianalisi delle condizioni meteomarine per tutto il Mediterraneo dal 1979 al 2018 con cadenza oraria. Dal database del DICCA è stata acquisita la serie storica dei dati di vento in ricostruzione nel punto di 000323 di coordinate 44.04°N - 8.74°E, al largo del Golfo di Genova.

La distribuzione direzionale dei venti al largo nel punto DICCA è riportata in Figura 3-1. In termini di frequenza di accadimento i venti regnanti (più frequenti) provengono dal settore di Tramontana (0 °N) e da Libeccio (210 °N). I venti dominanti (più intensi), con velocità del vento superiori a 14 m/s (vento forza 7 superiore a 30 nodi), si verificano in media poche ore anno e provengono prevalentemente dal settore di Tramontana e dal settore di Libeccio.

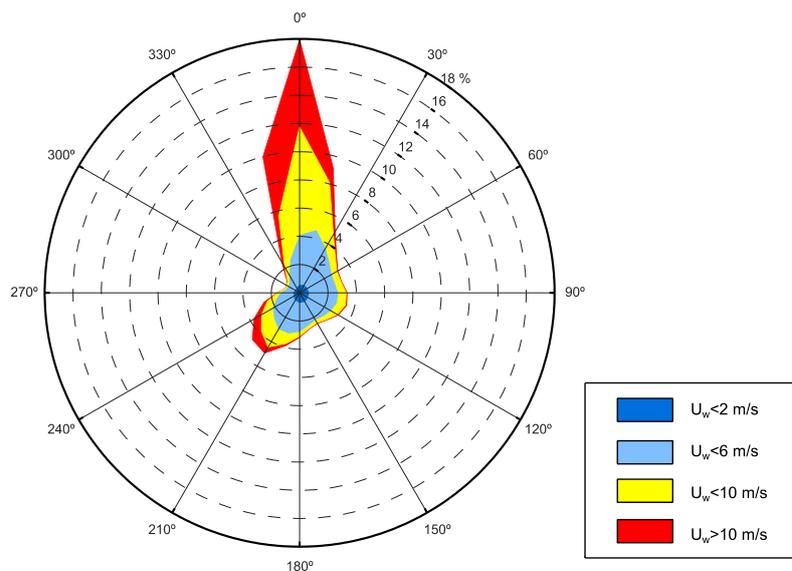


FIGURA 5-1 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI VENTI RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DEL GOLFO DI GENOVA - PERIODO DI RIFERIMENTO 1979-2018

Dal database del Medatlas sono stati estratti i dati relativi al punto di ricostruzione posizionato al largo del Golfo di Genova, in corrispondenza delle coordinate 44.0 °N - 9.0 °E. Il periodo di riferimento si estende per 10 anni dal 1992 al 2001.

La distribuzione direzionale dei venti al largo ottenuta dai dati forniti dal Medatlas è riportata nel diagramma polare di Figura 5-2.

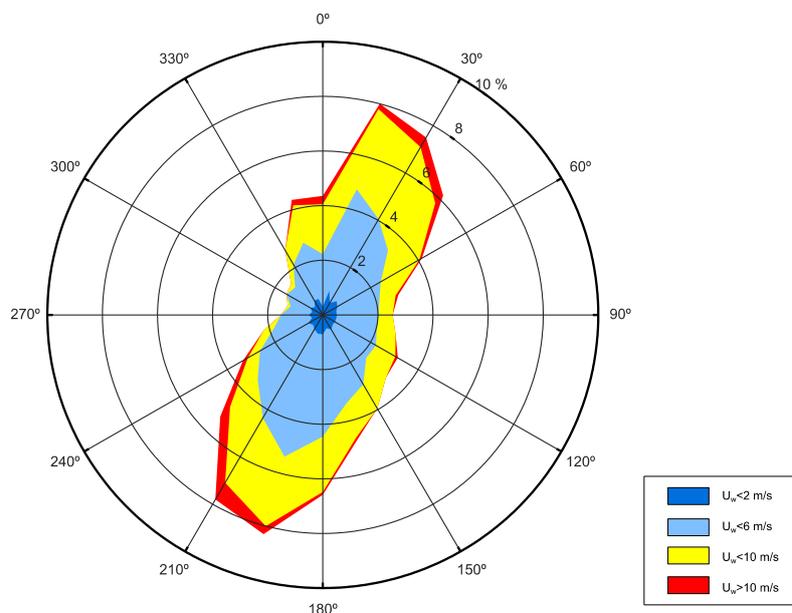


FIGURA 5-2 - DISTRIBUZIONE DEI VENTI FORNITI DAL MEDATLAS AL LARGO DI GENOVA - PERIODO DI RIFERIMENTO 1992-2001

Per quanto riguarda il **regime anemometrico sottocosta**, si riportano sinteticamente di seguito i risultati delle analisi condotte sui dati delle due stazioni più rappresentative per il porto di Genova, quella ISPRA nel porto vecchio e quella ENAV-AM dell'aeroporto di Sestri.

All'interno del Bacino Porto Vecchio del porto di Genova presso il pontile Spinola è presente la stazione mareografica gestita da ISPRA appartenente alla Rete Mareografica Nazionale (RMN) di Genova, dotata di un anemometro che misura la velocità e la direzione del vento a quota +10 m s.l.m. con cadenza di acquisizione di 10 minuti.

In Figura 5-3 è riportato il diagramma di distribuzione direzionale dei venti osservati alla stazione mareografica RMN di Genova nel periodo di riferimento 1999 - 2019.

La distribuzione direzionale della frequenza di accadimento su base annuale mostra una prevalenza di stati di vento provenienti dal settore N-NE e dai settore di Sud-Est e Sud-Ovest, questi ultimi di intensità più moderata.

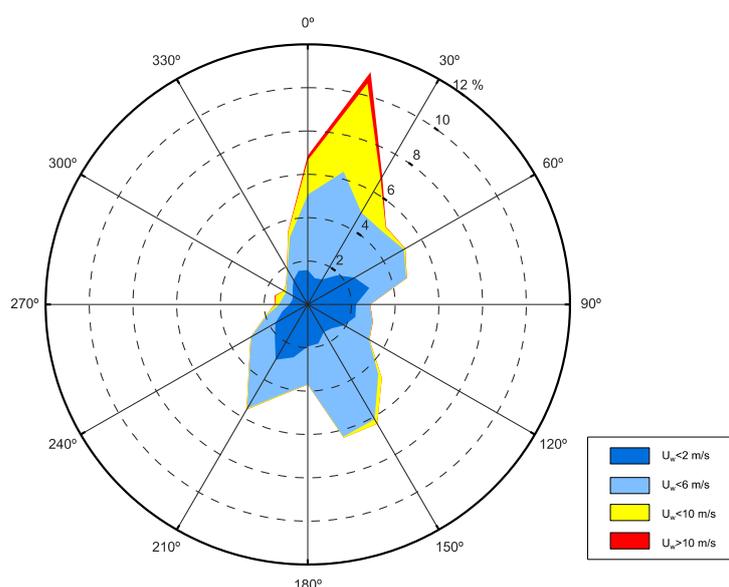


FIGURA 5-3 - DIAGRAMMA DI DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI VENTI OSSERVATI ALLA STAZIONE MAREOGRAFICA RMN DI GENOVA (GEN. 1999 - NOV. 2019)

Per quanto riguarda la stazione meteorologica di Genova/Sestri Ponente, stazione storica di riferimento del servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare e a servizio dell'aeroporto civile di Genova, le registrazioni sono disponibili dal 1963 al 2019.

Una trattazione esaustiva dei dati anemometrici registrati a partire dal 1963 fino al 2007 dalla stazione meteo di Genova-Sestri è contenuta nel rapporto "*Analisi statistica dei dati storici di vento registrati dalle stazioni anemometriche*" redatto dall'Università di Genova nell'ambito del progetto europeo VENTO e PORTI.

La conseguente distribuzione direzionale della frequenza di accadimento delle velocità del vento è mostrata nella seguente Figura 5-4.

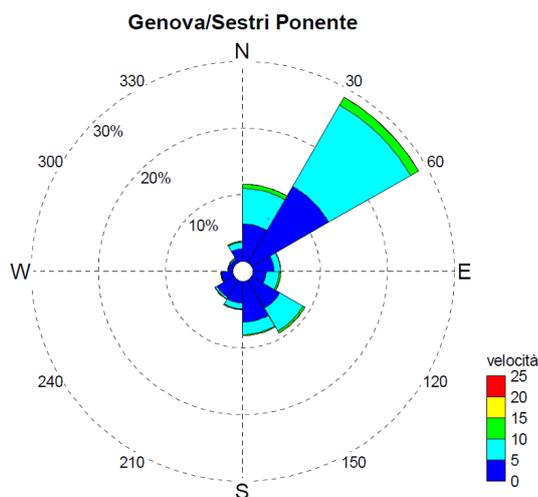


FIGURA 5-4 - DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ DEL VENTO (M/S) PER LA STAZIONE GENOVA-SESTRI DAL 1963 AL 2007

Le informazioni relative ai venti, desunte dal rapporto VENTO e PORTI, sono state integrate con i dati SYNOP emessi con cadenza trioraria dalla stazione meteorologica di Genova Sestri nel periodo Gennaio 2008 - Dicembre 2019.

Il diagramma di distribuzione direzionale di Figura 5-5 conferma per la stazione di Genova Sestri una netta prevalenza di venti provenienti da Grecale a cui seguono, per frequenza di apparizione, gli eventi provenienti da Scirocco.

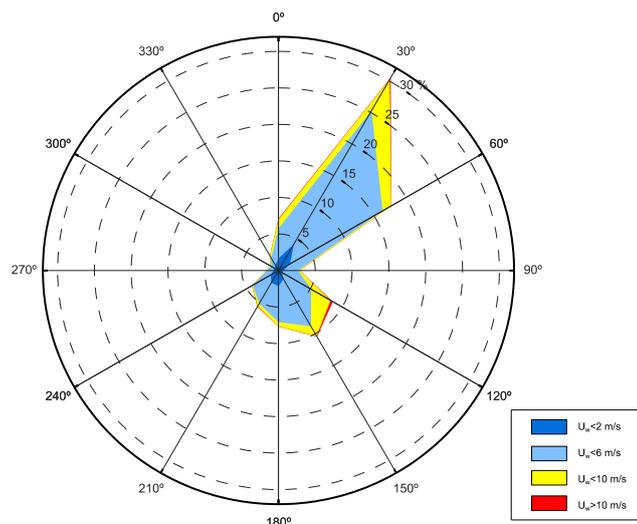


FIGURA 5-5 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEI DATI VENTO SYNOP PER LA STAZIONE DI GENOVA-SESTRI - PERIODO DI RIFERIMENTO GEN 2008-DIC 2019

Per la valutazione delle **condizioni estreme di vento** si è fatto riferimento ai risultati presentati nella relazione "*Analisi statistica dei dati storici di vento registrati dalle stazioni anemometriche*" redatta dall'Università di Genova nell'ambito del progetto europeo VENTO e PORTI. Le velocità del vento in funzione dei diversi tempi di ritorno, determinate sulla base dell'analisi delle misure effettuate dal 1963 al 2007 presso l'aeroporto di Genova-Sestri, sono riportate in Tabella 5-3.

TABELLA 5-3 - VALORI ESTREMI VELOCITÀ DEL VENTO - DATI REGISTRATI DALLA STAZIONE METEO GENOVA-SESTRI (1963-2008)

$T_R$ anni	V (m/s)
2	17.0
5	18.8
10	20.0
20	21.1
50	22.6
100	23.7
200	24.8
500	26.2

### 5.3. Le condizioni di moto ondoso al largo

Per lo sviluppo dello studio meteomarinario si è fatto riferimento ai seguenti dati di moto ondoso (si veda la localizzazione delle stazioni di misura o ricostruzione in Figura 5-6):

- registrazioni ondamiche direzionali (effettuate tra il 1989 ed il 2014) effettuate dalla boa posta al largo La Spezia appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale acquisite dall'ISPRA;

- registrazioni ondametriche direzionali (da ottobre 2012 a Settembre 2019) effettuate dalla boa ondametrica posta al largo di Capo Mele appartenente alla rete di misura della Regione Liguria;
- registrazioni ondametriche non direzionali (da Aprile 1978 a Settembre 1982) effettuate dalla boa ondametrica CNR/ENEL posta al largo di Nervi;
- dati di moto ondoso in re-analisi ricostruiti tra il 1979 ed il 2018 per il mediterraneo dal DICCA con il modello di generazione e propagazione del moto ondoso WaveWatch III (WWIII). Dal database generato dal DICCA sono state acquisite le serie temporali estratte nei seguenti punti:
  - P\_000323 al largo del Golfo di Genova
  - P\_000367 al largo di La Spezia
  - P\_000354 al largo di Capo Mele

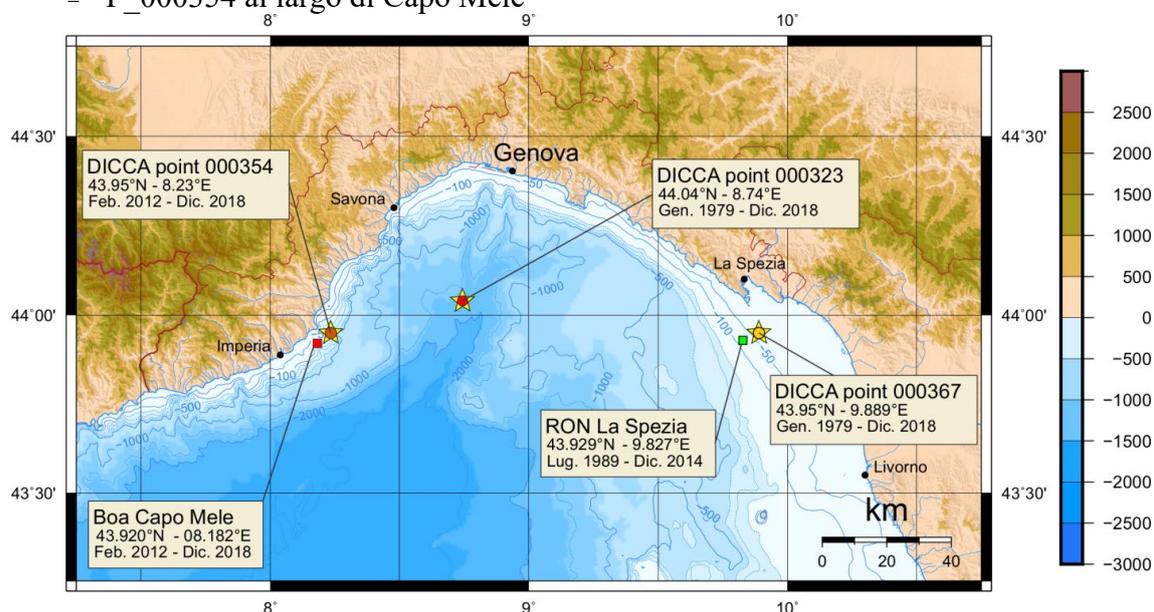


FIGURA 5-6 - LOCALIZZAZIONE DELLE DIVERSE FONTI DI DATI DI MOTO ONDOSO UTILIZZATE PER LO STUDIO METEOMARINO

Le serie storiche del DICCA, che coprono 40 anni spingendosi fino a tutto il 2018, sono indiscutibilmente quelle più robuste dal punto di vista statistico e sono pertanto state utilizzate per la definizione delle condizioni meteomarine per il paraggio di interesse.

Tuttavia il loro confronto con le misure dirette di moto ondoso disponibili ha evidenziato una tendenza del dato ricostruito a sottostimare leggermente il dato misurato. Per tale ragione, utilizzando un approccio conservativo, si è deciso di operare la calibrazione dei dati ricostruiti in re-analisi dal DICCA mediante confronto con i dati misurati.



FIGURA 5-7 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DI GENOVA (PUNTO 000323) - PERIODO DI RIFERIMENTO (1979-2018)

La legge di dipendenza tra il periodo di picco  $T_p$  e l'altezza d'onda significativa  $H_s$  è stata determinata con riferimento agli eventi di moto ondoso con altezza d'onda significativa  $H_s \geq 0.5$  m, distinti nei due settori di traversia. I parametri  $a$  e  $b$  della relazione di Mathiesen et al. (1994):  $T_p = a \cdot (H_s)^b$  sono stati ricavati con il metodo dei minimi quadrati.

In Figura 5-8 sono riportate le funzioni di correlazione tra i valori di  $T_p$  e  $H_s$  al largo di Genova ottenute per i due settori di traversia. Gli eventi provenienti da Mezzogiorno-Li-beccio sono caratterizzati da periodi di picco  $T_p$  generalmente più elevati rispetto agli stati di mare provenienti da Mezzogiorno.

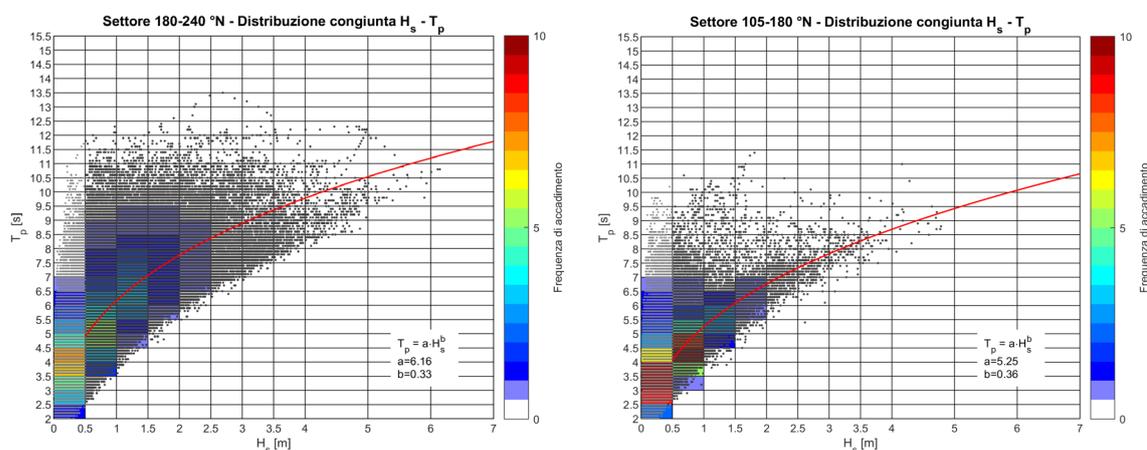


FIGURA 5-8 - DISTRIBUZIONE CONGIUNTA DEI VALORI  $H_s$  E  $T_p$  E LEGGE DI ADATTAMENTO PER I DATI DI MOTO ONDOSO RICOSTRUITI DAL DICCA AL LARGO DI GENOVA. A SINISTRA SETTORE (180 - 240 °N), A DESTRA SETTORE (105 - 180°N)

Per la definizione delle **condizioni estreme di moto ondoso al largo** associate a prefissati tempi di ritorno è stata effettuata un'analisi statistica dei valori estremi ricostruiti al largo di Genova dal DICCA per il periodo che si estende dal 1979 al 2018. I dati di moto ondoso sono stati calibrati sulla base del confronto con i dati misurati dalla boa ondometrica RON di La Spezia adottando un coefficiente di correzione pari a 1.16.

L'analisi degli eventi estremi effettuata con il metodo POT (Peaks Over Threshold) ha permesso di definire il valore dell'altezza d'onda significativa associata a diversi tempi di ritorno, in relazione ai diversi settori di provenienza del moto ondoso.

I risultati dell'analisi sono riassunti sinteticamente nella seguente Tabella 5-4, che riporta anche i valori del periodo di picco associati agli stati di mare estremi, determinati analizzando la correlazione tra i valori di altezza d'onda al colmo delle mareggiate ed il corrispondente periodo di picco  $T_p$ .

Tempo di ritorno	Settore 180 - 240 °N		Settore 105 - 180 °N		Overall (90 - 270 °N)	
	$H_s$	$T_p$	$H_s$	$T_p$	$H_s$	$T_p$
[anni]	[m]	[s]	[m]	[m]	[m]	[m]
2	5.3	9.6	3.6	7.9	5.3	9.6
5	5.9	10.0	4.1	8.4	5.9	10.0
10	6.4	10.3	4.6	8.8	6.4	10.3
50	7.5	11.0	5.7	9.5	7.5	11.0
100	8.0	11.3	6.1	9.8	8.0	11.3
250	8.7	11.6	6.7	10.2	8.7	11.6
500	9.2	11.9	7.2	10.5	9.2	11.9

TABELLA 5-4 - VALORI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO DEL GOLFO DI GENOVA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO

#### 5.4. Le condizioni di moto ondoso alla diga foranea

Per definire le condizioni di moto ondoso sottocosta in prossimità delle nuove opere portuali è stata effettuata la propagazione del moto ondoso da largo verso riva per mezzo di due modelli numerici: (i) il modello di rifrazione diretta spettrale di terza generazione SWAN e (ii) il modello di rifrazione inversa spettrale MEROPE.

Il confronto tra i risultati ottenuti ha mostrato che il modello MEROPE fornisce nel presente caso risultati più conservativi rispetto al modello SWAN e pertanto sono stati utilizzati i risultati di quest'ultimo modello per definire sia il clima ondometrico in costa, sia le condizioni di moto ondoso di progetto delle nuove opere foranee.

Per definire queste condizioni si è fatto riferimento al punto denominato P1 posto ad una profondità di -75 m sul l.m.m. in una posizione centrale rispetto alle nuove opere foranee previste dalla soluzione di progetto.

I risultati ottenuti per il punto P1 sono riportati in termini di **clima ondometrico medio annuale** nella Figura 5-9. Dal diagramma polare di Figura 5-9 si evince una netta prevalenza di stati di mare provenienti da Libeccio (30.2%), caratterizzati anche dalle altezze d'onda più elevate.

I risultati ottenuti in P1 in termini di **eventi estremi di moto ondoso** sono riportati nella Tabella 5-5 per il settore di traversia principale (180 - 240 °N) e nella Tabella 5-6 per il

settore di traversia secondario (105-180 °N). Nelle tabelle gli eventi estremi sono riportati per diversi tempi di ritorno e diverse direzioni di provenienza del moto ondoso a largo.

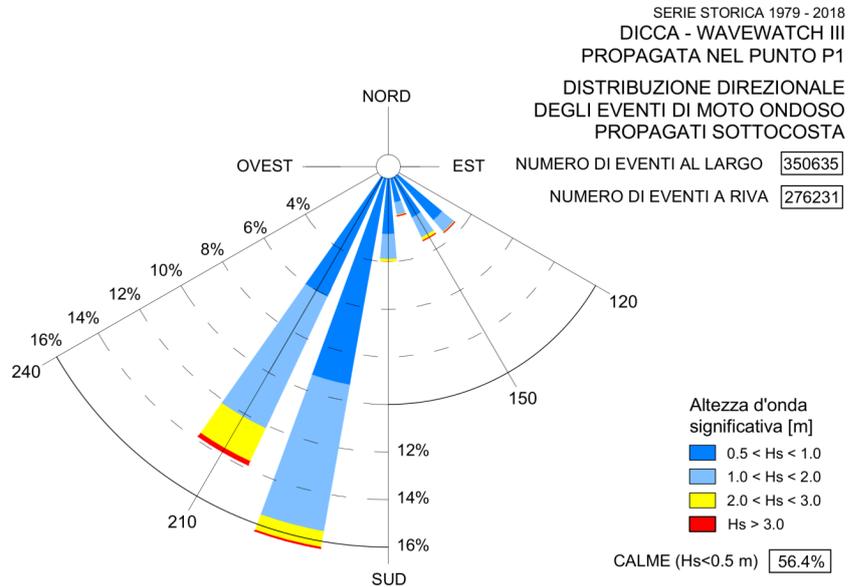


FIGURA 5-9 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO PROPAGATI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 CON IL MODELLO DI INVERSA SPETTRALE

**Relazione tecnica generale**

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

**TABELLA 5-5 - EVENTI ESTREMI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 ALLA -75 M – SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE 180 - 240 °N**

<b>Settore 180 – 240 °N</b>						
TR [anni]	al largo			sottocosta nel punto P1 (-75 m s.l.m.)		
	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Dir [°N]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Dir [°N]
2	5.3	9.6	180	5.2	9.8	179
	5.3	9.6	210	4.8	9.8	203
	5.3	9.6	240	3.3	9.8	216
5	5.9	10.0	180	5.8	10.6	179
	5.9	10.0	210	5.4	10.6	203
	5.9	10.0	240	3.7	9.8	216
10	6.4	10.3	180	6.3	10.6	179
	6.4	10.3	210	5.9	10.6	203
	6.4	10.3	240	4.0	9.8	216
50	7.5	11.0	180	7.3	11.4	179
	7.5	11.0	210	6.8	11.4	203
	7.5	11.0	240	4.7	11.4	217
100	8.0	11.3	180	7.8	11.4	179
	8.0	11.3	210	7.3	12.3	203
	8.0	11.3	240	5.1	12.3	217
250	8.7	11.6	180	8.5	12.3	179
	8.7	11.6	210	7.9	12.3	203
	8.7	11.6	240	5.5	13.2	217
500	9.2	11.9	180	8.95	12.3	179
	9.2	11.9	210	8.40	12.3	203
	9.2	11.9	240	5.9	13.2	217

TABELLA 5-6 - EVENTI ESTREMI SOTTOCOSTA NEL PUNTO P1 ALLA -75 M – SETTORE DI TRAVERSIA SECONDARIO 105 - 180 °N

Settore 105-180 °N						
al largo				sottocosta punto P1 (-75) m s.l.m.)		
TR [anni]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Dir [°N]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Dir [°N]
2	3.6	7.9	120	3.0	9.1	132
	3.6	7.9	150	3.5	8.5	153
5	4.1	8.4	120	3.5	9.1	132
	4.1	8.4	150	4.0	9.1	152
10	4.6	8.8	120	4.0	9.1	131
	4.6	8.8	150	4.5	9.1	152
50	5.7	9.5	120	5.0	9.1	131
	5.7	9.5	150	5.6	9.8	152
100	6.1	9.8	120	5.4	9.1	131
	6.1	9.8	150	5.9	10.6	152
250	6.7	10.2	120	5.9	10.6	131
	6.7	10.2	150	6.5	10.6	152
500	7.2	10.5	120	6.4	11.4	131
	7.2	10.5	150	7.0	10.6	152

Infine sono state definite le condizioni di moto ondoso incidenti in corrispondenza del piede (quota di imbasamento delle opere) delle sezioni di riferimento utilizzate per il dimensionamento e verifica delle nuove opere foranee. Le condizioni di moto ondoso incidenti, espresse in termini di altezza d'onda significativa  $H_s$ , periodo di picco spettrale  $T_p$  e direzione di provenienza, sono riportate nelle Tabella 5-7 e Tabella 5-8 in relazione alla Fase a di realizzazione e in Tabella 5-9 per la Fase b.

Data la regolarità dei fondali antistanti le nuove opere, queste condizioni di moto ondoso sono state calcolate, riferendosi al punto P1 e tenendo conto dei fenomeni combinati di rifrazione, shoaling e diffrazione esterna. Per le sezioni parzialmente schermate dall'opera foranea la diffrazione esterna è stata valutata utilizzando i diagrammi di diffrazione per onde con energia dispersa in frequenza e direzione calcolati da Goda (vedi "Random Seas and Design of Maritime Structures", Yoshimi Goda, Word Scientific).

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

TABELLA 5-7 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSIA  
PRINCIPALE 180 - 240 °N – FASE A

Settore 180 – 240 °N				Sezione – profondità											
al largo				Sez. 1			Sez. 2			Sez. 3			Sez. 4		
				-45.0			-35.0			-25.0			-20.0		
TR	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir
[anni]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]
1	4.8	9.0	180	4.6	9.0	179	4.5	9.0	180	4.4	9.0	180	4.3	9.0	181
	4.8	9.0	210	4.3	9.0	203	4.2	9.0	203	4.1	9.0	202	4.0	9.0	201
	4.8	9.0	240	2.8	9.0	216	2.8	9.0	215	2.7	9.0	213	2.6	9.0	212
50	7.5	11.0	180	7.0	11.4	179	6.8	11.4	180	6.7	11.4	181	6.8	11.4	182
	7.5	11.0	210	6.5	11.4	203	6.3	11.4	202	6.3	11.4	201	6.3	11.4	200
	7.5	11.0	240	4.5	11.4	216	4.4	11.4	215	4.3	11.4	212	4.3	11.4	211
250	8.7	11.6	180	8.1	12.3	179	8.0	12.3	180	8.0	12.3	182	8.1	12.3	182
	8.7	11.6	210	7.5	12.3	203	7.4	12.3	202	7.4	12.3	201	7.5	12.3	200
	8.7	11.6	240	5.2	13.2	216	5.2	13.2	214	5.2	13.2	212	5.3	13.2	210
500	9.2	11.9	180	8.5	12.3	179	8.4	12.3	180	8.4	12.3	182	8.5	12.3	182
	9.2	11.9	210	8.0	12.3	203	7.9	12.3	202	7.9	12.3	201	8.0	12.3	200
	9.2	11.9	240	5.6	13.2	216	5.6	13.2	214	5.6	13.2	212	5.7	13.2	210

TABELLA 5-8 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSIA  
SECONDARIO 105 - 180 °N – FASE A

Settore 105 – 180 °N				Sezione – profondità					
al largo				Sez. 5			Sez. 6		
				-25.0			-25.0		
TR	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir
[anni]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]
1	2.6	7.0	120	1.6	7.0	120	2.2	7.0	160
	2.6	7.0	150	1.5	7.0	120	2.4	7.0	160
50	5.7	9.5	120	2.9	9.1	120	4.1	9.1	160
	5.7	9.5	150	2.7	9.8	120	4.3	9.8	160
250	6.7	10.2	120	3.3	10.6	120	4.7	10.6	160
	6.7	10.2	150	3.1	10.6	120	5.0	10.6	160
500	7.2	10.5	120	3.6	11.4	120	5.0	11.4	160
	7.2	10.5	150	3.3	10.6	120	5.3	10.6	160

TABELLA 5-9 - CONDIZIONI D'ONDA ALLA DIGA FORANEA – SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE 180 - 240 °N – FASE B

Settore 180 – 240 °N				Sezione – profondità					
al largo				Sez. 7			Sez. 9		
				-23.0			-30.0		
TR	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir	H <sub>s</sub>	T <sub>p</sub>	Dir
[anni]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[m]	[s]	[°N]
1	4.8	9.0	180	4.3	9.0	181	4.4	9.0	180
	4.8	9.0	210	4.0	9.0	201	4.1	9.0	202
	4.8	9.0	240	2.6	9.0	212	2.7	9.0	213
50	7.5	11.0	180	6.8	11.4	182	6.7	11.4	181
	7.5	11.0	210	6.3	11.4	200	6.3	11.4	201
	7.5	11.0	240	4.3	11.4	211	4.3	11.4	212
250	8.7	11.6	180	8.1	12.3	182	8.0	12.3	182
	8.7	11.6	210	7.5	12.3	200	7.4	12.3	201
	8.7	11.6	240	5.3	13.2	210	5.2	13.2	212
500	9.2	11.9	180	8.5	12.3	182	8.4	12.3	182
	9.2	11.9	210	8.0	12.3	200	7.9	12.3	201
	9.2	11.9	240	5.7	13.2	210	5.6	13.2	212

## 5.5. Correnti

La circolazione generale nel Mar Mediterraneo è determinata dalle seguenti cause:

- le correnti di densità (circolazione termoalina) indotte dai gradienti della densità dell'acqua marina;
- la propagazione dell'onda di marea astronomica;
- le maree meteorologiche indotte dall'azione del vento e dai gradienti di pressione atmosferica.

Per quanto riguarda la circolazione termoalina, un quadro generale delle correnti superficiali nel mar Ligure può essere desunto dall'*Atlante delle correnti superficiali dei mari d'Italia* redatto dall'Istituto Idrografico della Marina Italiana di cui si riporta un estratto in Figura 5-10 relativo ai mesi di Gennaio e Luglio.

Le correnti superficiali presentano una circolazione antioraria con intensità variabile nel corso dell'anno da un minimo di 0.3 (~0.15 m/s) ad un massimo di 1.0 nodo (~ 0.5 m/s).

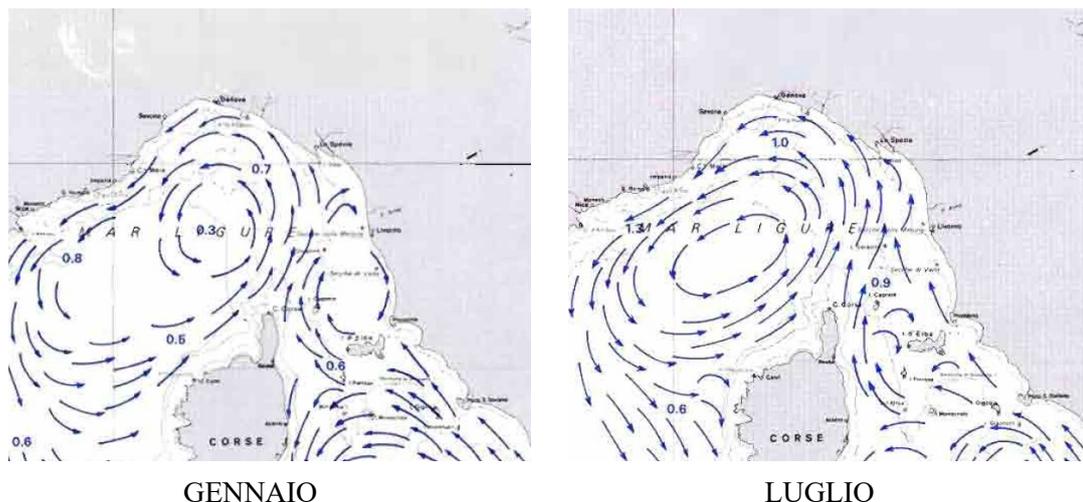


FIGURA 5-10 - CARTE DELLE CORRENTI SUPERFICIALI PER I MESI DI GENNAIO E LUGLIO. ESTRATTE DALL' "ATLANTE DELLE CORRENTI SUPERFICIALI DEI MARI D'ITALIA" REDATTA DALL'ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA ITALIANA.

Dal database del Servizio Europeo di Monitoraggio dell'Ambiente Marino (Marine Environment Monitoring Service - CMEMS) sono stati presi in esame i dati del "Mediterranean Sea Physical Reanalysis (CMEMS MED-Physics)<sup>1</sup>" che forniscono i valori medi mensili della corrente marina ricostruita con un modello idrodinamico.

A titolo di esempio in Figura 5-11 sono mostrati i campi di velocità media della corrente superficiale per il mese di Gennaio 2018, che conferma una circolazione superficiale anticiclonica di intensità compresa tra 0.1 e 0.5 m/s.

<sup>1</sup> Citation: Simoncelli, S., Fratianni, C., Pinardi, N., Grandi, A., Drudi, M., Oddo, P., & Dobricic, S. (2019). Mediterranean Sea Physical Reanalysis (CMEMS MED-Physics) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). [https://doi.org/10.25423/MEDSEA\\_REANALYSIS\\_PHYS\\_006\\_004](https://doi.org/10.25423/MEDSEA_REANALYSIS_PHYS_006_004)

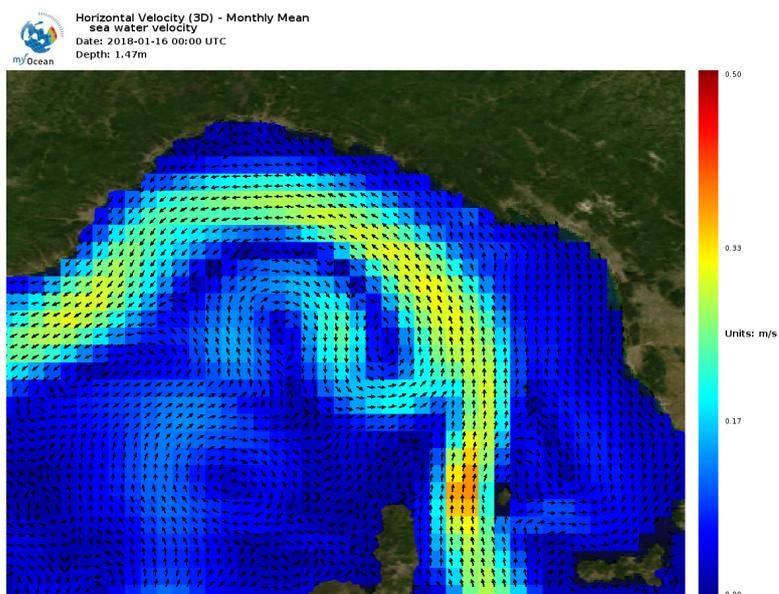


FIGURA 5-11 - VALORE MEDIO DELLA CORRENTE SUPERFICIALE - GENNAIO 2018.

Per quanto riguarda la propagazione dell'onda di marea astronomica, la conformazione batimetrica del sito in esame determina una limitata escursione dei livelli di marea astronomica e di conseguenza delle correnti ad essa associata.

Per il sito in esame e in prossimità delle opere portuali del Porto di Genova, le correnti di maggiore interesse ai fini della manovrabilità delle navi sono costituite da quelle indotte dall'azione del vento.

Le uniche misure di corrente disponibili sono state eseguite in corrispondenza della Piattaforma Isola, localizzata a Sud-Sud-Ovest della testata di ponente della diga, su fondali di circa -50 m sul l.m.m., e in corrispondenza del relitto della Haven a Sud-Sud-Est di Arenzano su fondali di circa -70 m sul l.m.m.

Le analisi di queste misure eseguite da D'Appollonia (2008) per conto dell'Autorità Portuale di Genova hanno evidenziato che le correnti di marea sono deboli e che in prossimità della costa le correnti sono indotte prevalentemente dall'azione del vento. La direzione di queste correnti segue in generale la conformazione della costa e dei fondali.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda agli studi modellistici riportati negli specifici documenti di progetto.

## **5.6. Cambiamenti climatici**

La progettazione della nuova diga foranea ha tenuto in debita considerazione gli effetti dei cambiamenti climatici previsti in relazione all'innalzamento del livello medio del mare, per stimare il quale si è fatto riferimento alle fonti scientifiche più autorevoli sull'argomento, provvedendo a contestualizzare al paraggio di Genova le previsioni disponibili.

Le variazioni del livello marino a Genova risultano peraltro misurate da lungo tempo (oltre un secolo) dal locale mareografo. Sono quindi ben note le variazioni storiche rilevate anche sul lungo periodo, che risultano peraltro legate ai soli fenomeni eustatici, essendo l'area di Genova non soggetta a fenomeni di subsidenza. Le analisi mareografiche hanno evidenziato nell'ultimo secolo un innalzamento del livello medio marino di circa 12 cm.

Per quanto riguarda le previsioni al futuro delle variazioni del livello del mare, il tasso di incremento atteso è sicuramente più elevato in relazione ai nuovi cambiamenti climatici in corso. Secondo le stime periodicamente aggiornate dalla commissione internazionale dell'International Panel on Climate Change (IPCC), in relazione a diversi possibili scenari sulle emissioni di anidride carbonica, la previsione di variazione del livello che potrebbe registrarsi entro la fine di questo secolo (2100) è molto ampia, essendo compresa tra un minimo di circa 25 cm in un secolo (2,5 mm/anno) ad un massimo di circa 98 cm (9.8 mm/anno).

Per quanto riguarda specificatamente il sito costiero di Genova si può fare riferimento ad un recente studio di Vecchio et al. (2019), che fornisce per il 2100 una previsione di innalzamento del livello medio mare compresa tra 0.34m (+/-0.31m) e 0.58 m (+/-0.35m) a seconda degli scenari considerati (i valori tra parentesi rappresentano le bande di confidenza al 90%).

Ai fini della progettazione di fattibilità della nuova diga foranea si è fatto riferimento in via prudenziale al valore più elevato a cui tende la suddetta previsione, approssimando l'innalzamento a 0.60 m e considerandolo costante indipendentemente dallo scenario di calcolo a breve o lungo termine.

## 6. LA SOLUZIONE D'INTERVENTO

### 6.1. Descrizione della soluzione

L'intervento prevede che la nuova diga foranea sia ubicata su fondali maggiori, fino a 50 m, allo scopo di ampliare le aree portuali di accesso e manovra così da consentire l'accesso al porto delle grandi navi di progetto in condizioni di sicurezza.

Le nuove aree di manovra delle navi sono caratterizzate dalle seguenti dimensioni planimetriche, come rappresentato in Figura 6-1:

- cerchio di evoluzione di diametro pari a 800 m,
- canale di accesso di larghezza 310 m e lunghezza 2800 m,
- larghezza del canale interno davanti alle banchine di Sampierdarena, nella configurazione finale, pari a 400 m.

Viene mantenuto il canale di accesso esistente a levante che consente alle navi da crociera e ai traghetti di accedere alle darsene del Porto Antico.

A ponente è previsto il mantenimento di un'imboccatura ai fini del transito delle imbarcazioni di servizio e delle navi commerciali di piccole-medie dimensioni.

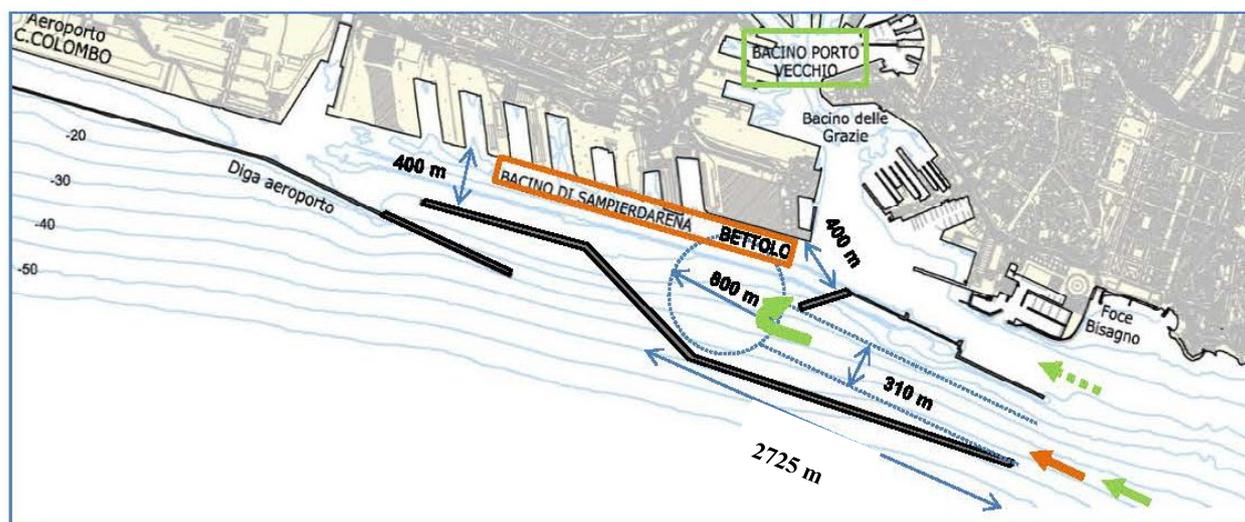


FIGURA 6-1 - LAYOUT DELLA NUOVA DIGA FORANEA NELLA SUA CONFIGURAZIONE FINALE

Nella sezione trasversale di Figura 6-2 viene mostrato l'ampliamento del bacino portuale in corrispondenza del nuovo avamporto (bacino di evoluzione), che presenta un aumento

di ampiezza da 200 m a 800 m. In corrispondenza delle darsene di ponente invece il bacino presenta una larghezza di 400 m rispetto ai 200 m della situazione attuale.

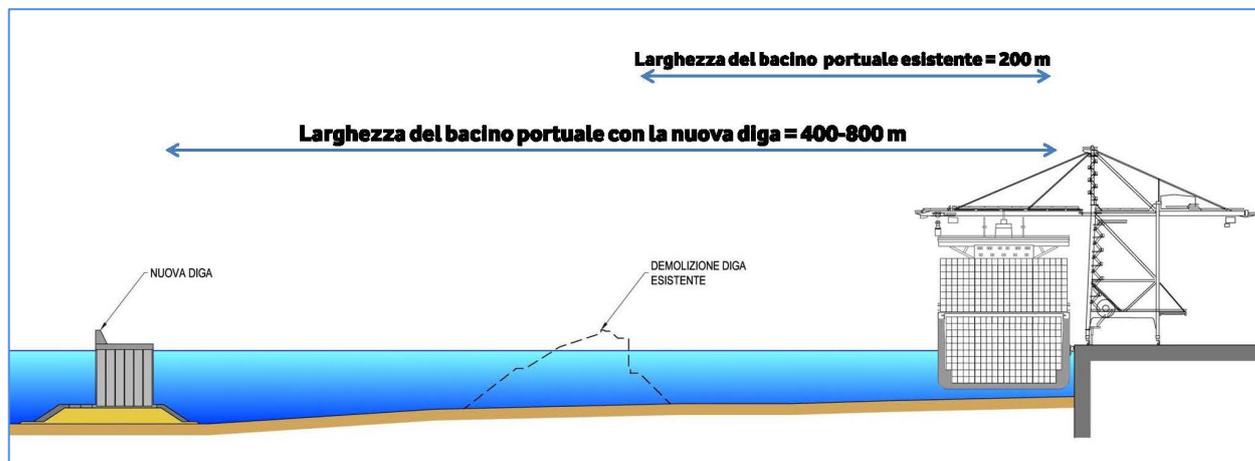


FIGURA 6-2 - SEZIONE TRASVERSALE DEL NUOVO BACINO PORTUALE

Si fa notare a riguardo che l'approfondimento dei fondali nel bacino di Sampierdarena è stato previsto dall'Autorità di Sistema Portuale nell'ambito di un intervento separato e, pertanto, non rientra nello scopo del lavoro di questo progetto. Per tale motivo nel testo della Relazione non si forniscono i particolari delle attività di dragaggio, delle loro modalità e fasi di realizzazione, della caratterizzazione e gestione dei sedimenti.

L'approfondimento dei fondali, in quanto funzionale a garantire un adeguato franco di sicurezza rispetto al pescaggio delle navi di progetto, è stato comunque considerato nello scenario di esercizio ai fini degli studi di navigazione e delle analisi modellistiche per gli studi di agitazione ondosa interna e idrodinamici. Per la nuova diga foranea si prevede l'impiego dei materiali di dragaggio per il riempimento delle celle dei cassoni, che dovranno essere caratterizzati e definiti idonei allo scopo nell'ambito del progetto del dragaggio. Il cronoprogramma delle attività di dragaggio, dovrà evidentemente essere compatibile con il cronoprogramma delle lavorazioni previste per la nuova diga foranea.

## 6.2. Le fasi di costruzione

La nuova diga foranea presenta, nella sua configurazione finale, uno sviluppo longitudinale di circa 5900 m. Sono previste due fasi funzionali di costruzione in relazione alla gradualità dei finanziamenti disponibili:

- **Fase a) funzionale di costruzione**

La prima fase di costruzione assicura l'operatività del terminale di Calata Bettolo in condizioni di sicurezza garantendo l'accesso delle più grandi navi di progetto nel breve termine, migliorando al contempo le condizioni di accesso ai terminali posti più a ponente. L'estensione della nuova diga foranea in questa fase è pari a 4160 m.

- **Fase b) funzionale di costruzione**

Il completamento della costruzione della nuova diga assicurerà l'operatività di tutti i terminali di Sampierdarena, anche a quelli più a ponente, garantendo l'accesso delle grandi navi di progetto all'intero bacino. L'estensione delle nuove opere della diga foranea realizzate in questa fase è pari a 2130 m.

Nelle figure seguenti sono presentate le due fasi funzionali di costruzione.

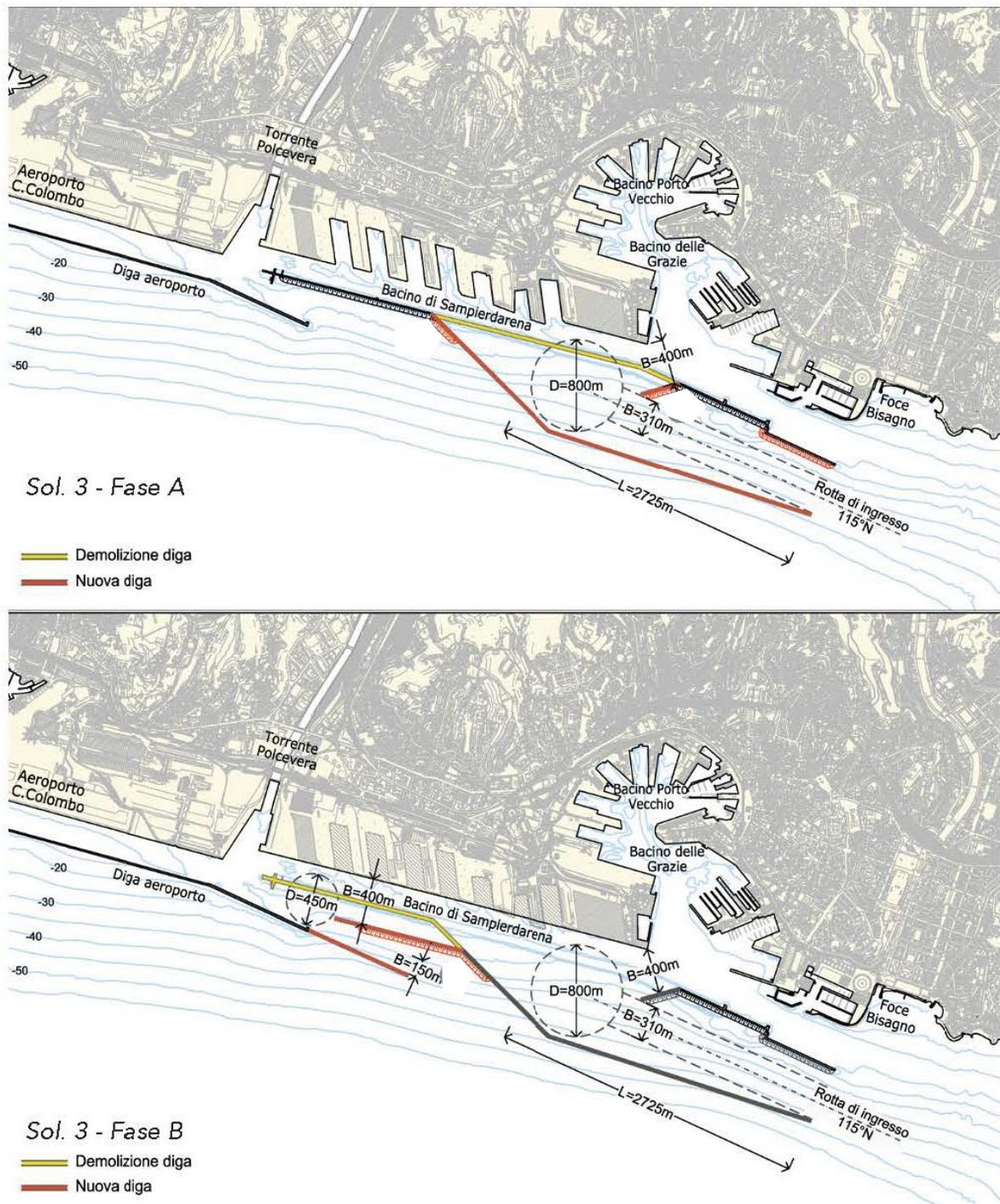


FIGURA 6-3 - FASI DI COSTRUZIONE DELL'INTERVENTO

## **7. IL MODELLO FISICO DELLA NUOVA DIGA**

### **7.1. Il nuovo scopo del lavoro rispetto a quanto previsto in contratto**

Il documento Preliminare alla Progettazione, allegato al contratto, prevedeva l'esecuzione di prove sperimentali su modello fisico tridimensionale in vasca marittima, da effettuarsi nell'ambito della Fase 2 del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per la soluzione alternativa selezionata nell'ambito del Dibattito Pubblico.

Durante lo svolgimento del Dibattito Pubblico e quindi con la configurazione planimetrica della nuova diga foranea ancora in fase di discussione, l'Autorità di Sistema ha richiesto di contrarre per quanto possibile le tempistiche di espletamento della Fase 2 previste nel cronoprogramma di contratto e di avviare quindi quanto prima l'attività di modellazione fisica.

A tal fine, con il supporto del laboratorio specializzato HR Wallingford, è stato rivisto lo scopo del lavoro per l'esecuzione dei test su modello fisico e, in accordo con l'Autorità di Sistema, si è proceduto ad eseguire i test sperimentali con un approccio bidimensionale (in canaletta), meno oneroso dal punto di vista dei tempi di esecuzione rispetto ad uno studio con modello fisico tridimensionale in vasca.

L'esecuzione di un modello fisico bidimensionale è stata ritenuta comunque utile ai fini del dimensionamento delle opere di progetto, in quanto ha permesso di ottenere un riscontro sugli aspetti di maggior interesse per la progettazione, con un grado di dettaglio adeguato al livello di progettazione di fattibilità da sviluppare.

### **7.2. Gli obiettivi del modello fisico**

Lo studio delle soluzioni alternative redatto nell'ambito della Fase 1 del servizio di progettazione di fattibilità ha consentito di identificare tre soluzioni alternative, ritenute come le più promettenti in relazione ai minori sviluppi delle dighe di nuova costruzione e delle minori demolizioni della diga esistente.

Per queste tre soluzioni si è potuto constatare che la nuova diga si estende per buona parte del suo sviluppo su fondali elevati, compresi tra 30 m e 50 m, e che il costo dell'opera dipende principalmente dalla configurazione della sezione tipo su questi fondali.

Tale configurazione prevede un'opera a parete verticale con cassoni cellulari in c.a. imbasati su uno scanno in pietrame, la cui quota di sommità è stata fissata pari a -25 m.

Lo studio su modello fisico è stato pertanto effettuato in relazione a questa configurazione dell'opera ed in particolare per la sezione tipo imbasata su un fondale di 45 m e quota di imbasamento del cassone pari a -25 m l.m.m. (Sezione tipo 1).

Il dimensionamento preliminare in relazione alle condizioni meteomarine di progetto è stato effettuato utilizzando le formule riportate nella letteratura specialistica marittima, ai fini della valutazione della larghezza del cassone, della quota del muro paraonde, della pezzatura dei massi di protezione al piede e delle dimensioni del masso guardiano.

Lo studio su modello fisico bidimensionale in canaletta si è quindi proposto di approfondire e verificare le valutazioni progettuali preliminari effettuate con le formulazioni di letteratura sulla sezione tipo selezionata, con particolare attenzione agli aspetti evidenziati nel Documento Preliminare alla Progettazione:

- trascinamento dell'opera;
- carichi indotti dal moto ondoso sui cassoni;
- stabilità dei massi naturali del rivestimento di protezione del rilevato di imbasamento del cassone e del masso guardiano al piede lato mare dell'opera.

Data la pressoché perpendicolarità delle onde di progetto rispetto allo sviluppo longitudinale del tratto di diga su alti fondali, come si evince dallo studio meteomarinico, l'approccio del modello bidimensionale risulta idoneo e, peraltro, cautelativo, seppure non consenta di studiare l'attacco angolato del moto ondoso.

### **7.3. Lo studio su modello fisico 2D**

Le prove su modello fisico bidimensionale sono state realizzate presso il laboratorio specializzato HR Wallingford.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati sinteticamente le caratteristiche del modello, il programma di prove effettuato ed i principali risultati ottenuti. Per la descrizione integrale delle prove eseguite su modello fisico e dei risultati ottenuti si rimanda al rapporto elaborato da HR Wallingford (el. MI046R-PF-D-I-R-025).

#### **7.3.1. Descrizione del modello e programma di prove**

Il modello bidimensionale in canaletta è stato realizzato in similitudine di Froude, in scala geometrica 1:50, con fondale fisso (non erodibile).

Dopo la modellazione della batimetria ma prima della costruzione delle strutture da testare, si è proceduto alla calibrazione delle condizioni di prova, con l'obiettivo di riprodurre le condizioni ondose in un punto target posto ad una profondità di -55 m l.m.m.. Tutti gli stati di mare sono stati riprodotti come onde random con assegnata altezza d'onda significativa, periodo di picco e distribuzione spettrale di Jonswap.

Al termine della fase di calibrazione è stata realizzata in scala geometrica la struttura a cassoni col soprastante muro paraonde, il masso guardiano al piede del cassone, il rilevato di imbasamento in tout venant e la mantellata di rivestimento in massi naturali.

Lo studio su modello ha analizzato due differenti configurazioni, caratterizzate da una diversa pezzatura dei massi naturali della mantellata di rivestimento (500-2000 kg per la prima configurazione e 2000-5000 kg per la seconda) e da una diversa geometria dello scanno di imbasamento del cassone.

La geometria del cassone e la configurazione della sovrastruttura e dei massi guardiani sono invece rimaste inalterate.

La sezione tipo 1 della nuova diga foranea, nelle due configurazioni testate su modello fisico, è riportata nelle Figura 7-1 e Figura 7-2.

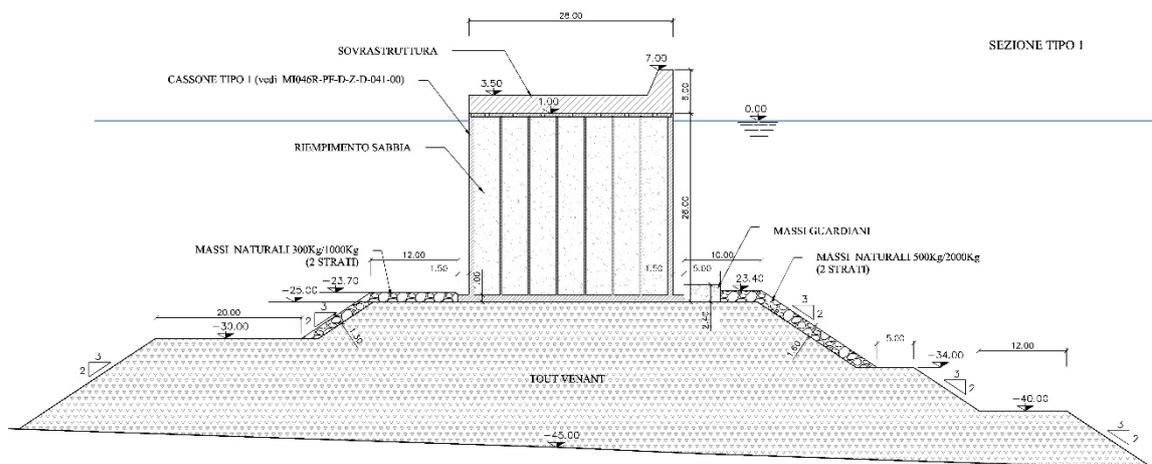


FIGURA 7-1 - SEZIONE TIPO 1 - CONFIGURAZIONE N°1 TESTATA SU MODELLO

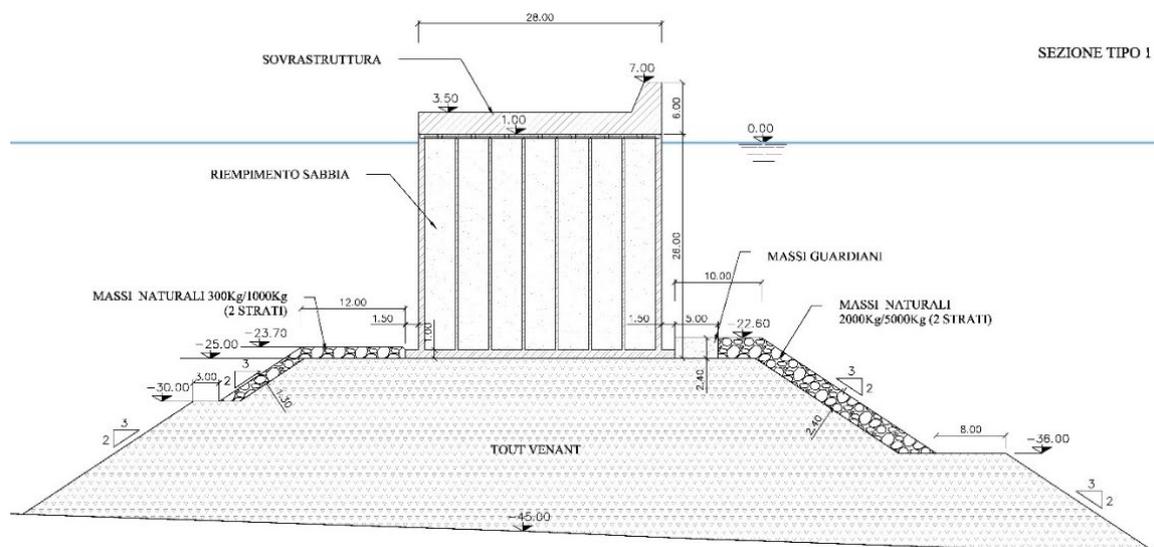


FIGURA 7-2 - SEZIONE TIPO 1 - CONFIGURAZIONE N°2 TESTATA SU MODELLO

Il programma delle prove ha compreso 6 combinazioni di moto ondoso e livello del mare, selezionate a rappresentare le condizioni più critiche per i diversi elementi della struttura. Le condizioni d'onda sono state combinate con il massimo livello del mare di progetto per la valutazione della tracimazione e delle sollecitazioni agenti sulla struttura e con il minimo livello del mare di progetto per la valutazione della stabilità idraulica dei massi naturali e del masso guardiano al piede lato mare dell'opera.

Nei livelli del mare riprodotti è stato incluso anche l'incremento dovuto ai possibili scenari di cambiamento climatico prevedibili nell'arco della vita utile dell'opera, qualora si sia ritenuto che comportasse condizioni maggiormente critiche per l'analisi effettuata. Le condizioni testate sono sintetizzate nella Tabella 7-1.

TABELLA 7-1 - CONDIZIONI ONDOSE NEL PUNTO DI CALIBRAZIONE ALLA -55 M E OBIETTIVI DELL'ANALISI

Condizione ondosa	Periodo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tp (m)	Livello (m l.m.m.)	Obiettivo dell'analisi
WC01	-	2.11	9.0	1.09	Tracimazione in condizioni operative
WC02	-	2.52	9.0	1.09	Tracimazione in condizioni operative
WC03	-	3.02	9.0	1.09	Tracimazione in condizioni operative
WC04	1:50	7.10	11.4	1.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Misura delle sollecitazioni sulla struttura</li> <li>➤ Tracimazione in condizioni estreme</li> <li>➤ Stabilità del masso guardiano e della mantellata di protezione in massi naturali</li> </ul>
WC05	1:250	8.21	12.3	-0.10	Stabilità del masso guardiano e della mantellata di protezione in massi naturali
WC06	1:500	8.62	12.3	1.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Misura delle sollecitazioni sulla struttura</li> <li>➤ Stabilità del masso guardiano e della mantellata di protezione in massi naturali</li> </ul>

#### 7.4. I risultati ottenuti

Nei paragrafi seguenti vengono riportati sinteticamente i principali risultati ottenuti nelle prove su modello fisico per la seconda configurazione testata, che è stata selezionata quale soluzione progettuale da sviluppare nell'ambito del presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica.

La seconda configurazione testata, infatti, che ha mostrato la stessa efficacia della prima nel contenere le portate di tracimazione ed è risultata soggetta a carichi di moto ondoso di analoga entità, ha però presentato un danneggiamento della mantellata in massi naturali a protezione del rilevato di imbasamento sensibilmente inferiore rispetto a quello della prima configurazione.

Per la descrizione integrale dei risultati ottenuti per entrambe le configurazioni testate si rimanda al rapporto elaborato da HR Wallingford (el. MI046R-PF-D-I-R-025).

##### 7.4.1. La tracimazione dell'opera

La tracimazione dell'opera è stata valutata in riferimento alle condizioni ondose frequenti WC01, WC02 e WC03 ed in relazione alla condizione estrema WC04.

Tutti i tests per la valutazione della tracimazione sono stati protratti per una durata tale da garantire la riproduzione di 1000 onde.

I risultati delle prove sono presentati in Tabella 7-2 e Tabella 7-3, rispettivamente in termini portata media  $q$  (l/s/m) e di volume massimo tracimato (i cinque volumi individuali più grandi), da  $V_1$  a  $V_5$  (m<sup>3</sup>/m).

Si evidenzia che nelle prime due condizioni testate (WC01 e WC02) non si è verificata la tracimazione dell'opera, anche se in entrambi i casi la quota del massimo run-up dell'onda è risultata pressoché coincidente con la quota di sommità del muro paraonde. In entrambe le condizioni testate è quindi garantito il rispetto del valore limite della portata media di tracimazione ( $q_{lim}=0,03$  l/s/m) stabilito al fine di garantire l'accesso in sicurezza alla diga a scopo manutentivo.

Tale valore risulta invece essere superato a partire dalla condizione ondosa WC03.

TABELLA 7-2 - PORTATE MEDIE DI TRACIMAZIONE DELL'OPERA

Condizione ondosa	Periodo di ritorno (anni)	$q$ (l/s/m)
WC01	-	0.0
WC02	-	0.0
WC03	-	0.24
WC04	1:50	240

TABELLA 7-3 - VOLUMI MASSIMI DI TRACIMAZIONE DELL'OPERA

Condizione ondosa	Periodo di ritorno (anni)	$V_1$ (m <sup>3</sup> /m)	$V_2$ (m <sup>3</sup> /m)	$V_3$ (m <sup>3</sup> /m)	$V_4$ (m <sup>3</sup> /m)	$V_5$ (m <sup>3</sup> /m)
WC01	-	-	-	-	-	-
WC02	-	-	-	-	-	-
WC03	-	0.85	0.50	0.20	0.17	-
WC04	1:50	147	111	91	86	78

#### 7.4.2. I carichi indotti dal moto ondoso sul cassone

I carichi indotti dal moto ondoso sull'opera sono stati analizzati in riferimento alle condizioni ondose estreme WC04 e WC06. Tutti i tests per la misurazione dei carichi sono stati protratti per una durata tale da garantire la riproduzione di 2000 onde.

La misurazione dei carichi indotti nelle fasi di cresta e cavo d'onda è stata effettuata mediante 24 sensori di pressione ubicati lungo il bordo della struttura, come illustrato in Figura 7-3.

I segnali registrati sono stati successivamente integrati con riferimento all'area della porzione di cassone associata a ciascun sensore, al fine di ottenere le forze ed i momenti globali agenti sull'opera. La definizione della direzione delle forze e del verso di rotazione dei momenti è riportata in Figura 7-4.

Tale procedura ha consentito di ottenere una serie temporale continua di forze e momenti per l'intera durata di ciascun test.

Data l'elevata profondità alla quale è imbasata l'opera, il paramento lato mare dell'opera non è risultato soggetto a carichi impulsivi, condizione che si verifica nel caso di onde frangenti.

La tracimazione del moto ondoso ha invece generato dei carichi impulsivi sulla soletta del cassone, a tergo del muro paraonde.

Poiché i carichi impulsivi sono caratterizzati da una durata estremamente breve, risultano solitamente "smorzati" nel caso di strutture caratterizzate da elevata inerzia e frequenza propria bassa, quali ad esempio i cassoni.

Per tale motivo, i carichi (forze e momenti) sono stati filtrati per determinarne i corrispondenti valori statici-equivalenti, ossia i carichi che, applicati staticamente alla struttura, inducono gli stessi effetti dei carichi effettivamente misurati. Il filtro da applicare è stato individuato in funzione del periodo proprio di vibrazione della struttura (stimato nell'intervallo  $T_n=0,31\div 0,42$  s), valutato considerando il comportamento dinamico del prototipo.

Le caratteristiche del filtro applicato per filtrare dinamicamente le componenti di forze e momenti caratterizzate da periodi più brevi di quelli ai quali la struttura può realisticamente "rispondere" sono riportate nel grafico di Figura 7-5.

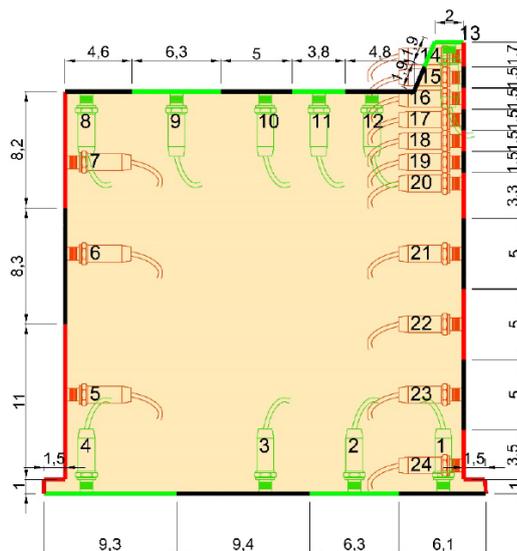


FIGURA 7-3 - UBICAZIONE DEI 24 SENSORI DI PRESSIONE

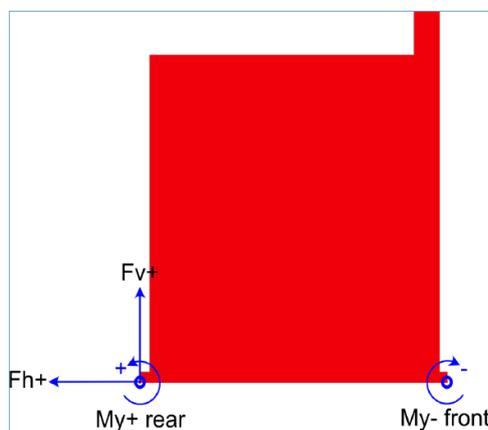


FIGURA 7-4 - DEFINIZIONE DELLA DIREZIONE DELLE FORZE E DEL VERSO DI ROTAZIONE DEI CARICHI

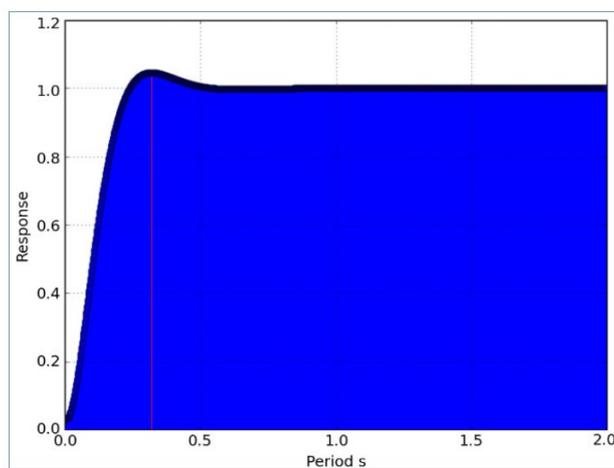


FIGURA 7-5 - CARATTERISTICHE DEL FILTRO APPLICATO PER RICAVARE I CARICHI QUASI-STATICI

Le serie temporali dei carichi quasi-statici sono state successivamente analizzate al fine di individuare gli eventi caratterizzati dai carichi più elevati, in termini di forza ( $F_x$  o  $F_y$ ) o momento ( $M_y$ ).

Gli eventi sono stati selezionati in relazione ai seguenti parametri:

$F_x$ max	è la forza orizzontale diretta verso terra
$F_x$ min	è la forza orizzontale diretta verso mare
$F_z$ max	è la forza verticale diretta verso l'alto
$F_z$ min	è la forza verticale diretta verso il basso
$M_y$ max	è il momento calcolato rispetto al polo interno
$M_y$ min	è il momento calcolato rispetto al polo lato mare

Gli eventi relativi a ciascuna tipologia di carico sono stati inoltre ordinati ed analizzati statisticamente al fine di determinare i seguenti parametri:

- il valore massimo;
- il valore 1/250, cioè la media di 1/250 degli eventi più alti registrati;
- il valore 1/100, cioè la media di 1/100 degli eventi più alti registrati;
- il valore 1/20, cioè la media di 1/20 degli eventi più alti registrati;
- il valore 1/10, cioè la media di 1/10 degli eventi più alti registrati.

Si evidenzia che i valori massimi della forza orizzontale e di quella verticale non si verificano nello stesso istante. Questa considerazione risulta rilevante ai fini della valutazione della stabilità del cassone allo scorrimento.

Per gli 8 eventi delle serie temporali durante i quali si sono verificati i valori più elevati dei carichi ( $F_{x,max}$ ,  $F_{x,min}$ ,  $F_{z,max}$ ,  $F_{z,min}$ ) sono stati quindi estratti i valori contemporanei degli altri parametri (forze e momenti). Tale procedura è stata effettuata anche in relazione agli 8 eventi nei quali si sono verificati i valori più elevati dei momenti ( $M_{y,max}$ ,  $M_{y,min}$ ).

I valori statistici dei carichi d'onda sono riportati nelle tabelle seguenti, in relazione alle diverse condizioni ondose testate. Tutti i valori riportati sono carichi statici-equivalenti, determinati mediante la procedura di filtraggio dei segnali precedentemente descritta.

Per i valori dei carichi contemporanei relativi agli 8 eventi nei quali si sono registrati i valori massimi dei diversi carichi (forze e momenti) si rimanda al rapporto elaborato da HR Wallingford.

**Relazione tecnica generale**

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

TABELLA 7-4 - CONDIZIONE ONDOSA WC04 – CARICHI INDOTTI DAL MOTO ONDOSO

Event	F <sub>x</sub> max (kN/m)	F <sub>x</sub> min (kN/m)	F <sub>z</sub> max (kN/m)	F <sub>z</sub> min (kN/m)	M <sub>y</sub> max (kNm/m)	M <sub>y</sub> min (kNm/m)
Maximum	2,340	-2,283	676	-2,216	49,501	-14,765
1/250	2,247	-2,149	640	-1,837	47,319	-14,278
1/100	2,115	-2,060	581	-1,516	44,340	-13,829
1/20	1,744	-1,767	462	-904	35,994	-12,301
1/10	1,572	-1,594	412	-732	32,309	-11,534

Nota: tutti i risultati riportati sono carichi statici-equivalenti

TABELLA 7-5 - CONDIZIONE ONDOSA WC06 – CARICHI INDOTTI DAL MOTO ONDOSO

Event	F <sub>x</sub> max (kN/m)	F <sub>x</sub> min (kN/m)	F <sub>z</sub> max (kN/m)	F <sub>z</sub> min (kN/m)	M <sub>y</sub> max (kNm/m)	M <sub>y</sub> min (kNm/m)
Maximum	3,539	-2,731	1,149	-3,784	78,163	-15,897
1/250	3,141	-2,572	1,097	-3,396	69,282	-15,304
1/100	2,802	-2,454	968	-2,851	61,644	-14,771
1/20	2,237	-2,150	737	-1,531	48,387	-13,340
1/10	1,998	-1,958	653	-1,173	43,069	-12,657

Nota: tutti i risultati riportati sono carichi statici-equivalenti

## 7.4.3. La stabilità dei massi naturali al piede e del masso guardiano

La stabilità idraulica dei massi naturali a protezione del rilevato di imbasamento del casone e del masso guardiano al piede lato mare dell'opera è stata valutata in riferimento alle condizioni ondose estreme WC04, WC05 e WC06.

Tutti i tests sono stati protratti per una durata tale da garantire la riproduzione di 2000 onde. L'eventuale danneggiamento occorso alla protezione in massi naturali al termine di ciascuna prova non è stato riparato, al fine di valutare il danno in modo cumulativo.

Il livello di danneggiamento della mantellata in massi naturali è riportato in Tabella 7-6 in termini di  $N_{od}$ , in relazione al lato mare e al lato interno.

TABELLA 7-6 - LIVELLO DI DANNO DELLA PROTEZIONE AL PIEDE IN MASSI NATURALI

Condizione ondosa	Periodo di ritorno (anni)	$N_{od}$ (seaward)	$N_{od}$ (harbour-side)
<b>WC04</b>	1:50	0,16	0,00
<b>WC05</b>	1:250	0,45	0,00
<b>WC06</b>	1:500	0,49	0,00

Il danno cumulato della protezione lato mare al termine dei tests condotti è risultato pari a  $N_{od}=0,49$  e quindi inferiore a 0,5, valore limite per rientrare nella classificazione di danneggiamento pressoché nullo in base al criterio definito nel manuale “The Rock Manual”.

Infine, per quanto riguarda i massi guardiani in calcestruzzo al piede lato mare dell’opera, non si è verificata nessuna estrazione durante l’esecuzione dei tests ma solo un modesto cedimento degli stessi.

### **7.5. Confronto tra carichi misurati su modello fisico e carichi stimati con formule di letteratura**

I carichi statici-equivalenti (valori 1/250) misurati nelle prove su modello fisico, in relazione alle condizioni ondose di interesse ai fini della progettazione della nuova diga foranea (WC04 e WC06), sono stati confrontati con i carichi calcolati mediante le formulazioni proposte nella letteratura tecnica, in relazione alle fasi di cresta e cavo d’onda.

Questi ultimi sono stati valutati impiegando le formule di Goda per la fase di cresta d’onda e mediante le formule di Sainflou nella fase di cavo d’onda. In entrambi i casi è stata assunta un’altezza d’onda di calcolo pari ad  $H_{max}$ .

Il confronto tra i predetti carichi è stato finalizzato a valutare la bontà di adattamento dei valori calcolati con le formule teoriche a quelli ricavati mediante studio sperimentale. Le conclusioni di questa analisi hanno permesso di ricavare indicazioni utili ai fini della determinazione dei carichi di progetto per le sezioni tipo della diga che presentano una configurazione simile a quella della sezione 1 (cassone imbasato su scanno in pietrame, assenza di antistante mantellata di protezione) e che non sono state analizzate su modello fisico.

Per quanto riguarda i carichi misurati nello studio sperimentale, è stato fatto riferimento ai risultati delle prove eseguite per entrambe le configurazioni, al fine di disporre di un maggior numero di dati e alla luce del fatto che la geometria del cassone e della sovrastruttura sono rimaste inalterate nelle due serie di prove.

Per quanto riguarda i carichi valutati con le formule di letteratura, dal momento che le forze orizzontali calcolate per le due configurazioni della sezione 1 presentano una differenza trascurabile, sono stati considerati e diagrammati solo i carichi relativi alla seconda configurazione.

In Figura 7-6 e Figura 7-7 viene presentato graficamente il confronto tra i carichi misurati e quelli calcolati, rispettivamente per le fasi di cresta e cavo d’onda.

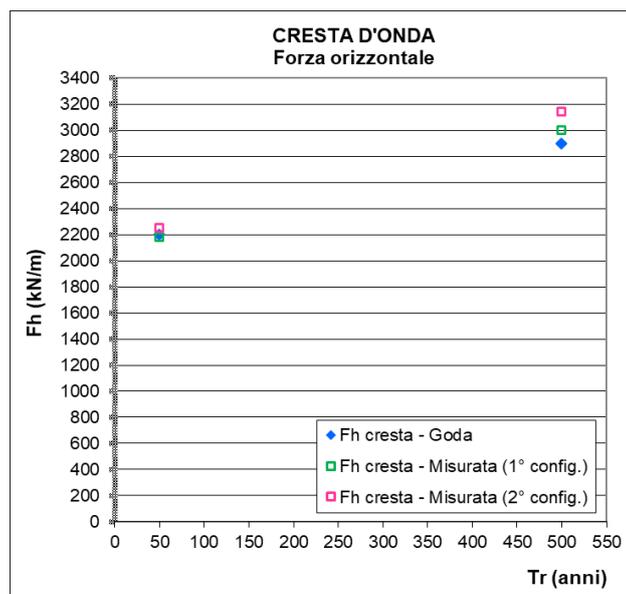


FIGURA 7-6 - CONFRONTO TRA CARICHI MISURATI E CARICHI CALCOLATI – FASE DI CRESTA D'ONDA

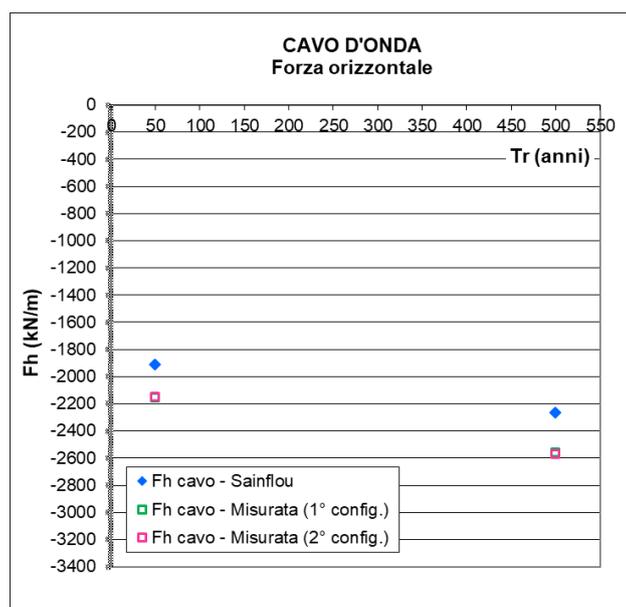


FIGURA 7-7 - CONFRONTO TRA CARICHI MISURATI E CARICHI CALCOLATI – FASE DI CAVO D'ONDA

Dai grafici riportati in Figura 7-6 relativamente ai carichi indotti in fase di cresta d'onda si può evincere che le forze orizzontali calcolate con le formule di Goda risultano in buon accordo con quelle misurate su modello fisico. In relazione alle condizioni d'interesse, infatti, la differenza media tra forze calcolate e misurate risulta dell'ordine del 5%, confrontabile con l'approssimazione accettata su modello fisico in fase di calibrazione delle condizioni ondose.

Per quanto riguarda, invece, il confronto effettuato per le forze orizzontali dirette verso mare che vengono esercitate in fase di cavo d'onda, dal grafico di Figura 7-7 si evince che le forze calcolate con il metodo di Sainflou tendono sempre a sottostimare quelle misurate, che risultano mediamente superiori del 13%.

Tale evidenza trova peraltro riscontro nel rapporto finale del progetto europeo di ricerca PROVERBS - Probabilistic Design Tools for Vertical Breakwaters <sup>2</sup>, che evidenzia come per una pendenza del fondale antistante l'opera dell'ordine di 1:50 e in caso di un rapporto tra altezza d'onda e profondità al piede dell'opera inferiore a 0,6, le forze misurate sperimentalmente risultino mediamente superiori di circa il 13% rispetto a quelle calcolate con le formule di Sainflou, assumendo come altezza d'onda di calcolo  $H_d=H_{max}$ .

Alla luce dei riscontri ottenuti dallo studio sperimentale su modello fisico, è stato quindi stabilito di procedere al calcolo dei carichi di progetto per le sezioni tipo della diga che presentano una configurazione simile a quella della sezione 1 (Sez. 2 e Sez.9) adottando la seguente metodologia:

- i carichi in fase di cresta d'onda sono stati valutati mediante le formule di Goda;
- i carichi in fase di cavo d'onda sono stati calcolati mediante le formule di Sainflou (assumendo come altezza d'onda di calcolo  $H_d=H_{max}$ ), andando ad incrementare la forza orizzontale del 13%.

---

<sup>2</sup> MAST III/PROVERBS Probabilistic Design Tools for Vertical Breakwaters – Final Report – Volume 1” (1999) di H. Oumeraci, N.W.H. Allsop, M.B. de Groot, R.S. Crouch, J.K. Vrijling

## 8. LA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DELLA NUOVA DIGA

### 8.1. Generalità

La tipologia costruttiva della nuova diga foranea è costituita fundamentalmente da un'opera a parete verticale in cassoni cellulari di cemento armato appoggiati su uno scanno d'imbasamento in pietrame e massi naturali, sormontati da una sovrastruttura a soletta e da un muro paraonde in cemento armato.

Per la quasi totalità del suo sviluppo, la nuova diga è imbasata su fondali compresi tra 20 e 50 m. In relazione alla variabilità dei fondali sono stati previsti cassoni di differente altezza fino ad un massimo di 26 m, in modo tale da consentire la compatibilità dimensionale dei cassoni con gli impianti di prefabbricazione maggiormente diffusi sul mercato.

Per il riempimento dei cassoni è previsto l'impiego di materiale idoneo proveniente dalla demolizione dei tratti di diga esistente, materiale proveniente dai dragaggi previsti dall'Autorità di Sistema Portuale nelle aree dell'avamposto e del bacino di Sampierdarena, materiale granulare di cava. È inoltre previsto il riempimento di alcuni cassoni con il materiale del dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni, la cui ubicazione è stata ipotizzata, in via preliminare, in adiacenza alla piattaforma portuale di Genova-Prà.

Al piede dei cassoni lato mare, per contrastare localmente l'effetto di scalzamento indotto dalle onde che riflettono sulla parete verticale amplificandosi, è prevista la posa di massi guardiani in calcestruzzo forati al fine di limitare le sottopressioni agenti sul masso stesso.

Lo scanno di imbasamento dei cassoni è costituito da tout-venant di pezzatura 0-500 kg, con rivestimento di protezione in doppio strato di massi naturali di categoria 2000-5000 kg sul lato mare e 300-1000 kg sul lato interno.

L'imbasamento dei cassoni è un elemento costruttivo che comporta un ingente fabbisogno di materiali. Per la realizzazione del corpo dello scanno, pertanto, oltre all'impiego di materiali di cava è previsto il riutilizzo di materiali idonei allo scopo provenienti dalle demolizioni della diga esistente.

L'elevata quantità di materiale da reperire per il riempimento dei cassoni e per la costruzione dello scanno, peraltro, può essere considerata una strategica opportunità per il riuso di materiali eventualmente resi disponibili nell'ambito della realizzazione di altre opere

programmate o in corso di esecuzione nell'intorno del territorio genovese (ad esempio la linea ferroviaria del Terzo Valico).

Queste valutazioni potranno essere propriamente effettuate nel corso dei successivi livelli di progettazione della nuova diga, nell'ambito dei quali dovranno anche essere eseguite le analisi di caratterizzazione e compatibilità ambientale propedeutiche alla messa in opera dei materiali.

Nell'ottica di favorire il massimo riutilizzo dei materiali di demolizione della diga esistente, è inoltre previsto il riuso dei massi naturali e artificiali di grande taglia che saranno rimossi dall'infrastruttura attuale per la realizzazione di scogliere antiriflessione in corrispondenza e in prossimità degli accessi al porto. Tali opere a gettata vengono realizzate in adiacenza ad opere a parete verticale, definendo una sezione tipo composta lungo alcuni tratti della diga foranea di nuova configurazione.

La protezione in scogliera sul lato mare dei cassoni consente da una parte di limitare la riflessione del moto ondoso e il relativo effetto di disturbo alle manovre di navigazione nelle aree di accesso al porto, dall'altra di ridurre i carichi indotti dalle onde sui cassoni con effetti favorevoli sul dimensionamento e la stabilità delle opere.

Nel seguente paragrafo 8.2 sono presentati i criteri di progetto adottati per il dimensionamento preliminare e le verifiche di stabilità delle opere della nuova diga.

Nel successivo paragrafo 8.3 sono illustrate le diverse sezioni tipo della diga sviluppate a livello di fattibilità, in relazione ad entrambe le fasi a) e b) di costruzione.

## **8.2. Criteri di progetto**

Si introducono nel seguito i principali criteri di progetto in base ai quali, nel rispetto delle normative e linee guida nazionali ed internazionali di settore, sono state eseguite le analisi e le verifiche per il dimensionamento preliminare delle opere della nuova diga.

Per maggiori dettagli relativi ai metodi adottati e ai risultati delle analisi svolte si rimanda allo specifico elaborato cod. MI046R-PF-D-Z-R-004 "Dimensionamento preliminare della diga foranea – Relazione tecnica".

### **8.2.1. Vita tecnica dell'opera**

La vita tecnica nominale della nuova diga foranea di Genova è stata definita in conformità alle indicazioni fornite dalle "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime" edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996). Per la sua definizione si

è fatto riferimento alla tipologia di opera rappresentata dalla diga foranea, classificabile per funzione e importanza come “infrastruttura di uso generale” in quanto posta a difesa di complessi portuali commerciali e industriali di varia natura e non destinati ad uno specifico scopo, e al livello di sicurezza specificato per le opere di grandi porti quale il porto di Genova (livello 2).

In base alle predette indicazioni, per la nuova diga foranea è stata assunta una vita tecnica di progetto pari a 50 anni.

### 8.2.2. Tracimazione dell'opera

Con riferimento alla tracimazione del moto ondoso oltre la sommità della struttura (*overtopping*) si considera quanto segue:

- la nuova diga foranea è posizionata al largo delle aree portuali e pertanto non è destinata all'accesso di persone a fini ricreativi, bensì al solo accesso di personale qualificato e adeguatamente attrezzato in occasione di interventi di manutenzione;
- la parete interna della diga non è destinata al regolare ormeggio di imbarcazioni;
- i cassoni della diga sono coronati da una spessa e robusta sovrastruttura monolitica in cemento armato, in grado di ben resistere a sollecitazioni indotte da getti o lame d'acqua tracimanti senza temere danni strutturali significativi.

Il coronamento della nuova opera deve pertanto garantire adeguato margine di sicurezza da eventi di tracimazione nei confronti del personale coinvolto in operazioni manutentive dell'infrastruttura, che possono effettuarsi con cadenza relativamente frequente. Non si pongono invece limiti particolari di overtopping in relazione alla sicurezza strutturale della sovrastruttura.

In base alle consolidate raccomandazioni della letteratura specialistica internazionale, in particolare quelle contenute nel Coastal Engineering Manual edito dallo US Army Corps of Engineers e nel CIRIA C683 Rock Manual, per lo scenario di verifica considerato si è fatto riferimento in via cautelativa al seguente valore limite della portata media di tracimazione:

- $q_{lim} = 0,03 \text{ l/s/m}$

In termini operativi, il rispetto del limite di sicurezza sopraindicato può tradursi nella programmazione dell'accesso alla diga a scopo manutentivo in condizioni di moto ondoso tali da assicurare portate di tracimazione inferiori a detto valore. Tali condizioni d'onda sono caratterizzabili attraverso l'altezza d'onda limite che, associata al soprizzo del

livello marino di progetto, è in grado di indurre la portata di tracimazione massima tollerabile. La stima dell'altezza d'onda limite è ottenuta facendo riferimento a formule di tracimazione specifiche per la tipologia delle sezioni tipo caratterizzanti la nuova diga foranea.

### 8.2.3. Stabilità dei cassoni allo scorrimento e al ribaltamento

Ai fini del dimensionamento preliminare dei cassoni cellulari, fissate le altezze e quindi le relative profondità di imbasamento in relazione ai fondali rappresentativi considerati per le diverse sezioni tipo, sono state determinate le larghezze del fusto che consentono di verificare le condizioni di stabilità dei manufatti nei confronti dello scorrimento sul piano di posa e del ribaltamento. Le quote di imbasamento sono state definite, in sede di PFTE, in modo tale da consentire la compatibilità dimensionale dei cassoni con gli impianti di prefabbricazione maggiormente diffusi sul mercato.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite nel rispetto delle vigenti "Norme tecniche per le costruzioni" NTC 2018, quindi in base al metodo degli stati limite e mediante impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Le NTC 2018 recepiscono gli Eurocodici, ai quali sono armonizzate, adottando verifiche di sicurezza basate sul metodo degli stati limite che prevedono l'impiego di determinati set di coefficienti parziali di sicurezza per le azioni, i parametri geotecnici del terreno, le resistenze. Nello specifico sono state condotte verifiche agli stati limite ultimi (SLU).

Per la verifica allo stato limite ultimo di tipo geotecnico (GEO) per *scorrimento* si è fatto riferimento all'Approccio 2 e alla Combinazione (A1+M1+R3) con  $F_s = 1,1$  indicati per i muri di sostegno, secondo prassi già adottata e validata per opere del tutto analoghe progettate in Italia. Per la verifica al *ribaltamento* si è fatto riferimento ai coefficienti parziali relativi allo stato limite ultimo EQU per perdita di equilibrio della struttura considerata come corpo rigido, con  $F_s = 1,0$ .

Ai fini delle verifiche sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, con impiego dei coefficienti parziali di sicurezza previsti per le azioni permanenti e variabili. In merito alle azioni variabili, nelle verifiche è stata considerata l'azione meteomarina dell'onda, in quanto nettamente dominante agli effetti del calcolo. Per la combinazione fondamentale, il valore caratteristico dell'azione dell'onda è stato riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, come previsto dalle norme NTC 2018 per le azioni variabili di tipo ambientale.

- Combinazione eccezionale, riferita all'azione eccezionale esercitata dall'onda caratterizzata da un periodo di ritorno  $T_r = 500$  anni. Il periodo di ritorno dell'azione eccezionale è stato definito con riferimento alle "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti" (CSLLPP, 1996). Considerata la tipologia di opera - diga foranea a parete verticale a protezione di bacino portuale - si è fatto riferimento ad una probabilità di distruzione totale e ad un rischio per la vita umana limitato. La ripercussione economica del danneggiamento associabile ad opere di tale portata può generalmente assumersi medio-bassa (probabilità 0,15-0,20); tuttavia, a garanzia di un margine di cautela maggiore, la ripercussione economica è stata assunta alta, individuando una massima probabilità di danneggiamento pari a 0,10. Il periodo di ritorno derivante dalla combinazione della vita tecnica dell'opera e della massima probabilità di danneggiamento è ottenuto mediante la nota relazione riportata nelle stesse Istruzioni Tecniche:  $T_r = T_v / [-\ln(1-P_f)] \approx 475$  anni. A garanzia di maggiore sicurezza, si è assunto  $T_r = 500$  anni.

Le norme NTC 2018 prevedono che per la combinazione eccezionale i coefficienti parziali per le azioni, inclusa quella eccezionale, assumano tutti valore unitario.

Per le analisi agli stati limite ultimi si è fatto riferimento anche alla Combinazione sismica, che si è dimostrata meno gravosa e quindi non dimensionante rispetto alle citate Combinazioni fondamentale ed eccezionale, basate sulle azioni variabili associate alle onde con tempi di ritorno 50 e 500 anni.

#### 8.2.4. Stabilità delle opere in scogliera e degli elementi dello scanno

Per il dimensionamento e le verifiche di stabilità delle opere in scogliera, soggette a metodologie e formulazioni tipiche dell'ingegneria marittima, si è fatto riferimento all'onda di progetto con tempo di ritorno pari a 500 anni. Il periodo di ritorno è stato definito in conformità alle "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime" edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), in funzione della vita tecnica dell'opera e della massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera. Sono stati assunti in proposito gli stessi criteri e valori utilizzati per i cassoni, considerato che lo scanno d'imbasamento e le opere in scogliera hanno lo scopo di garantire la stabilità dei cassoni stessi. Il periodo di ritorno di 500 anni si ottiene infatti ammettendo una probabilità di danneggiamento durante la vita operativa (50 anni) dell'ordine del 10%.

Il dimensionamento e le verifiche preliminari hanno riguardato lo scanno di imbasamento, in particolare le protezioni in massi naturali, i massi guardiani posti al piede lato mare dei cassoni, le opere antiriflessione in scogliera previste lungo alcuni tratti della diga foranea in adiacenza alle opere a parete verticale.

#### 8.2.5. Verifiche geotecniche di capacità portante e stabilità globale

Le verifiche geotecniche alla capacità portante e di stabilità globale sono state eseguite nel rispetto delle vigenti “Norme tecniche per le costruzioni” NTC 2018, quindi in base al metodo degli stati limite e all’impiego di coefficienti parziali di sicurezza per le azioni, i parametri geotecnici del terreno, le resistenze. Nello specifico sono state condotte verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche si è fatto riferimento ai relativi Approcci e Combinazioni indicati dalle NTC 2018 per i muri di sostegno, secondo prassi già adottata e validata per opere del tutto analoghe progettate in Italia.

Per la verifica di *capacità portante* si è pertanto fatto riferimento all’Approccio 2 e alla Combinazione (A1+M1+R3) con  $F_s = 1,4$ .

Per la verifica alla *stabilità globale* del complesso opera-terreno si è fatto riferimento all’Approccio 1 e alla Combinazione 2 (A2+M2+R2) con  $F_s = 1,1$  per la condizione statica e  $F_s = 1,2$  per quella dinamica.

Queste analisi sono state entrambe eseguite con il Metodo dell’Equilibrio Limite (LEM), non esistendo soluzioni analitiche che schematizzino la geometria della sezione di progetto.

Ai fini delle verifiche sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, con impiego dei coefficienti parziali di sicurezza previsti per le azioni permanenti e variabili. In merito alle azioni variabili, nelle verifiche è stata considerata l’azione meteomarina dell’onda, in quanto nettamente dominante agli effetti del calcolo. Per la combinazione fondamentale, il valore caratteristico dell’azione dell’onda è stato riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, come previsto dalle norme NTC 2018 per le azioni variabili di tipo ambientale.
- Combinazione eccezionale, riferita all’azione eccezionale esercitata dall’onda caratterizzata da un periodo di ritorno  $T_r = 500$  anni, definito in base a quanto illustrato al precedente punto 8.2.3. Le norme NTC 2018 prevedono che per la combinazione eccezionale i coefficienti parziali per le azioni, inclusa quella eccezionale, assumano tutti valore unitario.

Per le analisi agli stati limite ultimi si è fatto riferimento anche alla Combinazione sismica, che si è dimostrata meno gravosa e quindi non dimensionante rispetto alle citate Combinazioni fondamentale ed eccezionale, basate sulle azioni variabili associate alle onde con tempi di ritorno 50 e 500 anni.

In questo ambito sono stati infine valutati i cedimenti con il codice di calcolo agli elementi finiti Plaxis, mettendo in conto la sequenza delle fasi di costruzione dell'opera, procedendo dalla posa del materiale dello scanno d'imbasamento, alla posa del cassone e del relativo riempimento, al getto della sovrastruttura in cemento armato.

### **8.3. Le sezioni tipo**

#### 8.3.1. Fase a) di costruzione

Per la fase a) di costruzione sono state previste cinque sezioni tipo in relazione ai fondali d'imbasamento e una sezione tipo per la nuova scogliera in adiacenza al tratto terminale esistente di levante della diga esistente. In Figura 8-1 è mostrata l'ubicazione planimetrica delle diverse sezioni tipo, che sono poi singolarmente illustrate da Figura 8-2 a Figura 8-7.

Le sezioni tipo della nuova diga foranea si differenziano fundamentalmente per i fondali e la quota d'imbasamento dei cassoni. I fondali variano tra 20 m e 50 m, mentre le quote d'imbasamento dei cassoni tra i 15 e i 25 m.

Nelle sezioni tipo 1 e 2, a parete verticale, sul lato mare dei cassoni è previsto un masso guardiano in cemento armato di larghezza 5 m e spessore 2,40 m, e una protezione in doppio strato di massi naturali di pezzatura di 2-5 ton. La larghezza in sommità della berma al piede del cassone è pari a 10 m.

In corrispondenza delle altre sezioni tipo (3, 4, 5 e 6) è prevista un'opera a gettata realizzata con massi naturali e artificiali di grossa pezzatura provenienti dai salpamenti dei materiali della diga esistente. In particolare la disposizione dei massi artificiali è prevista, in doppio strato, a rivestimento del corpo in massi naturali delle scogliere nelle sezioni tipo 3, 4, 6, mentre la scogliera in sezione 5 è realizzata interamente con massi naturali. Le scogliere presentano una berma sommitale la cui quota coincide con quella del muro paraonde sovrastante i cassoni. La larghezza della berma è pari a 9 m per le sezioni tipo 3, 4, 6, mentre è limitata a 7 m per la sezione 5.

Sul lato porto delle sezioni è prevista una berma rivestita con massi naturali in doppio strato di pezzatura 0,3-1 ton. La berma presenta una larghezza di 12 m per le sezioni 1, 2, 3, 4 (diga di sopraflutto) e una larghezza di 9 m per la sezione 5 (molo di sottoflutto).

I cassoni cellulari, di larghezza variabile tra i 21 e 28 m, sono sormontati da una sovrastruttura e muro paraonde in cemento armato con quota in sommità rispettivamente di +3,5 m e +7 m.

I terreni di fondazioni sono caratterizzati dalla presenza di uno strato coesivo usualmente di 5-10 m di spessore, di composizione variabile da limo/limo sabbioso alle batimetriche superiori a -35 m slm (unità LS) a limo argilloso a batimetriche inferiori (unità LA). Tale strato pone delle problematiche di stabilità in condizioni di onda di progetto; per tale motivo è stato previsto un consolidamento dei terreni di fondazione con colonne in ghiaia, con schema a maglia quadrata differenziata a seconda della consistenza e resistenza del terreno. Si rimanda alla relazione geotecnica/sismica e agli elaborati grafici di progetto per i dettagli in merito alle modalità di consolidamento del terreno con colonne in ghiaia.

Nelle figure seguenti sono presentate le sezioni tipo della nuova diga per la fase a) di costruzione.

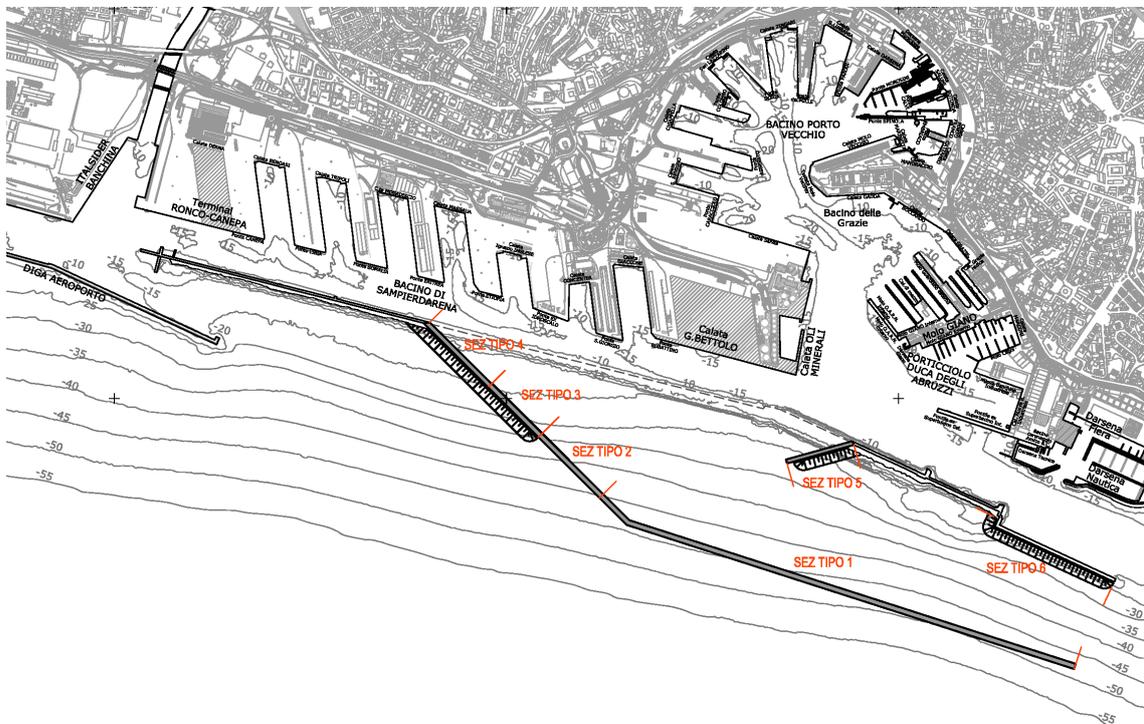


FIGURA 8-1 - NUOVA DIGA FORANEA DI FASE A) – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

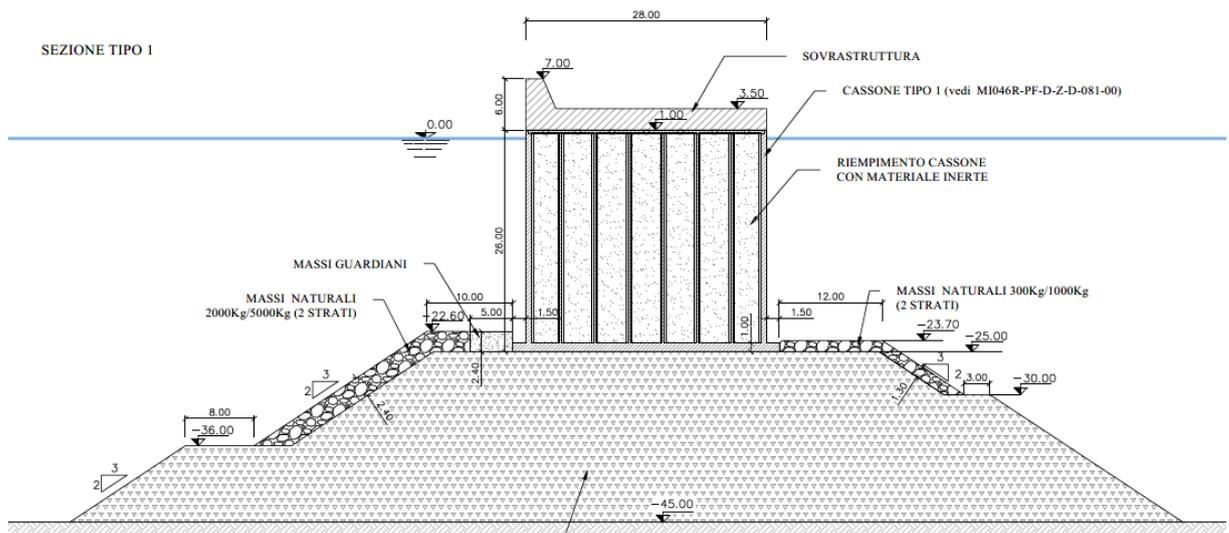


FIGURA 8-2 - DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 1 (FONDALE MEDIO 45 M)

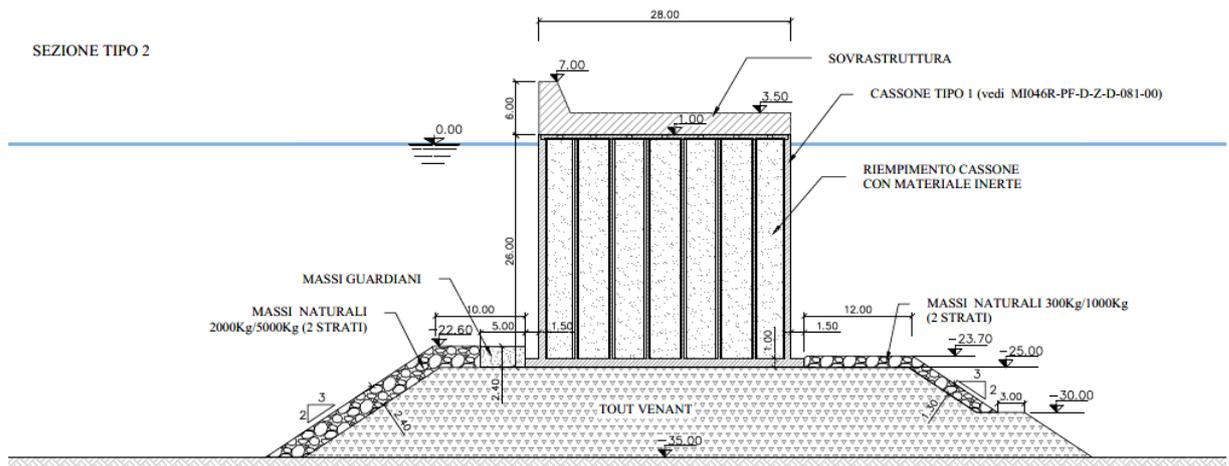


FIGURA 8-3 - DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 2 (FONDALE MEDIO 35 M)

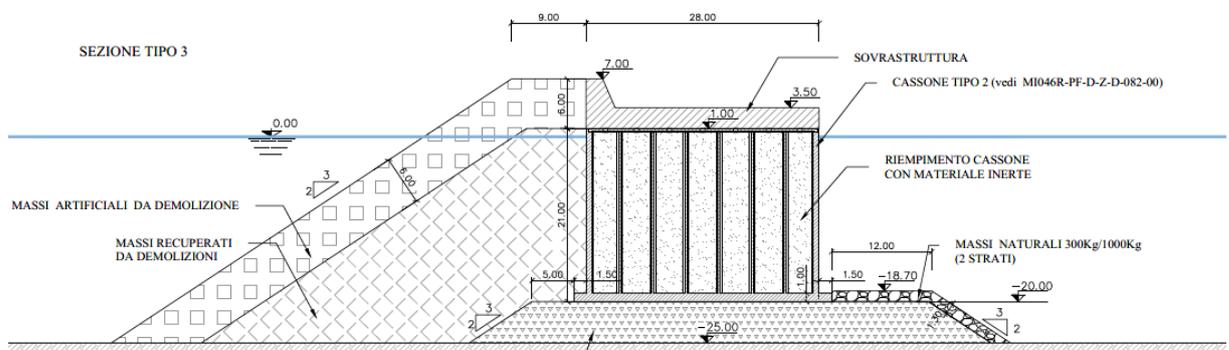


FIGURA 8-4 - DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 3 (FONDALE MEDIO 25 M)

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

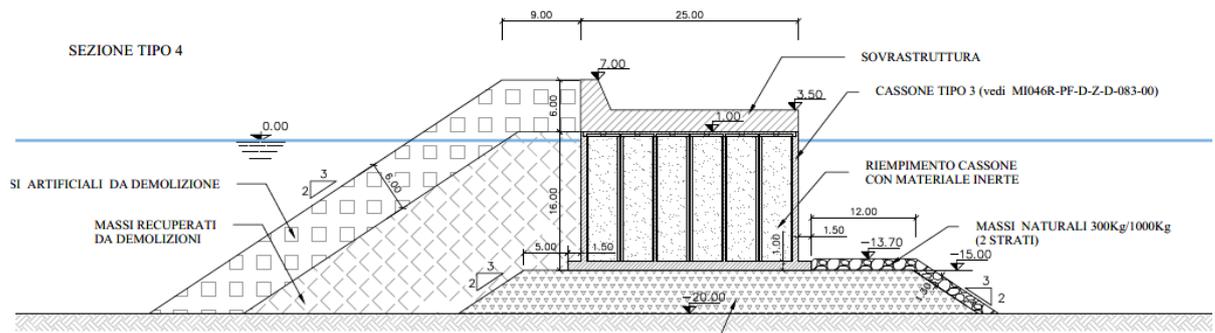


FIGURA 8-5 - DIGA DI SOPRAFLUTTO - SEZIONE TIPO 4 (FONDALE MEDIO 20 M)

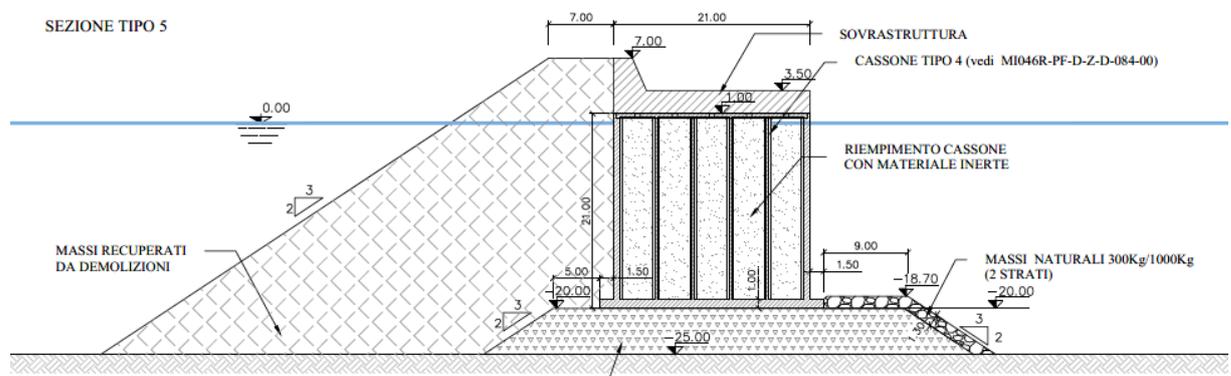


FIGURA 8-6 - DIGA DI SOTTOFLUTTO - SEZIONE TIPO 5 (FONDALE MEDIO 25 M)

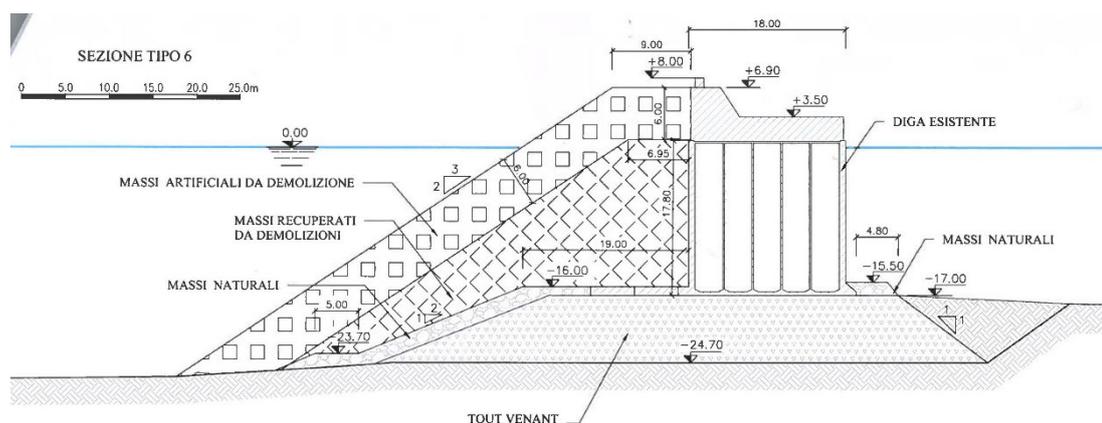


FIGURA 8-7 - SCOGLIERA SU DIGA ESISTENTE A LEVANTE - SEZIONE TIPO 6 (FONDALE MEDIO 25 M)

### 8.3.2. Fase b) di costruzione

Per la fase b) di costruzione sono state previste 3 sezioni tipo in relazione ai fondali e all'imbasamento dei cassoni.

I fondali variano tra 20 m e 35 m, mentre le quota d'imbasamento dei cassoni tra i 15 e i 20 m.

Sul lato mare dei cassoni (sezioni tipo 8 e 9, a parete verticale) è stato previsto un masso guardiano in cemento armato di larghezza 5 m e spessore 2,40 m, e una protezione in massi naturali in doppio strato di pezzatura 2-5 ton. La larghezza in sommità della berma al piede del cassone è pari a 10 m.

In corrispondenza della sezione tipo 7 è prevista un'opera a gettata realizzata con massi naturali e artificiali di grossa pezzatura provenienti dai salpamenti dei materiali della diga esistente. La disposizione dei massi artificiali è prevista, in doppio strato, a rivestimento del corpo in massi naturali della scogliera. La scogliera presenta una berma sommitale di larghezza 20 m, la cui quota coincide con quella del muro paraonde sovrastante i cassoni.

Sul lato porto di tutte le sezioni è prevista una berma di larghezza 12 m, rivestita con massi naturali in doppio strato di pezzatura 0,3-1 ton.

I cassoni cellulari, di larghezza 25 m (sezione tipo 8) e 28 m (sezione tipo 7 e 9), sono sormontati da una sovrastruttura e muro paraonde in cemento armato con quota in sommità rispettivamente di +3,5 m e +7 m.

La sezione tipo 8 viene realizzata utilizzando i cassoni cellulari della sezione 4 relativi alla fase a) di costruzione. Verrà pertanto demolita la sovrastruttura, i cui materiali verranno riutilizzati per il riempimento dei cassoni, portati in galleggiamento i cassoni e posizionati sul lato di ponente della nuova diga.

I terreni di fondazione che interessano le sezioni di fase b) sono analoghi a quelli presenti nella fase a), con la differenza che lo strato superficiale è principalmente composto da limo/limo sabbioso (unità LS), mentre lo strato di limo argilloso (LA) risulta assente. Per considerazioni analoghe a quelle introdotte precedentemente nelle sezioni di fase a), si è considerato un consolidamento dello strato superficiale LS con colonne in ghiaia.

Si rimanda alla relazione geotecnica/sismica e agli elaborati grafici di progetto per i dettagli in merito alle modalità di consolidamento con colonne in ghiaia.

Nelle figure seguenti sono presentate le sezioni tipo della nuova diga per la fase b) di costruzione.

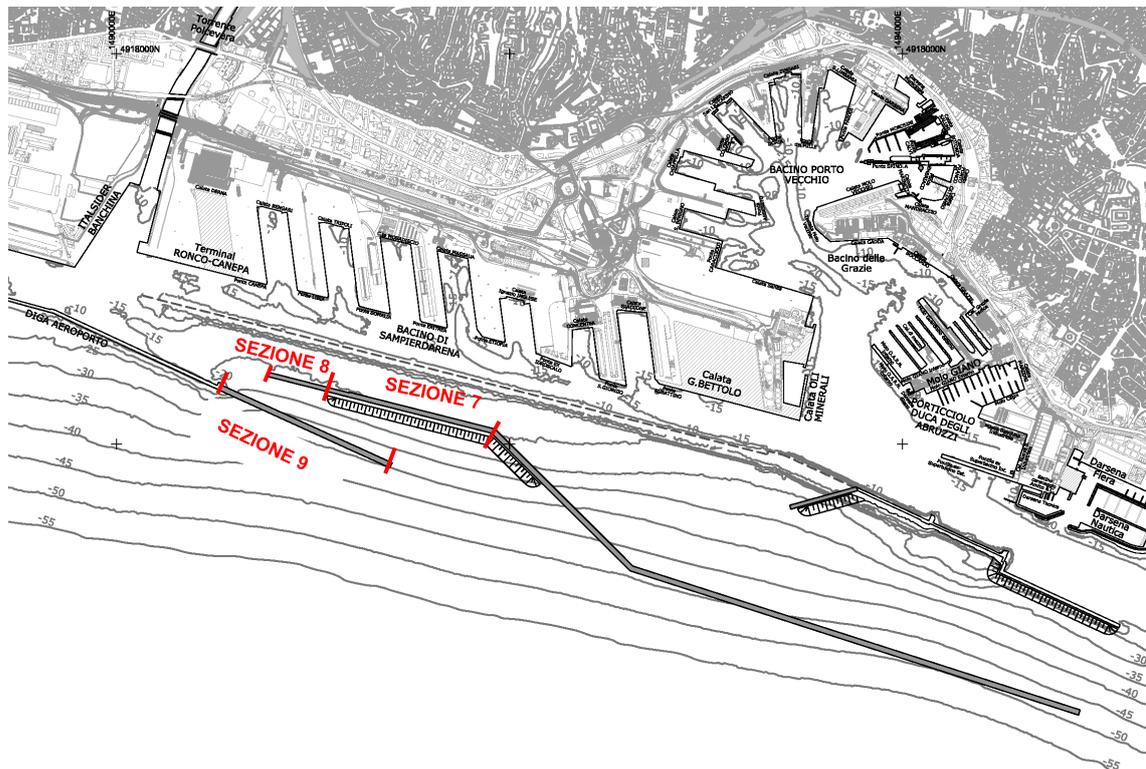


FIGURA 8-8 - NUOVA DIGA FORANEA DI FASE B) – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

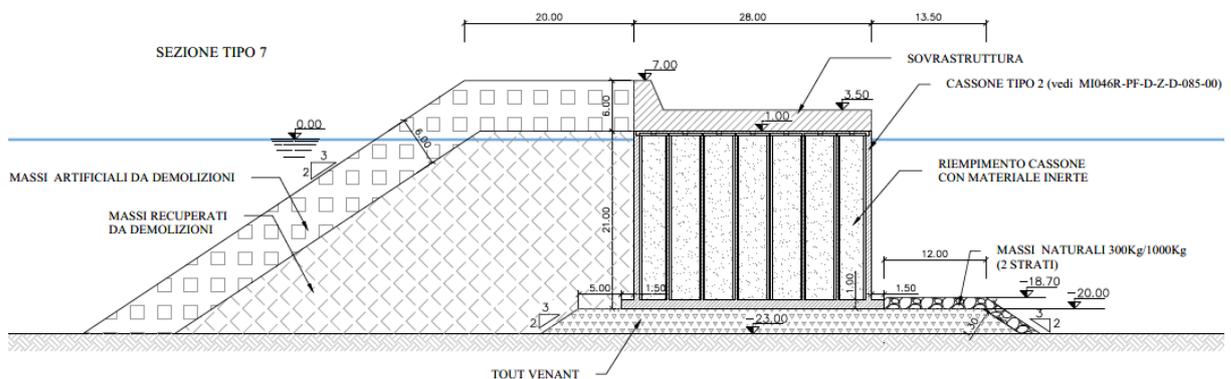


FIGURA 8-9 - SEZIONE TIPO 7 (FONDALE MEDIO 23 M)



## **9. DEMOLIZIONI DELLA DIGA ESISTENTE E RIUSO DEI MATERIALI**

### **9.1. Inquadramento delle opere da demolire**

Il progetto della nuova diga foranea prevede la demolizione di una parte della diga esistente, per uno sviluppo pari a 2200 m nel corso della fase a) di costruzione, a cui si aggiungono ulteriori 1665 m in fase b). Nel complesso dell'intervento è pertanto prevista la demolizione di 3865 m della diga attuale.

Nelle planimetrie riportate in Figura 9-1 e Figura 9-2 sono indicati i tratti di diga esistente oggetto di demolizione rispettivamente nella fase a) e nella fase b) di intervento. In Figura 9-3, Figura 9-4, Figura 9-5 e Figura 9-6 sono poi rappresentate le sezioni tipo dei tratti della diga interessati dalle demolizioni, le cui caratteristiche sono illustrate nel par. 3.3.

In fase a) è prevista la demolizione parziale del tratto C'-D (tratto D'-D, 270 m), la demolizione totale del tratto D-E (1550 m), la demolizione parziale del tratto più antico del molo Duca di Galliera (tratto E-E', 380 m).

In fase b) è prevista la demolizione dello sviluppo rimanente della diga a protezione del bacino di Sampierdarena, costituito dai tratti C-C' (275 m, inclusa l'opera posta a martello) e C'-D' (1390 m).

Le attività di salpamento e demolizione sono previste fino al raggiungimento della quota -18,50 m s.m.m., corrispondente alla profondità del fondale necessaria a garantire la navigazione in sicurezza nel bacino portuale delle grandi navi portacontainer di progetto.

Come mostrato in Figura 9-2, durante la fase b) di costruzione è prevista anche la rimozione di un tratto di nuova diga precedentemente realizzata in fase a), di lunghezza 420 m, a cui corrisponde la sezione tipo 4 presentata nel par. 8.3.1. Anche per i materiali componenti tale sezione è prevista la rimozione e il successivo riuso nell'ambito dell'intervento, secondo le modalità e la strategia generale di demolizione e riutilizzo dei materiali illustrata nei successivi paragrafi. I cassoni posati lungo tale tratto non saranno demoliti, ma salpati e riposizionati a formazione della parte terminale di ponente della nuova diga (sezione tipo 8).

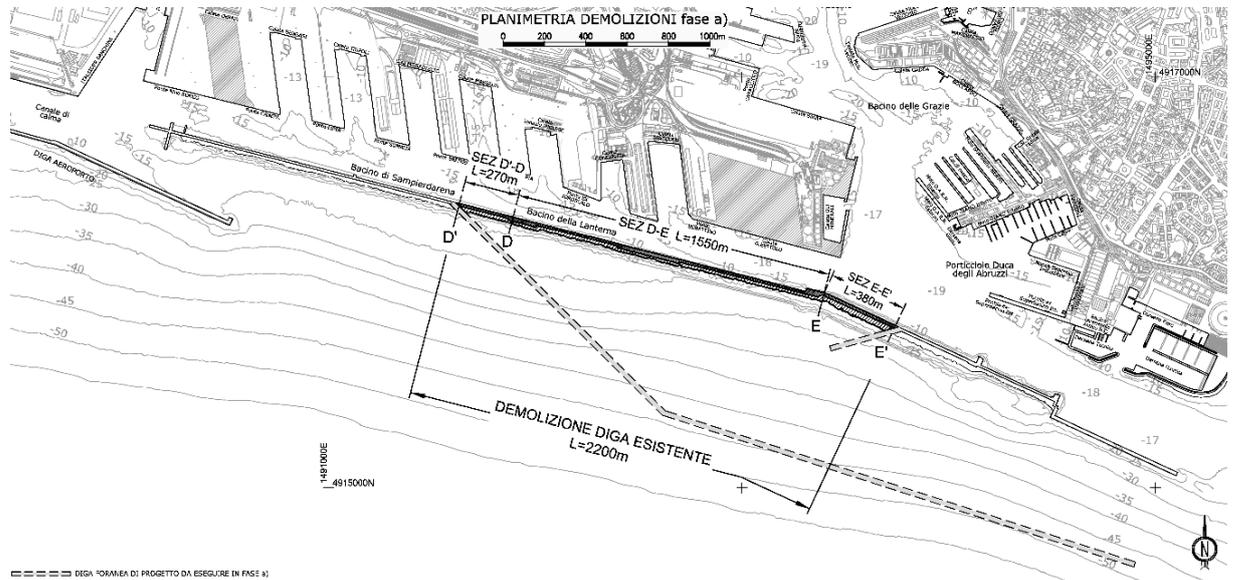


FIGURA 9-1 - PLANIMETRIA DELLE DEMOLIZIONI PREVISTE IN FASE A)

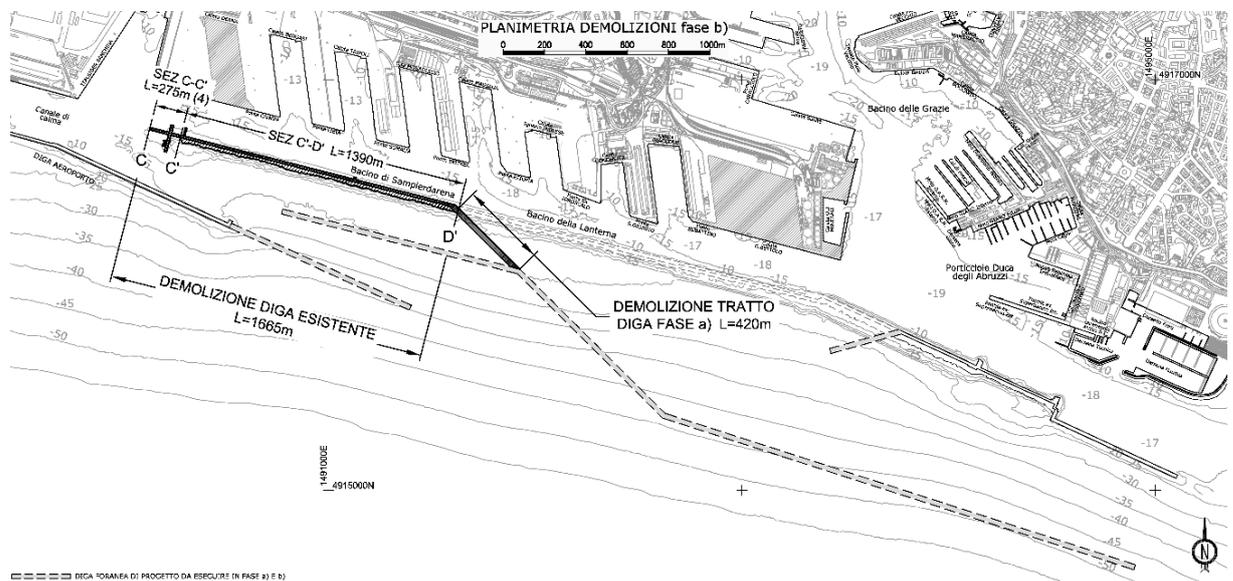


FIGURA 9-2 - PLANIMETRIA DELLE DEMOLIZIONI PREVISTE IN FASE B)

## Relazione tecnica generale

Rev.04

Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

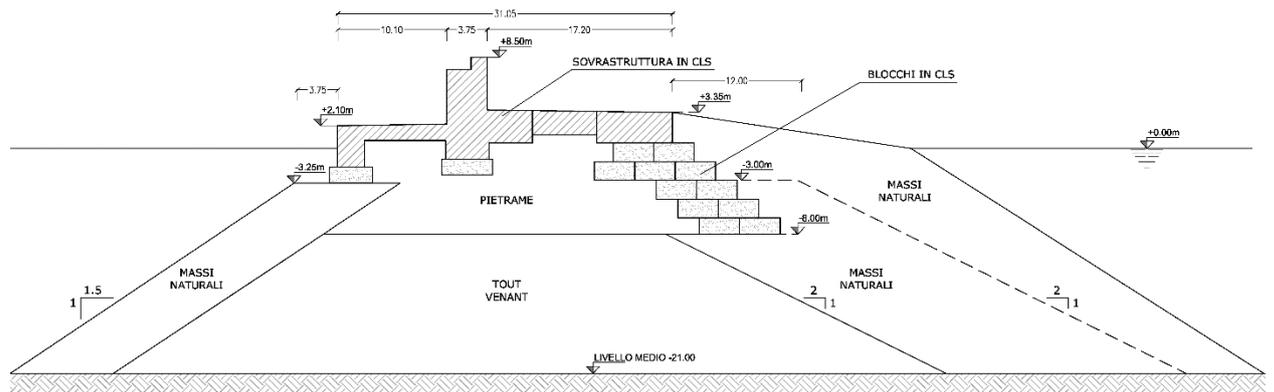


FIGURA 9-3 - SEZIONE TIPO DEL TRATTO DA DEMOLIRE DEL MOLO DUCA DI GALLIERA – TRATTO E-E’

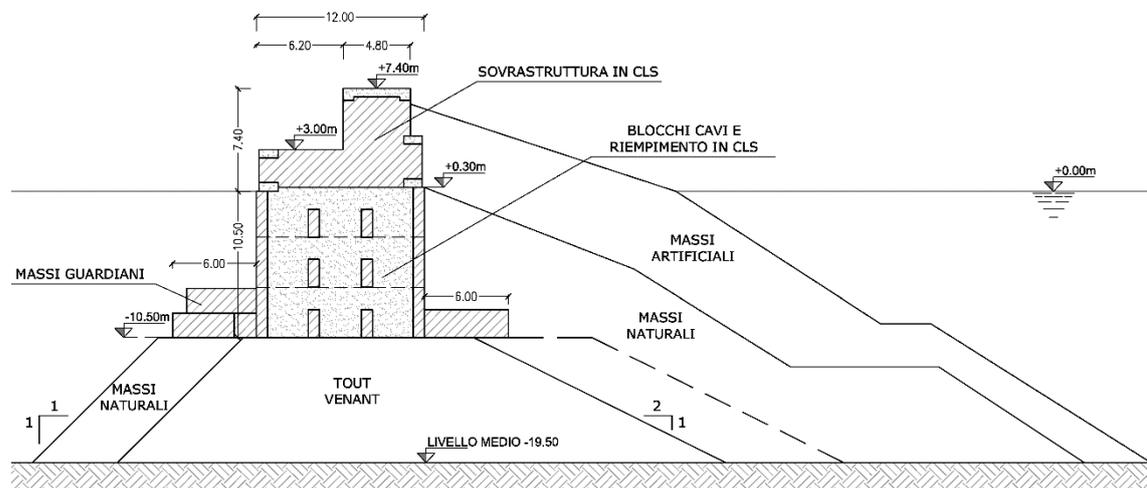


FIGURA 9-4 - SEZIONE TIPO DEL TRATTO CENTRALE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTO D-E

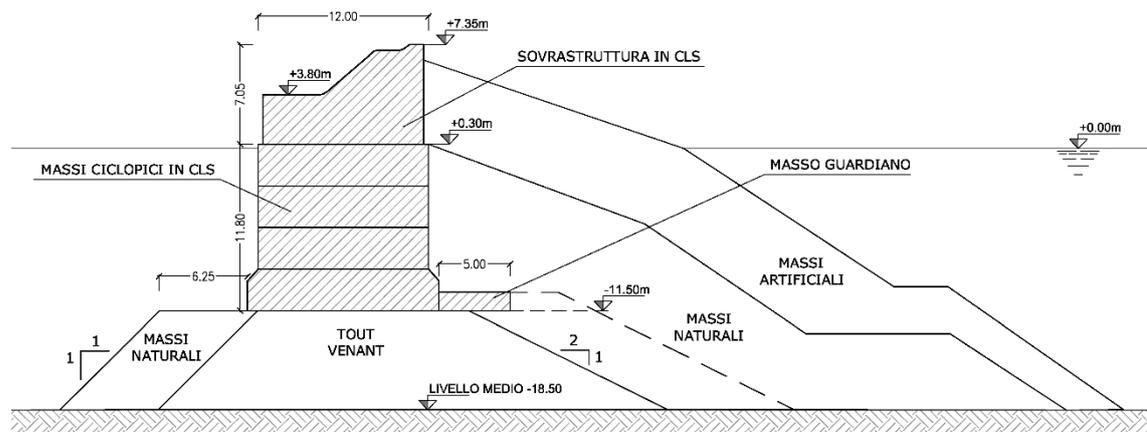


FIGURA 9-5 - SEZIONE TIPO DEL TRATTO A PONENTE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTI C’-D’, D’-D

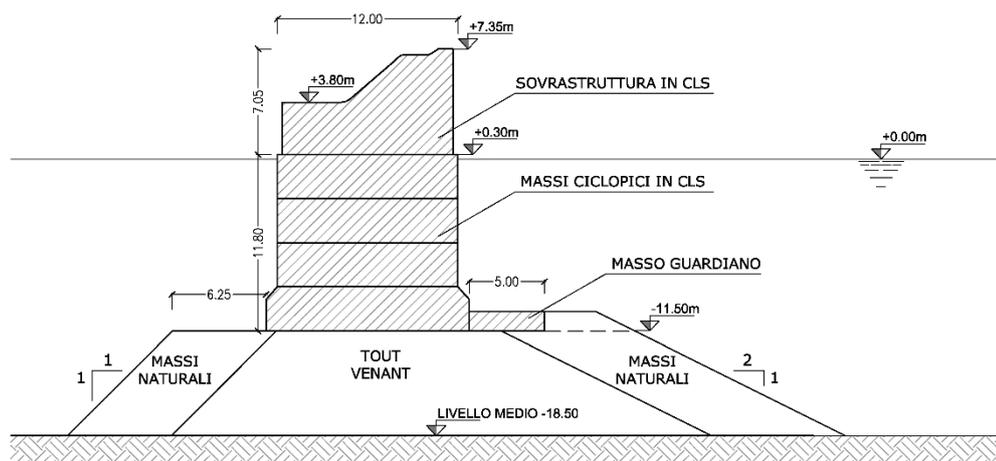


FIGURA 9-6 - SEZIONE TIPO DEL TRATTO ALL'ESTREMITÀ DI PONENTE DELLA DIGA ESISTENTE – TRATTO C-C'

## 9.2. Tipologia e volumi dei materiali da rimuovere

Nella tabella Tabella 9-1 sono riportate in sintesi le tipologie e le quantità complessive dei materiali da rimuovere nell'ambito delle demolizioni previste, distinguendo la fase a) e la fase b) di costruzione.

Come già citato nel par. 9.1, nel corso della fase b) è prevista anche la rimozione di un tratto della nuova diga realizzata in fase a) ed il riutilizzo dei relativi materiali e componenti strutturali in fase b), per ottenere la configurazione finale di intervento.

Materiale	u. m.	Quantità - Fase a)	Quantità - Fase b)
Sovrastruttura emersa in cls	m <sup>3</sup> cls	136.753	125.033
Struttura corpo diga in cls	m <sup>3</sup> cls	239.363	242.091
Pietrame nuclei e scanni	m <sup>3</sup>	779.430	347.076
Massi naturali	m <sup>3</sup>	1.063.370	807.285
Massi artificiali in cls	m <sup>3</sup> cls	310.641	278.175

TABELLA 9-1 - QUANTITÀ DI DEMOLIZIONI PREVISTE PER TIPOLOGIA DI MATERIALE – FASE A) E FASE B) DI COSTRUZIONE

In sintesi il materiale di grande pezzatura oggetto delle demolizioni di fase a), costituito da massi naturali e artificiali in calcestruzzo, considerata la porosità dei volumi rimossi di blocchi artificiali è caratterizzato da un volume di circa 1,5 milioni di metri cubi.

Il materiale di dimensioni minori, costituito da pietrame naturale o calcestruzzo derivante dalla demolizione/frantumazione delle strutture della diga in fase a), tenendo conto della porosità caratterizzante i volumi di calcestruzzo ottenuti per frantumazione, può stimarsi in circa 1,3 milioni di metri cubi.

Per quanto riguarda la fase b), il materiale di grande pezzatura (massi naturali e artificiali in calcestruzzo) recuperabile da demolizione/salpamento è stimabile in circa 1,2 milioni di metri cubi, mentre quello di dimensioni più piccole, pietrame o calcestruzzo sottoposto a frantumazione, risulta pari a circa 0,85 milioni di metri cubi.

### **9.3. Modalità di salpamento del pietrame e dei massi naturali e artificiali**

Le parti di opera esistente costituite da pietrame o da massi naturali che formano gli scanni di imbasamento e le mantellate di protezione, che in base alle informazioni disponibili comprendono elementi di peso fino a 7-8 tonnellate, possono essere salpati mediante attrezzature tradizionali (gru ed escavatori) su pontone che consentono di provvedere alla presa, sollevamento e caricamento sul pontone stesso.

Un'attenzione particolare deve essere rivolta ai massi artificiali in calcestruzzo che sono stati posizionati sul lato mare dell'opera a parete verticale a seguito dei danni indotti dalla mareggiata del 1955 (vedi Figura 9-7 e Figura 9-8). Questi elementi sono caratterizzati da dimensioni importanti e, in base alle informazioni disponibili, il peso medio dei massi artificiali da riutilizzare può considerarsi pari a circa 60 t, con i blocchi di dimensioni superiori che possono raggiungere pesi dell'ordine di 70 t.

Tali elementi possono essere rimossi utilizzando delle apposite pinze in grado di afferrare il singolo elemento da caricare su pontone di adeguata portata.



FIGURA 9-7 - ELEMENTI IN CALCESTRUZZO POSTI A DIFESA DELLA DIGA ESISTENTE DOPO LA MAREGGIATA DEL 1955 – VISTA DAL LATO MARE



FIGURA 9-8 - ELEMENTI IN CALCESTRUZZO POSTI A DIFESA DELLA DIGA ESISTENTE DOPO LA MAREGGIATA DEL 1955 – VISTA DALL'ALTO

#### **9.4. Modalità di demolizione delle strutture in calcestruzzo**

I tratti di diga esistente da rimuovere interessano, partendo da levante, le seguenti componenti strutturali in calcestruzzo (vedi da Figura 9-1 a Figura 9-6):

- il tratto E-E' del molo Duca di Galliera, costituito da blocchi di varie dimensioni, di peso fino a 200 t, e da una sovrastruttura in calcestruzzo;
- il tratto D-E, costituito da tre blocchi cavi impilati e debolmente armati riempiti con conglomerato cementizio, in modo da formare un unico elemento di dimensioni 12 x 6 x 10,8 m con un peso di circa 2000 tonnellate, sormontato da una sovrastruttura in calcestruzzo;
- il tratto C-D costituito da 4 blocchi ciclopici in calcestruzzo impilati, di peso pari a 400÷450 tonnellate ciascuno, sormontati da una sovrastruttura in calcestruzzo.

Gli elementi da rimuovere sono caratterizzati da pesi elevati, pertanto si propende per una modalità di demolizione che prevede l'utilizzo di esplosivi. Per minimizzare l'impatto delle demolizioni sul contesto operativo portuale e sull'ecosistema marino è previsto l'impiego di esplosivi del tipo depotenziato, in cartucce di varie dimensioni e peso a seconda della parte di struttura da demolire che saranno inserite in appositi fori realizzati preventivamente negli elementi in calcestruzzo.

Gli esplosivi depotenziati a cui si è fatto riferimento in questa fase progettuale per concepire il piano esplosivi sono quelli del sistema tipo Autostem. Si tratta di esplosivi in grado di generare un'onda sismica controllata, in grado di limitare gli effetti della lavorazione. Gli esplosivi depotenziati hanno il vantaggio di prevedere una distanza di sicurezza di 50 m, inferiore a quella prevista per i normali esplosivi che è pari a 300 m. Tali esplosivi depotenziati, inoltre, dal punto di vista logistico e della sicurezza non sono soggetti all'obbligo della presenza di guardie armate e possono essere recapitati in sito tramite corriere.

Gli esplosivi depotenziati del tipo considerato consentono di ottenere, attraverso l'opportuno posizionamento delle cartucce, elementi di dimensioni di 0,5-1 metro cubo, che possono essere facilmente rimossi con mezzi di sollevamento tradizionali da pontone. Alcuni di questi elementi (ad es. quelli ottenuti per demolizione dei blocchi cavi del tratto centrale D-E) potranno contenere anche ferro di armatura e pertanto dovranno essere sottoposti a trattamento di deferrizzazione.

Nel paragrafo seguente si forniscono maggiori dettagli sul sistema di esplosivi depotenziati previsto per la demolizione dei corpi strutturali della diga esistente, sia fuori che dentro acqua.

#### 9.4.1. Caratteristiche del sistema di demolizione con esplosivo depotenziato

Le cartucce del sistema esplosivo tipo Autostem sono costituite da una miscela di propellente-ossidante racchiusa in un contenitore tubolare in polimero, con sistema di innesco ad azionamento elettrico.

Per il suo funzionamento, la cartuccia viene collocata all'interno di un foro praticato nel corpo da demolire e, senza necessità di chiusura del foro, una volta innescata genera quantità di gas non nocivi che fanno pressione sul fondo e sui lati del foro fino a produrre una fratturazione controllata (scissione) della roccia o della struttura in cemento armato.

Il meccanismo di scissione utilizzato dalle cartucce tipo Autostem si differenzia da quello degli esplosivi convenzionali, per il fatto che la rottura della roccia avviene per tensione piuttosto che per compressione. Gli induttori di sollecitazioni lineari posti sulla superficie esterna del tubo in polimero inducono delle linee di rottura sulla parte interna del foro e ne facilitano la rottura, producendo così una frattura controllata della roccia o della struttura in calcestruzzo. Il meccanismo di rottura per effetto della tensione impiegato dalle cartucce Autostem si avvale di una quantità inferiore di energia rispetto agli esplosivi convenzionali usati per le medesime applicazioni.

Una delle caratteristiche salienti che contraddistinguono le cartucce di tipo Autostem rispetto agli esplosivi convenzionali è il fatto che questi ultimi detonano, mentre le cartucce di tipo Autostem deflagrano.

Le deflagrazioni sono reazioni innescate termicamente, che si propagano a velocità subsonica, procedendo radialmente in tutte le direzioni, allontanandosi man mano dalla sorgente d'innesco. Le velocità di deflagrazione sono comprese nell'ordine dei 200÷1000 metri al secondo, con la conseguente produzione di pressioni relativamente basse che raggiungono 500 Mpa e si sviluppano in millesimi di secondo. Rispetto agli esplosivi tradizionali (effetto di detonazione), la deflagrazione crea soltanto un aumento di pressione poiché le velocità di deflagrazione del materiale non sono sufficienti a produrre un'onda d'urto supersonica.

Questo funzionamento è sicuro, rispettoso dell'ambiente e controllato, diversamente dalla modalità di funzionamento tipica degli esplosivi convenzionali disponibili in commercio. Nell'esatto momento in cui la roccia che circonda il foro da mina inizia a staccarsi, il gas contenuto nel foro fuoriesce. Nel caso di una detonazione, le pressioni all'interno del foro raggiungono livelli talmente alti (a causa della velocità di detonazione), che il rilascio dei gas diviene un evento violento che provoca sia un considerevole lancio di materiale per effetto dell'elevata pressurizzazione, sia un potenziale danno alle strutture limitrofe per effetto degli alti livelli di vibrazione generati. La deflagrazione delle cartucce tipo Autostem racchiuse in un foro da mina è invece un evento controllato che produce un lancio di materiale minimo e trascurabili quantità di polvere.

L'uso delle cartucce tipo Autostem può essere operato in modo continuo, mentre il brillamento con esplosivi convenzionali richiede che la zona venga evacuata da prima del brillamento fino a qualche ora dopo. Il raggio di sicurezza della tecnologia è limitato ad almeno 50 metri.

I composti del propellente, all'atto dell'innesco, producono alti volumi di gas non nocivi, che consistono principalmente in azoto, anidride carbonica e vapore acqueo. La reazione chimica risulta bilanciata relativamente all'ossigeno, il che la rende completamente compatibile con l'ambiente.

A causa della reazione chimica bilanciata, le cartucce possono essere usate in modo sicuro nel sottosuolo, così come nelle operazioni di demolizione effettuate sott'acqua.

Infine, le cartucce tipo Autostem sono più sicure da trasportare, immagazzinare ed utilizzare, rispetto agli esplosivi convenzionali. Questi ultimi possono detonare quando si trovano all'interno del loro imballaggio, mentre le cartucce Autostem non possono detonare e sono molto stabili quando si trovano nel loro imballaggio.

Per il dettaglio delle previste fasi e modalità di impiego del sistema di demolizione con esplosivo depotenziato, in relazione alle tipologie strutturali dei diversi tratti della diga da demolire, si rimanda agli specifici elaborati grafici relativi al piano esplosivi (elaborati cod. MI046R-PF- D-Z-D-067÷069).

## **9.5. Riuso del materiale demolito e salpato: modalità e fasistica realizzativa**

Per la realizzazione delle opere della nuova diga foranea è prevista una strategia di massimo riutilizzo dei materiali provenienti dalle demolizioni della diga esistente. Ciò comporta chiari benefici di carattere logistico, ambientale, funzionale, nonché economico.

Il riuso del materiale proveniente dalle demolizioni e salpamenti necessari è previsto in relazione ad entrambe le fasi a) e b) di costruzione. Per ciascuna delle due fasi funzionali, il piano di riutilizzo prevede il reimpiego complessivo dei materiali idonei recuperati nell'ambito della fase stessa, con modalità analoghe ma pianificate secondo sequenze realizzative atte a rispondere alle specifiche esigenze delle due fasi, come illustrato nei successivi paragrafi 9.5.1 e 9.5.2.

Per i massi artificiali di calcestruzzo e i massi naturali salpati di peso e dimensioni idonei per la formazione di scogliere e mantellate di protezione, si prevede il riposizionamento in adiacenza ad opere a parete verticale allo scopo di ridurre la riflessione del moto ondoso e il relativo effetto di disturbo sulla navigazione nelle aree di accesso al porto. La protezione in scogliera sul lato mare dei cassoni consente inoltre, a livello prestazionale, di ridurre i carichi indotti dalle onde sui cassoni stessi con effetti favorevoli sul dimensionamento e la stabilità delle opere.

Riguardo agli elementi di piccola pezzatura, derivanti dal salpamento del pietrame di imbasamento e dalla demolizione degli elementi ciclopici in calcestruzzo della diga esistente, questi potranno essere utilizzati per la formazione di parte dello scanno d'imbasamento e del riempimento dei cassoni. A tale scopo il materiale proveniente dalle demolizioni con esplosivi, previo accertamento dell'idoneità al recupero, sarà ulteriormente ridotto di pezzatura e vagliato con l'utilizzo di impianti per la frantumazione. I ferri di armatura degli elementi strutturali in c.a., a seguito della deferrizzazione degli elementi demoliti mediante esplosivo, saranno conferiti in idonee discariche.

Per accertare la recuperabilità dei materiali da demolizione nell'ambito dei lavori, essi saranno sottoposti alle analisi di caratterizzazione previste dalla normativa vigente a seconda della loro natura e tipologia. Per gli approfondimenti sullo specifico tema si rimanda al piano di gestione delle materie illustrato nel successivo capitolo 10.

### 9.5.1. Riutilizzo dei materiali di demolizione in fase a)

La pianificazione delle principali fasi realizzative della nuova diga di fase a) è stata concepita tenendo in considerazione due fattori principali: da una parte, la necessità di garantire nel corso dei lavori adeguata protezione al bacino e ai terminali portuali, altrimenti esposti al moto ondoso con il procedere delle demolizioni; dall'altra, l'opportunità di riutilizzare come risorsa nell'ambito dei lavori i materiali provenienti dalle demolizioni stesse.

Sono state così individuate tre principali macro-fasi realizzative, illustrate nel seguito e in Figura 9-9.

#### 1. Costruzione parziale delle opere della nuova diga

In una prima fase è prevista la realizzazione delle opere a parete verticale dei nuovi moli, con sviluppo parziale del molo principale di sopraflutto. Il molo principale viene costruito a meno del tratto terminale di levante, lungo 430 m, che si prevede di realizzare mediante il riutilizzo dei materiali di demolizione idonei alla formazione dello scanno e del riempimento dei cassoni.

La configurazione dei moli della nuova diga, che in questa fase presentano uno sviluppo complessivo di 3730 m, garantisce agli specchi portuali una protezione dalle onde di Sciocco parziale rispetto a quella prevista ad opere completate, ma in ogni caso accettabile per la durata dei restanti lavori.

#### 2. Rimozione dei massi artificiali e naturali di grande pezzatura e riutilizzo dei materiali per formazione di scogliere anti riflessione

La prima fase di demolizione della diga esistente prevede la rimozione per salpamento delle scogliere in massi naturali e in blocchi di calcestruzzo poste a protezione delle strutture e degli imbasamenti della diga.

I massi naturali e artificiali di recupero sono destinati alla formazione delle seguenti opere di protezione a scarpata, con funzione antiriflettente, come schematizzato in Figura 9-10:

- scogliera posta lungo il tratto terminale di levante G-H della diga esistente, anch'esso realizzato come opera a gravità in cassoni, per uno sviluppo di ca. 670 m su fondali mediamente di 25 m (sezione tipo 6);

- scogliera a protezione del nuovo molo di sottoflutto per uno sviluppo di ca. 270 m, sempre su profondità medie dell'ordine dei 25 m (sezione tipo 5);
- scogliera a protezione del radicamento di ponente del nuovo molo di sopraflutto, per uno sviluppo di ca. 750 m su fondali fino a 30 m (sezioni tipo 3 e 4).

Come illustrato precedentemente nel par. 9.2, in fase a) si potranno rendere disponibili circa 1,5 milioni di metri cubi di materiale per la posa in opera delle scogliere antiriflessione. In base a tale quantitativo, ai fondali di realizzazione delle scogliere e agli sviluppi delle opere da proteggere, le scogliere saranno caratterizzate da un volume di sezione variabile tra circa 700 e 1000 m<sup>3</sup> a metro, al netto dei cedimenti previsti, disposto con scarpata di pendenza 1:1,5.

Per le scogliere a protezione delle sezioni tipo 3, 4 e 6, è prevista la disposizione dei massi artificiali in doppio strato a rivestimento del corpo in massi naturali, mentre per la realizzazione della scogliera della sezione 5 è previsto l'impiego di soli massi naturali.

### 3. Demolizione dei corpi strutturali e degli imbasamenti della diga e riuso dei materiali a completamento del molo di sopraflutto

La seconda fase di demolizione della diga esistente prevede la demolizione delle strutture in calcestruzzo e il salpamento del pietrame che ne costituisce gli imbasamenti e i nuclei. I materiali di pezzatura ridotta recuperati da tali operazioni saranno utilizzati per la formazione dello scanno d'imbasamento e per il riempimento dei cassoni del tratto terminale della nuova diga su alti fondali (vedi Figura 9-11).

Come già anticipato, i volumi di materiale che si renderanno disponibili, pari a circa 1,3 milioni di metri cubi, consentiranno la realizzazione degli ultimi 430 m di molo, su fondali mediamente di 48 m.

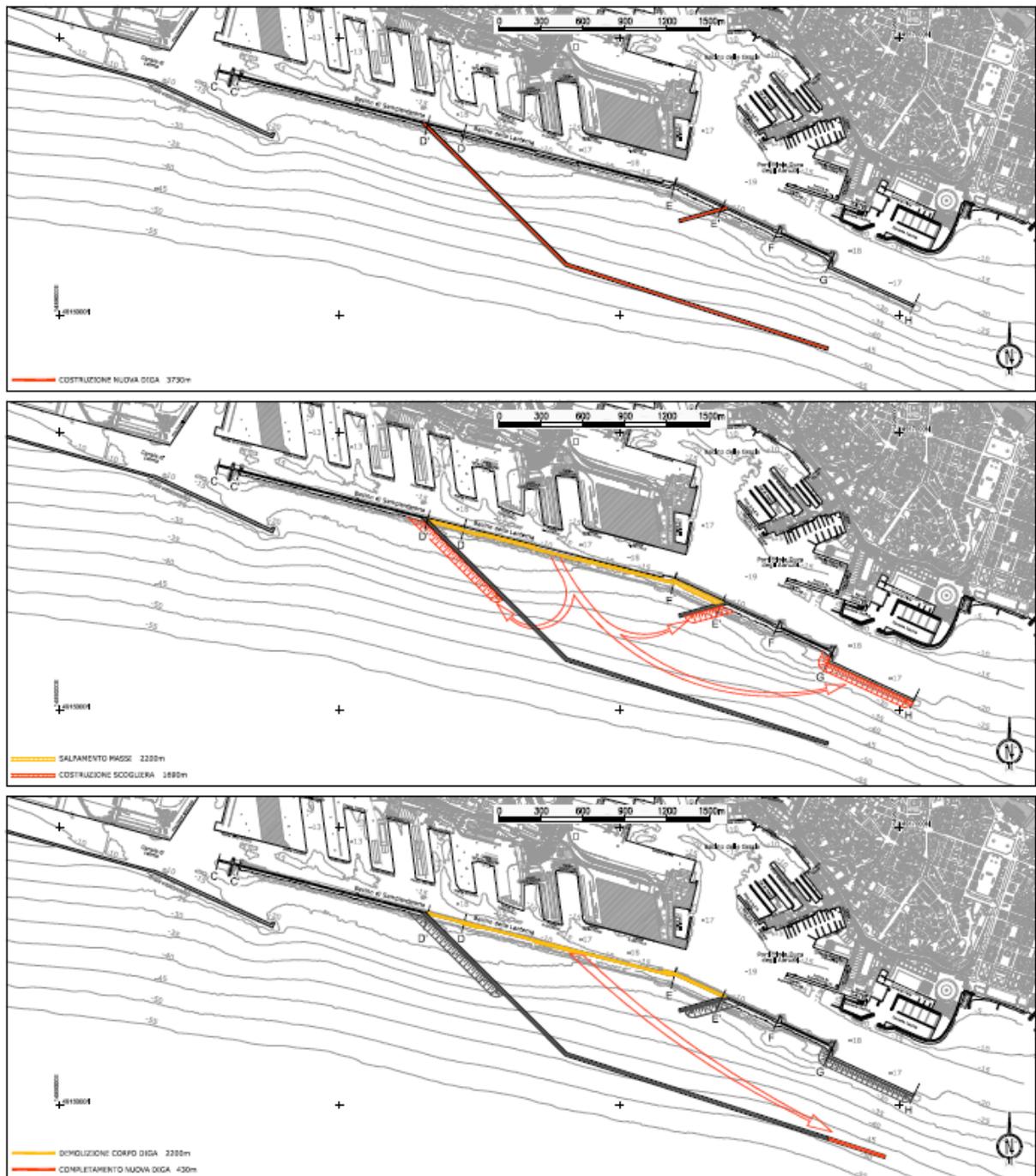


FIGURA 9-9 - FASE A) – SEQUENZA MACRO-FASI REALIZZATIVE DELLA NUOVA DIGA

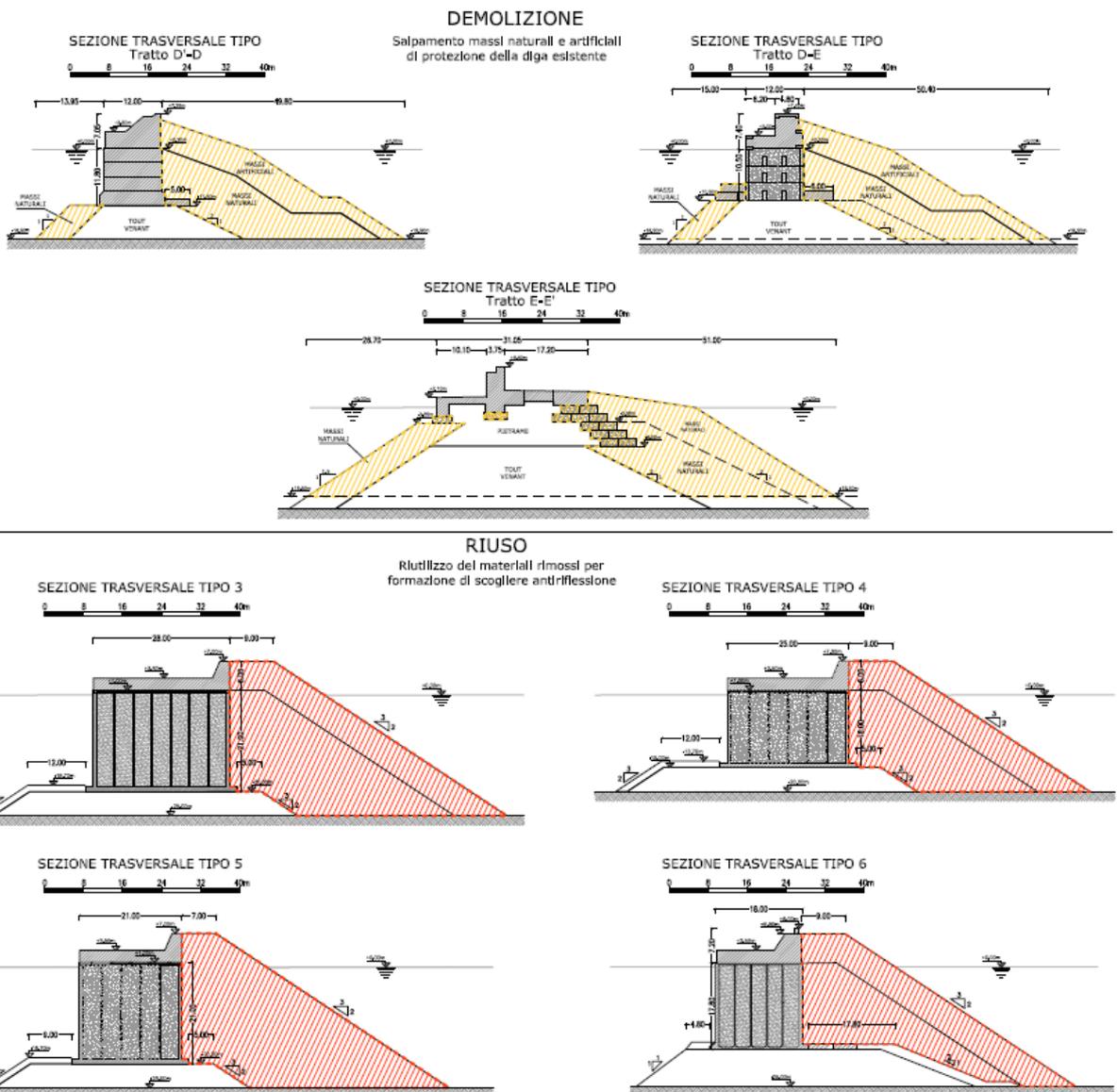
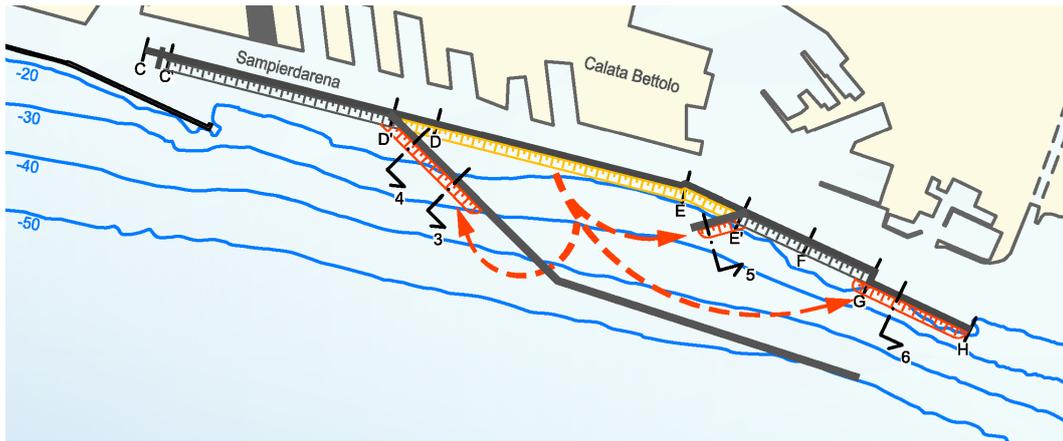
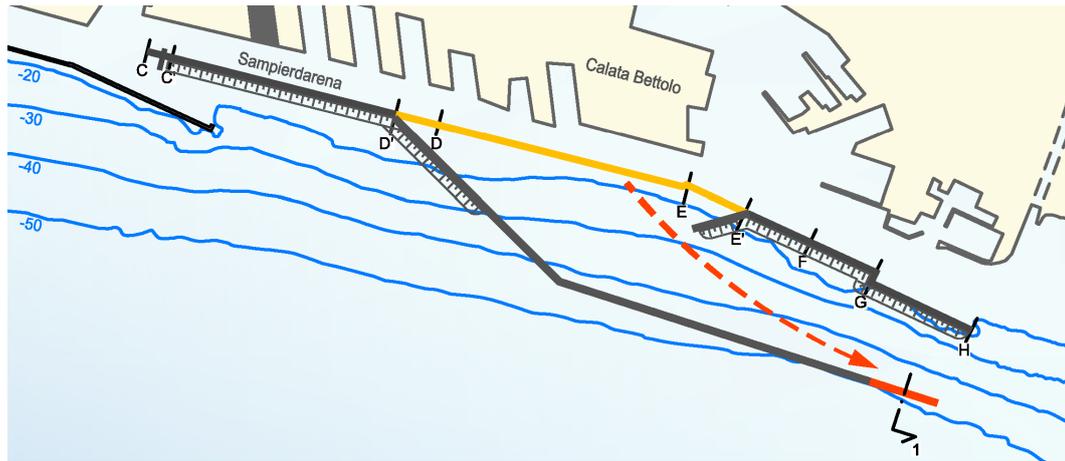
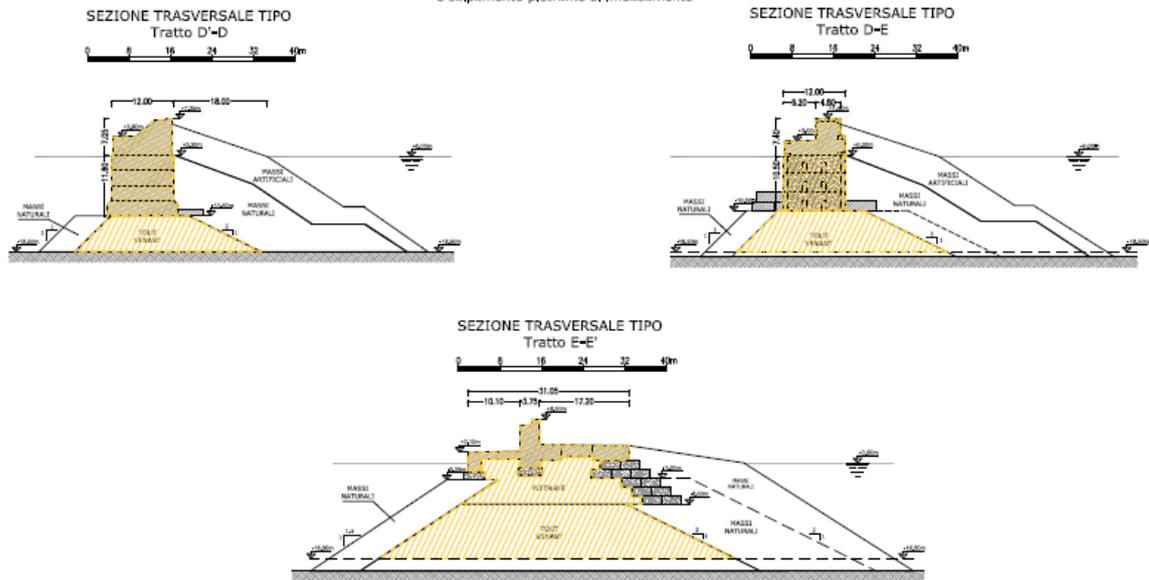


FIGURA 9-10 - FASE A) – RIUSO DEI MATERIALI DI SALPAMENTO PER FORMAZIONE DI SCOGLIERE DI PROTEZIONE: SEZIONI TIPO



**DEMOLIZIONE**

Demolizione corpo diga in calcestruzzo e salpamento pietrame di Imbasamento



**RIUSO**

Riutilizzo dei materiali rimossi per realizzazione scanno di Imbasamento e riempimento nuovi cassoni

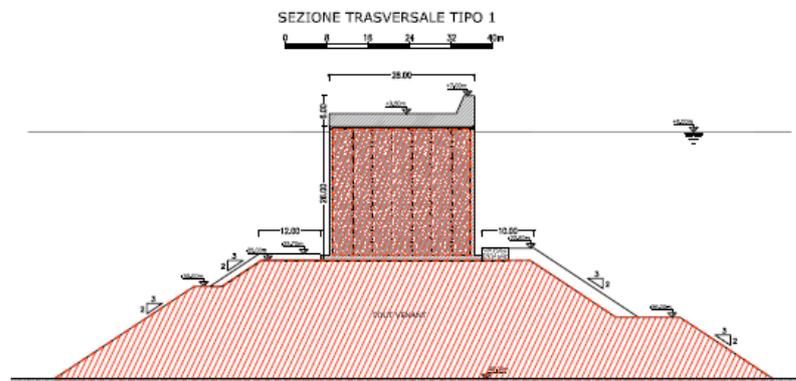


FIGURA 9-11 - FASE A) – RIUSO DEI MATERIALI DI DEMOLIZIONE/SALPAMENTO PER FORMAZIONE DI SCANNO E RIEMPIMENTO CASSONI: SEZIONI TIPO

### 9.5.2. Riutilizzo dei materiali di demolizione in fase b)

Anche nell'ambito della fase b) di costruzione della nuova diga, il materiale di dimensioni maggiori proveniente dalla rimozione/salpamento di massi naturali e di elementi in calcestruzzo, per un quantitativo stimato di circa 1,2 milioni di metri cubi, potrà essere disposto a formazione di scogliere antiriflessione in adiacenza ad opere a parete verticale.

La scogliera di fase a) posta a protezione della radice del nuovo molo di sopraflutto, per uno sviluppo di 420 m corrispondente alla sezione tipo 4 di progetto, sarà salpata e riposizionata lungo il tratto di radicamento della nuova diga di fase b) delimitante il canale ampliato di Sampierdarena. Inoltre, lungo il paramento lato mare di quest'ultima sarà riposizionato, in continuità, anche il materiale di protezione rimosso lungo il tratto residuo di ponente della diga esistente (tratto C'-D'). In questo modo si contrasterà il fenomeno di riflessione ondosa nell'area prospiciente la nuova imboccatura di ponente destinata ai navigli minori e alle imbarcazioni di servizio.

La scogliera coprirà complessivamente uno sviluppo di circa 850 m, proteggendo completamente la sezione tipo 7 e per un tratto di ca. 100 m anche la sezione 8, realizzata previo salpamento e riposizionamento dei cassoni della sezione 4. La geometria della scogliera presenta una berma sommitale larga 20 m e una scarpata con pendenza 1:1,5, dove i massi artificiali in calcestruzzo sono disposti in doppio strato a rivestimento del corpo in massi naturali.

Per il materiale di pezzatura più minuta proveniente dalle demolizioni della diga attuale e della sezione 4 di fase a) è previsto il riutilizzo nell'ambito della costruzione del molo di prolungamento della diga dell'aeroporto, caratterizzato dalla sezione tipo 9. Tale materiale, stimato in 0,85 milioni di metri cubi, potrà essere riutilizzato per la realizzazione dello scanno di imbasamento e di quota parte del riempimento dei cassoni cellulari, per uno sviluppo di cassoni riempiti pari a ca. 430 m.

La sequenza realizzativa delle opere di fase b) prevede le fasi descritte nel seguito e illustrate in Figura 9-12.

#### 1. Costruzione parziale della nuova diga delimitante il canale di Sampierdarena

In una prima fase è prevista la realizzazione delle opere a parete verticale del nuovo molo parallelo alla diga esistente, con sviluppo parziale di 750 m limitato alla sezione tipo 7.

La costruzione di questo tratto di diga consente la protezione del bacino dalle onde di Libeccio che altrimenti potrebbero penetrare una volta demolita la sezione 4 di fase a).

2. Rimozione della sezione 4 di fase a) e riutilizzo dei materiali di scogliera e dei cassoni lungo il molo in costruzione

In questa fase si salpano i materiali della scogliera di protezione della sezione 4 di fase a) e si riutilizzano per realizzare un primo tratto di scogliera anti riflessione lungo la nuova diga in costruzione (vedi Figura 9-13).

Si procede inoltre con la prosecuzione ed ultimazione dello scanno di imbasamento lungo il nuovo molo, sul quale vengono poi posizionati i cassoni salpati dalla sezione 4, completati successivamente con la sovrastruttura. Il nuovo molo parallelo alla diga esistente completa così la sua lunghezza, pari a 1170 m.

3. Rimozione dei massi di protezione della diga esistente e riuso dei materiali a completamento della scogliera lungo il nuovo molo

Una volta ultimate le opere a parete verticale del nuovo molo parallelo alla diga esistente, si procede con il salpamento dei massi artificiali e naturali a protezione del tratto di ponente C'-D' della diga attuale. I materiali recuperati vengono riutilizzati per completare la scogliera anti riflessione lungo il molo di nuova realizzazione (vedi Figura 9-14).

4. Demolizione del corpo diga esistente e riuso dei materiali per la costruzione del prolungamento diga aeroporto

Con la demolizione delle opere residue lungo il tratto C-D' della diga esistente – corpo diga in calcestruzzo e pietrame di imbasamento – si recuperano volumi di materiale funzionali alla realizzazione del molo esterno di fase b), a prolungamento della diga dell'aeroporto, caratterizzato dalla sezione tipo 9 e lungo 960 m.

Come sopra accennato, in base alle stime preliminari il quantitativo di materiale riutilizzabile appare tale da consentire la realizzazione dell'intero corpo dello scanno di imbasamento, oltre al riempimento dei cassoni per uno sviluppo di circa 430 m (Figura 9-14).

Al fine di limitare l'esposizione al moto ondoso dello specchio portuale di ponente in questa fase dei lavori, la costruzione del prolungamento della diga dell'aeroporto deve essere opportunamente coordinata con le demolizioni: è opportuno che queste procedano da levante verso ponente, mentre la progressiva costruzione del nuovo molo si realizza a partire dalla testata attuale verso levante.

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

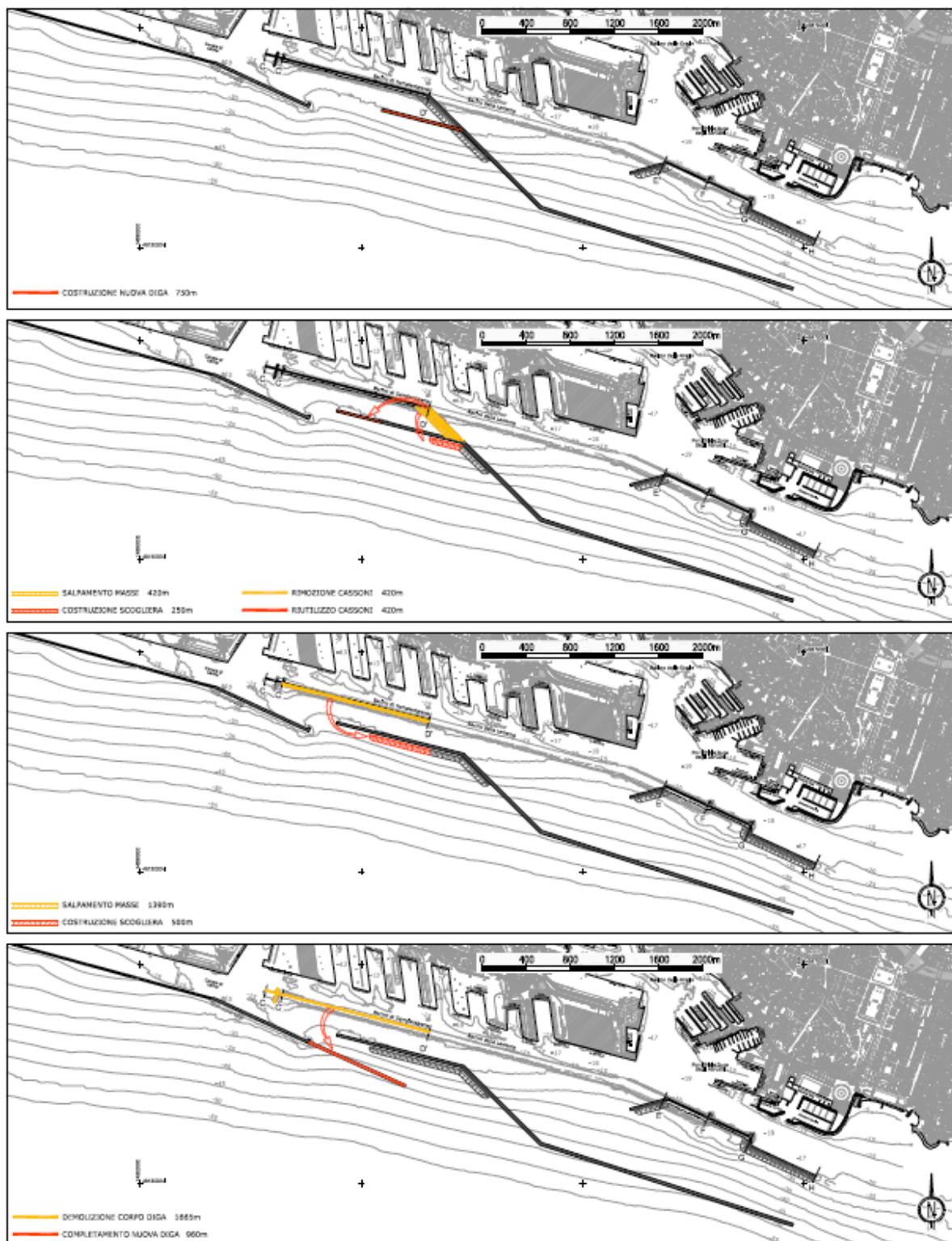
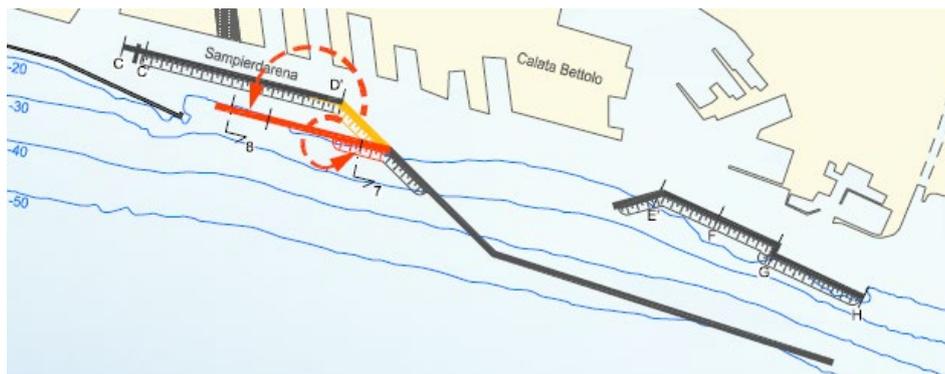


FIGURA 9-12 - FASE B) – SEQUENZA MACRO-FASI REALIZZATIVE DELLA NUOVA DIGA

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

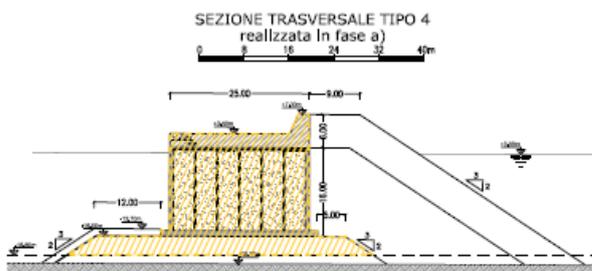
El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04



**DEMOLIZIONE**  
Salpamento massi naturali  
e artificiali di protezione  
della diga esistente



**DEMOLIZIONE**  
Demolizione sovrastruttura,  
salpamento cassoni e  
pletrame di Imbasamento



**RIUSO**  
Riutilizzo dei massi delle protezioni  
rimosse per formazione di scogliera  
anti-reflessione



**RIUSO**  
Riutilizzo dei cassoni salpati  
per formazione nuovo corpo diga



FIGURA 9-13 - FASE B) – RIUSO DEI MATERIALI DI SALPAMENTO/DEMOLIZIONE: SEZIONI TIPO (FIG. 1 DI 2)

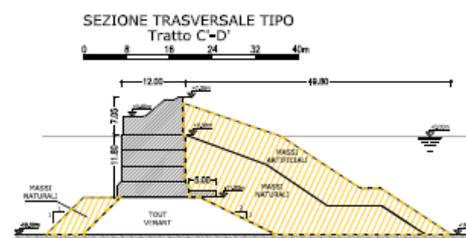
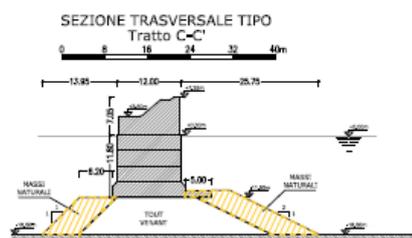
## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

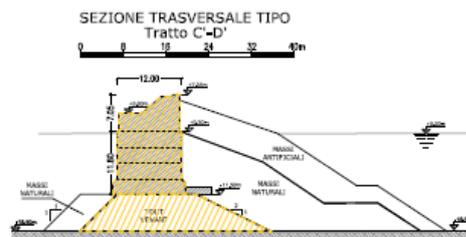
El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

**DEMOLIZIONE**

Salpamento massi naturali e artificiali di protezione della diga esistente

**DEMOLIZIONE**

Demolizione corpo diga in calcestruzzo e salpamento pietrame di Imbasamento

**RIUSO**

Riutilizzo dei massi delle protezioni rimosse per formazione di scogliera anti-riflessione

**RIUSO**

Riutilizzo dei materiali da demolizione del corpo diga e dell'imbascamento per realizzazione nuovo scanno e riempimento cassoni



FIGURA 9-14 - FASE B) – RIUSO DEI MATERIALI DI DEMOLIZIONE/SALPAMENTO: SEZIONI TIPO (FIG. 2 DI 2)

## 10. PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE

### 10.1. Fonti di approvvigionamento dei materiali

Nell'ambito del presente progetto si prevede l'installazione di un impianto mobile per il trattamento dei rifiuti non pericolosi (Par. 10.4), al fine di massimizzare il recupero dei materiali derivanti dalle attività di demolizione e salpamento.

I volumi dei materiali disponibili da demolizioni e salpamenti, al netto della frazione che dovesse risultare non idonea al riutilizzo, coprono comunque solo parzialmente il fabbisogno di notevoli quantità di materiale lapideo necessarie alla realizzazione degli interventi di progetto.

Si è provveduto quindi ad identificare nell'ambito del progetto le possibili fonti di approvvigionamento dei materiali, che vengono presentate nei paragrafi seguenti.

Nelle tabelle seguenti viene riportato sinteticamente un bilancio dei materiali di costruzione, distinti tra quelli di nuovo approvvigionamento e quelli di riutilizzo, in relazione alle due fasi di costruzione dell'opera.

TABELLA 10-1 - BILANCIO DEI MATERIALI DI COSTRUZIONE – FASE A

Materiale	Quantitativo complessivo (m <sup>3</sup> )	Materiale di nuova fornitura (m <sup>3</sup> )	Materiale da interventi dragaggio (m <sup>3</sup> )	Materiale da salpamenti (m <sup>3</sup> )	Materiale da riciclo (m <sup>3</sup> )
Scanno di imbasamento in pietrame da cava	6,311,806	5,006,351	–	–	1,305,455
Massi naturali da 300-1000 kg per protezioni al piede	119,240	119,240	–	–	–
Massi naturali da 2000-5000 kg per protezioni al piede	192,160	192,160	–	–	–
Materiale per riempimento celle cassoni	2,191,896	664,049	1,277,415	–	250,432
Massi artificiali per scogliere di protezione	310,641	–	–	310,641	–
Massi naturali per scogliere di protezione	1,063,370	–	–	1,063,370	–

TABELLA 10-2 - BILANCIO DEI MATERIALI DI COSTRUZIONE – FASE B

Materiale	Quantitativo complessivo (m <sup>3</sup> )	Materiale di nuova fornitura (m <sup>3</sup> )	Materiale da interventi dragaggio (m <sup>3</sup> )	Materiale da salpamenti (m <sup>3</sup> )	Materiale da riciclo (m <sup>3</sup> )
Scanno di imbasamento in pietrame da cava	1,178,188	519,240	–	–	658,948
Massi naturali da 300-1000 kg per protezioni al piede	72,000	72,000	–	–	–
Massi naturali da 2000-5000 kg per protezioni al piede	79,020	79,020	–	–	–
Materiale per riempimento celle cassoni	804,384	602,112	–	–	202,272
Massi artificiali per scogliere di protezione	278,175	–	–	278,175	–
Massi naturali per scogliere di protezione	807,285	–	–	807,285	–

#### 10.1.1. Cave di prestito per la formazione degli scanni d'imbasamento

Le possibili cave per l'approvvigionamento del materiale lapideo risultano dislocate nell'area tirrenica del Nord/Centro Italia, come illustrato in Figura 10-1.

Di seguito vengono riportate sinteticamente le informazioni raccolte nell'ambito della ricerca delle possibili cave di prestito dei materiali lapidei da impiegare nell'ambito del presente progetto.

Si evidenzia che la ricerca delle cave effettuata in questa sede è di tipo puramente informativo. Nelle successive fasi progettuali e comunque prima dell'avvio dei lavori dovranno essere individuate con precisione le cave di approvvigionamento dei materiali, in ragione dell'effettiva disponibilità a fornire le volumetrie previste in progetto.



FIGURA 10-1 - UBICAZIONE DELLE CAVE DI FORNITURA DEI MATERIALI INERTI

**A - Cava "Veriusa" - BAGNASCO EDOARDO S.R.L. – Pallare (SV)**

La Società Bagnasco Edoardo S.r.l. è proprietaria di due cave per la produzione di inerti:

- Cava di calcare denominata "Veriusa" sita in Comune di Pallare (SV) con potenzialità di circa 12 milioni di ton di potenzialità estrattiva.

- Cava di calcare denominata “Binè” sita in Comune di Millesimo (SV) con potenzialità di circa 1 milione di ton di potenzialità estrattiva.

**B - Cava LIVELLI SNC - Beverino (SP)**

Cava di pietra arenaria, autorizzata ne 2015 all'estrazione di oltre 3milioni di mc di materiale (praticamente ancora tutta da scavare).

È situata a 10 km dall'uscita dell'autostrada di Brugnato e l'ingresso dista 800mt dalla ss. Aurelia.

La capacità produttiva non risulta elevata.

Per quanto riguarda il tout-venant la cava può garantire al massimo 600 ton/die.

**C - Cava SAN COLOMBANO COSTRUZIONI S.p.A. - Carrara (MS)**

Tale cava è stata già utilizzata per le forniture legate alla realizzazione della piattaforma di Vado Ligure ove garantiva 120.000 ton al mese, con l'utilizzo di 1 nave con capacità di ca. 9200 t a viaggio.

Importante sarebbe la possibilità di prevedere un fuso per il riempimento in mare con una componente della frazione 0-40mm > 25%, e la frazione pelitica 10<>15 %.

La cava potrebbe fornire materiale con queste caratteristiche riuscendo a raggiungere oltre 180.000 tons al mese.

Non meno importante l'aspetto ambientale che si raggiungerebbe con l'utilizzo del materiale di Carrara, permettendo di ottenere un grado di Economia Circolare del'85%, calcolato sulla base della norma inglese BS8001.

Le forniture potranno avvenire via mare porto franco di Marina di Carrara e Olbia.

**D - Cava "Monte Valerio" SALES S.p.A. - Campiglia Marittima (LI)**

Cava di MONTE VALERIO ( Campiglia Marittima ) di notevoli capacità produttive.

Di seguito si evidenzia una possibile ripartizione delle produzioni per categoria.

CATEGORIA		CAPACITA' PRODUTTIVE	Ton/gg	
Tout venant	0/500 kg		4.800	60%
I	300/1000 kg		900	11%
II	1/3 t		900	11%
III	3/6 t		900	11%
IV	6/10 t		450	6%
V	10/15 t		50	1%
			8.000	

La cava è ben collegata con il nuovo porto industriale di Piombino dove SALES essendo operatore portuale conto proprio può caricare direttamente i pontoni e navi.

#### **E - Sardegna Marmi Design - Orosei (NU)**

**E1: Cava a Orosei**

**E2: Cava a Nuxis**

Da tali cave è possibile reperire i seguenti materiali:

- sottoprodotto con pezzature che vanno dai 30 ai 120 cm con produzione mensile di ton 14000 circa;
- massi informi come da foto allegate con peso che va da ton 5 a ton 20 e produzione mensile di circa 2000 ton.

#### 10.1.2. Materiale proveniente da interventi di dragaggio nell'ambito portuale

Una possibile fonte di materiale da impiegare per il riempimento dei cassoni è costituita dal materiale proveniente dagli interventi di dragaggio previsti dall'Autorità di Sistema Portuale nelle aree dell'avamporto e del bacino di Sampierdarena.

È inoltre previsto il riempimento di alcuni cassoni con il materiale del dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni, la cui ubicazione è stata ipotizzata, in via preliminare, in adiacenza alla piattaforma portuale di Genova-Prà.

## 10.2. Materiali di risulta

I siti di produzione dei materiali di risulta sono costituiti dalle varie zone nelle aree di intervento dove è prevista la demolizione di una parte della diga esistente e la rimozione di un tratto di nuova diga realizzata nella fase a), da eseguirsi nella fase b) di costruzione. Per maggiori dettagli si rimanda al Par. 9.2 - “Tipologia e volumi dei materiali da rimuovere”.

I materiali di risulta provenienti dalle demolizioni e dai salpamenti previsti per la realizzazione della soluzione d'intervento sono costituiti essenzialmente da:

- cemento e calcestruzzo derivanti dalla demolizione di una parte della diga esistente e dalla rimozione di un tratto di nuova diga realizzata nella fase a) dell'intervento;
- ferro e acciaio (materiali ferrosi derivanti dai calcestruzzi armati o da elementi delle sovrastrutture quali giunti, chiusini, ecc.);
- massi naturali e massi artificiali in calcestruzzo che costituiscono le mantellate di protezione della parte di diga esistente che verrà demolita;
- pietrame che costituisce gli scanni di imbasamento della porzione di diga esistente e del tratto di nuova diga di fase a) da rimuovere.

I volumi dei materiali di risulta provenienti dalle demolizioni e dai salpamenti sono riportati in Tabella 10-3, in relazione alla Fase A e alla Fase B dell'intervento. Per maggiori dettagli circa i volumi dei materiali di risulta si rimanda al “Calcolo sommario della spesa” (cod. elaborato: MI046R-PF-D-Z-R-062).

TABELLA 10-3 VOLUMI DI MATERIALE PROVENIENTE DA DEMOLIZIONI E SALPAMENTI

<b>Materiale</b>	<b>u. m.</b>	<b>Quantità - Fase a)</b>	<b>Quantità - Fase b)</b>
Sovrastruttura in cls fuori acqua	m <sup>3</sup> cls	136.753	125.033
Struttura in cls immersa	m <sup>3</sup> cls	239.363	242.091
Pietrame	m <sup>3</sup>	779.430	347.076
Massi naturali	m <sup>3</sup>	1.063.370	807.285
Massi artificiali in cls	m <sup>3</sup> cls	310.641	278.175

Infine, un altro possibile sito di produzione di materiali di risulta è costituito dall'area di prefabbricazione dei cassoni ubicata nella porzione di specchio acqueo antistante il lato Est del terrapieno del Porto di Prà-Voltri, che richiede la realizzazione di un breve corridoio mediante un intervento di dragaggio, al fine di consentire il trasporto dei cassoni in galleggiamento. Il volume di materiale da dragare è stato valutato pari a circa 250.000 m<sup>3</sup>,

per il quale si riserva un volume di riempimento dei cassoni pari a 300.000 m<sup>3</sup>, per tener conto dell'incremento per rigonfiamento del materiale ed eventuale overdredging.

### **10.3. Caratterizzazione dei materiali di risulta**

La caratterizzazione interesserà i materiali provenienti dalle demolizioni delle sovrastrutture, del corpo diga e dai salpamenti, in quest'ultimo caso con riferimento solamente al pietrame che costituisce lo scanno di imbasamento, e il materiale proveniente dal dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni, in adiacenza alla piattaforma portuale di Genova-Prà.

Al fine di avere a disposizione i risultati delle indagini di caratterizzazione per l'aggiornamento del presente Piano di gestione delle materie e per disporre di indirizzi utili alla gestione dei materiali in fase di realizzazione dell'opera, si prevede di eseguire le indagini per la caratterizzazione dei materiali del corpo diga e della sovrastruttura e di quelli provenienti dal dragaggio nell'area di prefabbricazione dei cassoni in fase di progettazione definitiva.

Per quanto riguarda, invece, la caratterizzazione del pietrame da eseguire in corso d'opera, sarà effettuata in un sito di deposito intermedio, che dovrà essere opportunamente individuato nell'ambito delle aree di cantiere.

In tali aree sarà installato anche l'impianto mobile per il trattamento dei rifiuti solidi non pericolosi derivanti dalle attività di demolizione delle sovrastrutture e del corpo diga, al fine di un loro recupero per la realizzazione dello scanno di imbasamento e per il riempimento dei cassoni.

I materiali saranno disposti nel sito separando le varie tipologie merceologiche, al fine di formare cumuli di materiali omogenei. Non è tuttavia da escludere che i materiali arrivino nel sito già separati.

Sono esclusi dalle attività di caratterizzazione ambientale i materiali identificabili all'origine: il ferro e l'acciaio, ovvero i materiali derivanti dai calcestruzzi armati o da elementi delle sovrastrutture quali giunti, ecc., in quanto, una volta separati, potranno essere caricati sui mezzi di trasporto ed inviati ad impianto di recupero autorizzato ex sito.

Per la caratterizzazione ambientale si prevede il prelievo di un campione in ragione di 5.000 m<sup>3</sup> circa, per ciascuna tipologia di materiale di risulta.

Sui campioni di calcestruzzo (sovrastuttura fuori acqua ed immersa) e di pietrame (scanni di imbasamento) saranno condotte le determinazioni analitiche previste dalla normativa vigente per la gestione dei materiali di risulta in regime di rifiuto.

Ciò consentirà di definire la recuperabilità o meno presso il previsto impianto di trattamento mobile e l'eventuale idoneo impianto di conferimento ex sito per lo smaltimento e/o recupero. Si tratta di:

- classificazione del materiale come rifiuto (cd. omologa), per la definizione del codice CER e della pericolosità (rif. Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.);
- ammissibilità in discarica, per individuare la tipologia di impianto di smaltimento cui conferire il materiale (rif. D.Lgs. 121/20 e s.m.i.);
- idoneità al recupero, per definire le potenziali operazioni di recupero e dunque la tipologia di impianto di recupero cui conferire il materiale (rif. DM 186/06 e s.m.i.).

Per quanto riguarda l'eventuale presenza di amianto negli aggregati del calcestruzzo, in aggiunta al set di analisi definito sopra vengono previsti anche dei saggi da effettuarsi sul corpo diga e sulla sovrastruttura ogni 100 m, finalizzati ad una più puntuale e precisa determinazione dell'eventuale contenuto di amianto.

La caratterizzazione del materiale proveniente dal dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni, ipotizzato in adiacenza alla piattaforma portuale di Genova-Prà, dovrà essere eseguita nella successiva fase progettuale in ragione dell'effettiva conferma di impiego dell'area ai fini del cantiere e dell'effettiva estensione e configurazione dell'escavo.

Sulla base dell'ipotizzato sviluppo planimetrico e delle quote di scavo, in questa fase si è proceduto ad individuare le determinazioni analitiche da effettuare, secondo quanto riportato nell'Allegato Tecnico al DM 173/16 e s.m.i..

Qualora nell'ambito della progettazione definitiva fosse confermato l'impiego dell'area di cantiere, quanto p dovrà essere aggiornato in ragione di eventuali variazioni in termini di superficie interessata e spessori di scavo.

#### **10.4. Impianto mobile per il trattamento dei rifiuti solidi non pericolosi**

Al fine di massimizzare il recupero dei materiali di risulta non pericolosi derivanti dalle attività di demolizione dei manufatti e di rimozione del pietrame degli scanni di imbasamento, prevedendone il riutilizzo per la formazione del nuovo scanno d'imbasamento del tratto terminale della nuova diga su alti fondali e per il riempimento dei cassoni, si prevede l'installazione di un impianto mobile per il trattamento dei rifiuti solidi non pericolosi.

L'impianto mobile da prevedere in cantiere dovrà essere autorizzato all'esercizio ai sensi del Comma 15 dell'Art. 208 del D.Lgs. 152/06, per operazioni di recupero (R5) di cui

all'Allegato C della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. mediante frantumazione e vagliatura.

L'impianto dovrà essere autorizzato al recupero delle tipologie di rifiuto (materiale di risulta) allo stato fisico solido previste; in questa sede sono ipotizzabili i seguenti codici CER: 170101 (cemento) e 170504 (terre e rocce).

Si precisa che il codice CER dovrà essere confermato in sede di esecuzione del lavoro dall'Appaltatore incaricato, a valle anche delle risultanze delle attività di campionamento e analisi in corso d'opera e di cui al par. 10.3. Ai sensi della normativa vigente (Legge 116/14 e s.m.i., D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), infatti, la "responsabilità di assegnazione del competente codice CER" è in capo al produttore del rifiuto.

In ragione delle produttività giornaliere, potrà essere previsto più di un impianto mobile. Oltre alle unità di frantumazione ed al gruppo vagliante, l'impianto dovrà anche essere dotato degli opportuni presidi ambientali quali, ad esempio, l'unità di abbattimento polveri con nebulizzatore ad acqua per il recupero delle polveri.

A valle delle attività di separazione merceologica e di caratterizzazione ambientale (Par. 10.3), i rifiuti solidi che dovessero risultare pericolosi saranno caricati sui mezzi di trasporto ed inviati ad idoneo impianto di smaltimento autorizzato ex sito.

I materiali ferrosi e l'acciaio, ovvero i materiali derivanti dai calcestruzzi armati o da elementi delle sovrastrutture quali giunti, ecc., saranno portati nell'area di deposito temporaneo dedicata, per poi essere caricati sui mezzi di trasporto ed inviati ad impianto di recupero autorizzato, ex sito.

Gli altri materiali di risulta, invece, saranno recuperati tramite l'impianto.

I prodotti in uscita saranno utilizzati per la formazione dello scanno d'imbasamento del tratto terminale della nuova diga su alti fondali e per il riempimento dei cassoni, previa effettuazione delle necessarie verifiche di tipo prestazionale e, qualora necessario, miscelamento delle varie tipologie, al fine di ottenere un prodotto conforme.

È da ritenersi in questa sede poco probabile la possibilità di utilizzare il prodotto in uscita per la formazione dei calcestruzzi nei previsti impianto di betonaggio (siti di prefabbricazione dei cassoni). Data l'eterogeneità dei materiali in ingresso, la quantità di aggregato riciclato che può essere impiegata per la formazione di calcestruzzo a prestazione garantita è ragionevolmente bassa.

### **10.5. Siti di conferimento dei materiali di risulta**

Il recupero del materiale demolito e/o salpato è previsto in relazione ad entrambe le fasi funzionali di costruzione, la fase a) e la fase b), rispettivamente riferite al breve e medio-lungo termine.

I massi naturali ed artificiali provenienti dai salpamenti saranno reimpiegati per la formazione di mantellate in adiacenza alle opere a parete verticale, senza necessità di essere caratterizzati ne trattati.

Il materiale proveniente dal dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni, a valle della caratterizzazione da eseguire secondo le modalità indicate nel Par. 10.3, sarà reimpiegato come materiale di riempimento dei cassoni, dopo un temporaneo deposito nel sito di conferimento del Canale di Calma, autorizzato mediante Decreto dirigenziale della Regione Liguria n. 2886 del 20/05/2020.

Per quanto riguarda gli altri materiali di risulta, che dovranno essere opportunamente caratterizzati secondo le modalità indicate nel Par. 10.3, al fine di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali e di aumentare l'utilizzo di materiali riciclati, è stata prevista l'installazione di un impianto mobile per il trattamento dei rifiuti solidi non pericolosi derivanti dalle attività di demolizione di strutture e dalla rimozione del pietrame degli scanni di imbasamento, con la previsione di massimizzare la quota di recupero.

Il conferimento dei materiali di risulta che possono essere gestiti dall'impianto mobile di trattamento (es. cemento, ecc.) sarà effettuato presso quest'ultimo.

Successivamente il materiale, qualora risultato idoneo, sarà reimpiegato come materiale di riempimento dei cassoni e per la formazione dello scanno di imbasamento degli stessi su alti fondali.

Si evidenzia che il reimpiego del materiale di risulta trattato dall'impianto mobile per la formazione dello scanno di imbasamento potrà avvenire previa ottenimento dell'autorizzazione all'immersione in mare ex Art. 109, comma 1, lettera b) del D.Lgs. 152/06.

Tutti gli altri materiali di risulta, e cioè i materiali risultanti pericolosi o non idonei dal punto di vista prestazionale a valle del trattamento, i materiali ferrosi e l'acciaio, saranno caricati sui mezzi di trasporto ed inviati ad impianti di smaltimento e/o recupero autorizzati ex sito, prediligendo, laddove possibile, il recupero.

Con riferimento alle operazioni di recupero e smaltimento, in questa sede sono stati ipotizzati i seguenti codici CER dei materiali di risulta:

- 170101: cemento e calcestruzzo;
- 170405: ferro e acciaio (materiali ferrosi derivanti dai calcestruzzi armati o da elementi delle sovrastrutture quali giunti, ecc.);
- 191001: rifiuti di ferro e acciaio prodotti da operazione di frantumazione di rifiuti contenenti metallo;
- 191212: materiali misti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti;
- 170504: terre e rocce

Si precisa che il codice CER dovrà essere confermato in sede di esecuzione del lavoro dall'Appaltatore incaricato; ai sensi della normativa vigente (Legge 116/14 e s.m.i., D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), infatti, la "responsabilità di assegnazione del competente codice CER" è in capo al produttore del rifiuto.

Nelle Tabella 10-4 e Tabella 10-5 viene riportata sinteticamente una previsione quantitativa dei materiali di risulta da smaltire, ripartiti per codice CER, rispettivamente per la Fase a e la Fase b di costruzione.

TABELLA 10-4 - MATERIALI DI RISULTA DA SMALTIRE – FASE A

<b>Materiale</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Codice CER</b>
Materiali metallici provenienti da deferizzazione delle opere in c.a. demolite	7,181 t	CER 17 04 05
Materiali non riutilizzabili provenienti dalla frantumazione delle opere in c.a. demolite	27,080 t	CER 17 01 01
Materiali non riutilizzabili provenienti dal salpamento del pietrame naturale	12,471 t	CER 17 05 04

TABELLA 10-5 - MATERIALI DI RISULTA DA SMALTIRE – FASE B

<b>Materiale</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Codice CER</b>
Materiali metallici provenienti da deferizzazione delle opere in c.a. demolite	8,172 t	CER 17 04 05
Materiali provenienti dalla frantumazione delle opere in c.a. demolite non riutilizzabili	26,433 t	CER 17 01 01
Materiali provenienti dal salpamento del pietrame naturale non riutilizzabili	5,564 t	CER 17 05 04

Sono stati in questa sede individuati in via preliminare siti di conferimento in grado di accettare le tipologie di materiale di risulta definite.

Per l'individuazione dei siti di smaltimento è stato fatto riferimento alla cartografia Discariche in Attività Anno 2018, redatta dalla Regione Liguria<sup>3</sup>, nella quale sono individuate le discariche attualmente in fase di esercizio, distinte in discariche per rifiuti inerti e discariche per rifiuti non pericolosi, con indicata la volumetria autorizzata del lotto in fase di coltivazione.

<sup>3</sup> <https://geoportal.regione.liguria.it/archivio-focus/item/533-disariche-in-attivita%20C3%A0.html>

**Relazione tecnica generale**

Rev.04      Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

Le discariche individuate sono elencate nella Tabella seguente, nella quale, oltre alle informazioni tratte dalla documentazione consultata, sono riportate anche le distanze dall'area di intervento e, con riferimento ai materiali di risulta in esame, i codici CER ammessi, laddove è stato possibile reperire tale informazione.

Per l'ubicazione si rimanda alla Planimetria con ubicazione cave e discariche (cod. elaborato: MI046R-PF-D-Z-D-109).

TABELLA 10-6 - SITI DI CONFERIMENTO DEI MATERIALI DI RISULTA - IMPIANTI DI SMALTIMENTO (DISCARICHE)

<b>DENOMINAZIONE / NOME SOCIETA'</b>	<b>COMUNE</b>	<b>TIPOLOGIA DI MATERIALE</b>	<b>VOLUME AUTORIZZATO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>CODICI CER</b>	<b>DISTANZA (Km)</b>
Boscaccio	Vado Ligure (SV)	Rifiuti non pericolosi	1.330.000	170101, 170102, 170302, 170504, 170508, 170904, 191001, 010507, 010599	53
Bossarino	Vado Ligure (SV)	Rifiuti non pericolosi	1.120.300	170101, 170102, 170302, 170504, 170508, 170904, 010507, 010599	49
La Filippa	Cairo Montenotte (SV)	Rifiuti inerti	1.100.000	-	69
Ramognina	Varazze (SV)	Rifiuti non pericolosi	350.000	-	31
Scarpino	Genova (GE)	Rifiuti non pericolosi	1.319.000	170302, 170504, 170508, 170904	15
Rio Marsiglia	Uscio (GE)	Rifiuti non pericolosi	300.000	170101, 170102, 170302, 170504, 170904	46

Per l'identificazione dei siti di recupero, invece, è stato fatto riferimento al Mercuriale dei Rifiuti da Costruzione e Demolizione, redatto dalla Camera di Commercio di Genova<sup>4</sup> contenente le principali informazioni circa i codici CER delle principali categorie dei rifiuti da costruzione e demolizione smaltite o recuperate dai vari impianti liguri (operatori aderenti all'iniziativa).

Considerando i codici CER ipotizzati, sono stati considerati gli impianti presenti nei comuni di Carasco (GE), Casarza Ligure (GE), Bogliasco (GE), Arenzano (GE), Busalla (GE), Genova (GE), Varazze (SV), Savona (SV), Vado Ligure (SV), Casale Monferrato (AL) e Villastellone (TO) con distanze comprese tra 15 e 151 Km circa.

In tali impianti, a seconda della tipologia di materiale considerato, sono svolte attività di messa in riserva per successivo recupero (R13), di recupero di sostanze organiche (R3), di recupero di sostanze inorganiche (R5), di recupero di metalli (R4), di deposito preliminare in attesa di operazioni di smaltimento e/o trattamento (D15), di trattamento

<sup>4</sup> <https://www.rifiutispeciali.liguria.it/>

biologico (D8) e chimico fisico (D9), di recupero (D13) e ricondizionamento (D14) preliminare.

## **11. INTERFERENZE**

### **11.1. Interferenze con l'aeroporto di Genova Sestri**

#### 11.1.1. Identificazione dei vincoli aeroportuali

La presenza dell'aeroporto C. Colombo nell'ambito territoriale del porto di Genova e, più in particolare, la sua ubicazione in adiacenza al bacino di Sampierdarena, comporta la necessità di rispettare, in relazione alle opere della nuova diga e più in generale allo scenario d'uso del porto che la stessa infrastruttura consentirà (da parte di navi e gru in primis), i vincoli e le limitazioni imposti dalla normativa vigente a garanzia della sicurezza della navigazione aerea.

I vincoli normativi da rispettare a tal fine sono determinati da ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) in applicazione del Codice della Navigazione che prevede, all'art. 707, che ENAC individui le zone da sottoporre a vincolo e stabilisca le limitazioni relative agli ostacoli e ai potenziali pericoli per la navigazione aerea, conformemente alla normativa tecnica internazionale.

ENAC ha recepito la normativa tecnica internazionale all'interno del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti", al Capitolo 4 – "Valutazione e limitazioni ostacoli", dove sono propriamente definite le superfici di delimitazione degli ostacoli, ovvero le superfici aeree di rispetto associate ad un aerodromo, illustrate secondo uno schema generale in Figura 11-1:

- Superficie di Salita al Decollo (TOCS – Take off Climb Surface);
- Superficie di Avvicinamento (AS – Approach Surface);
- Superficie di Transizione (TS – Transitional Surface);
- Superficie Orizzontale Interna (IHS – Inner Horizontal Surface);
- Superficie Conica (CS – Conical Surface);
- Superficie Orizzontale Esterna (OHS – Outer Horizontal Surface).

Secondo i dettami del C.d.N. art. 707, gli enti locali, nell'esercizio delle proprie competenze in ordine alla programmazione ed al governo del territorio, adeguano i propri strumenti di pianificazione alle prescrizioni dell'ENAC. Le superfici di delimitazione ostacoli specifiche per l'aeroporto C. Colombo sono state così individuate da ENAC attraverso la pubblicazione delle "Mappe di vincolo – Limitazioni relative agli ostacoli ed ai pericoli per la navigazione aerea (Art. 707 commi 1,2,3,4 Codice della Navigazione)", recepite nel vigente Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova.

Per poter identificare graficamente le superfici aeree di vincolo specifiche per l'aeroporto C. Colombo, si riporta in Figura 11-2 un estratto della tavola PG01 delle Mappe di vincolo. Tale elaborato illustra le singole superfici di delimitazione degli ostacoli, ciascuna con le proprie caratteristiche geometriche. La presentazione delle superfici è effettuata in conformità alle linee guida pubblicate dall'ENAC. Sono state inoltre aggiunte le quote delle curve isolivello delle superfici secondo gli intervalli indicati nella circolare ENAC.

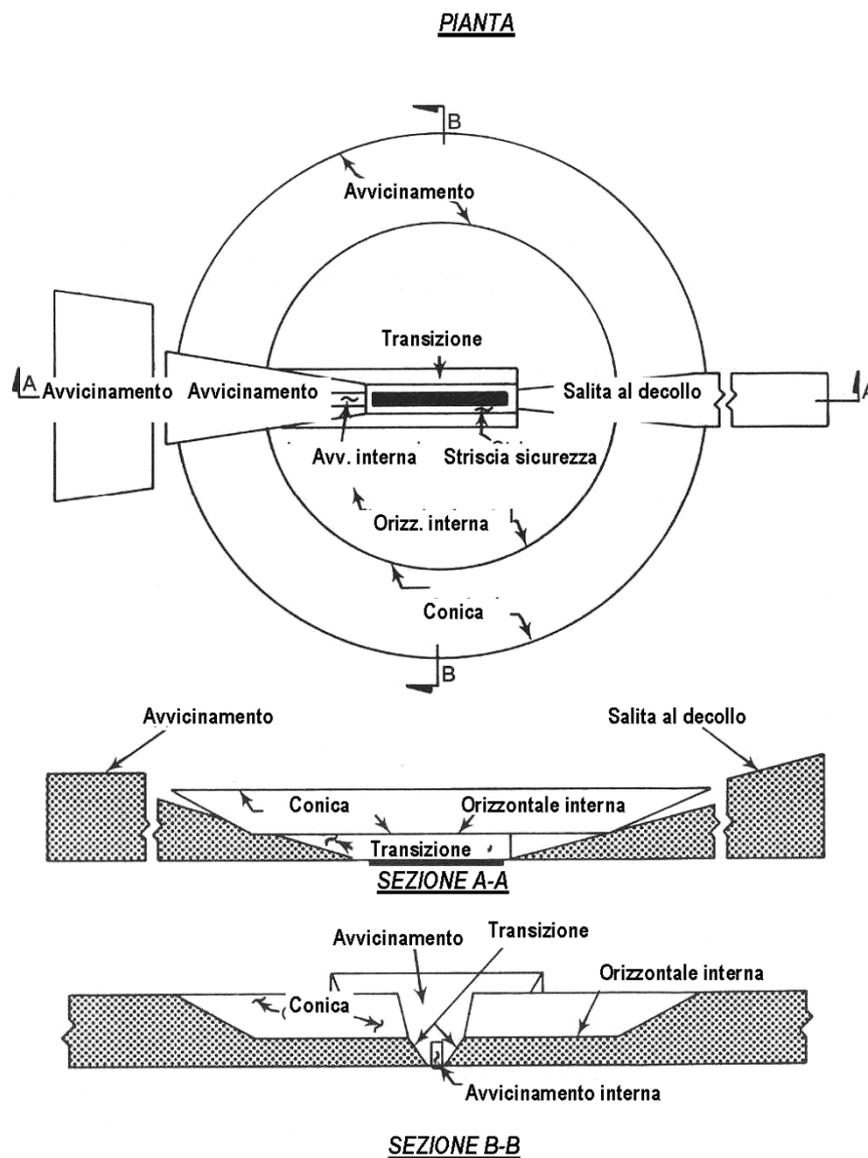


FIGURA 11-1 - DENOMINAZIONE DELLE DIVERSE SUPERFICI DI SEPARAZIONE OSTACOLI (FONTE: ENAC – REGOLAMENTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DEGLI AEROPORTI)

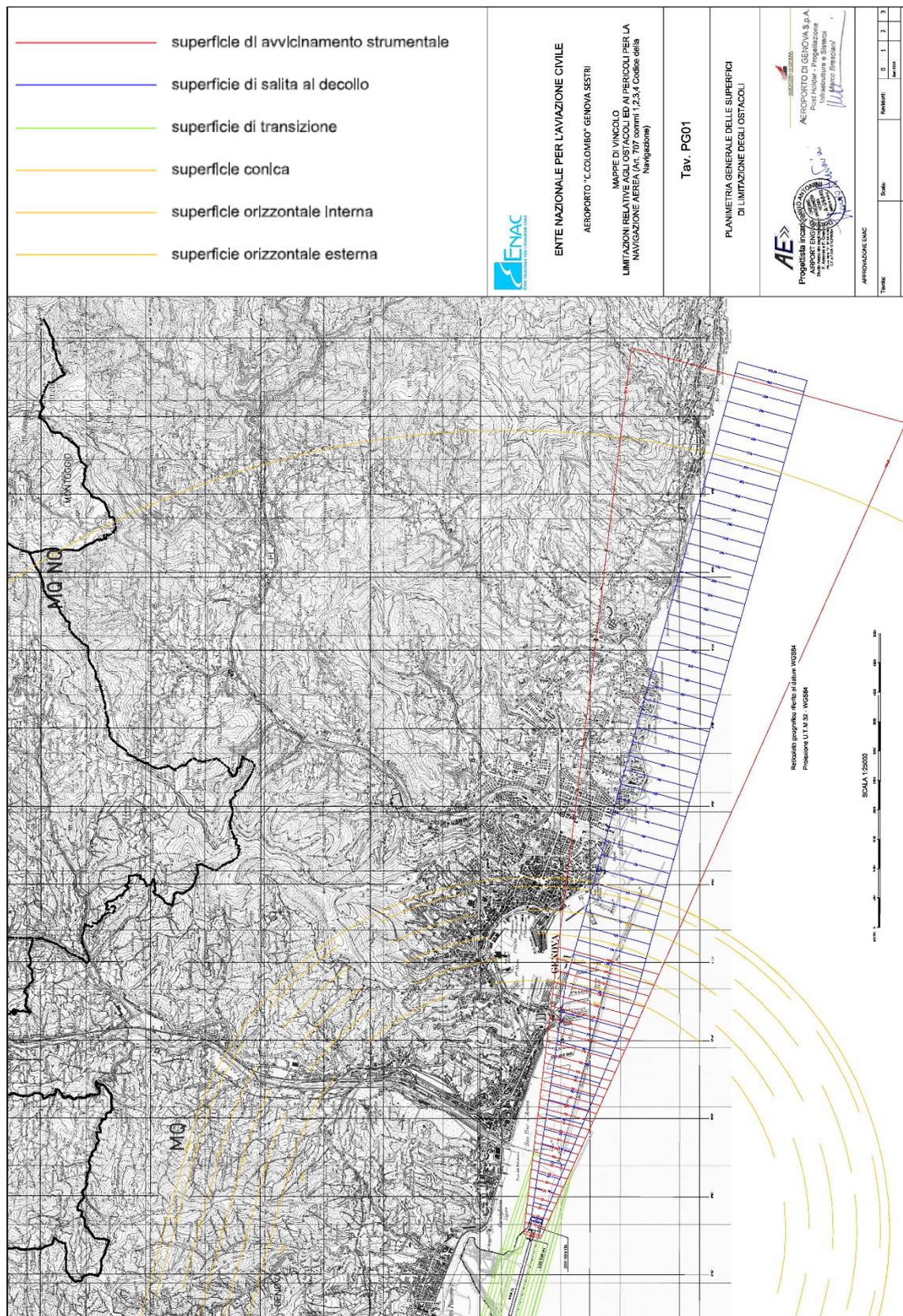


FIGURA 11-2 - ESTRATTO MAPPE DI VINCOLO – TAV. PG01: PLANIMETRIA GENERALE DELLE SUPERFICI DI DELIMITAZIONE DEGLI OSTACOLI

Di seguito si riporta la definizione delle superfici di delimitazione degli ostacoli per l'aeroporto C. Colombo contenuta nella relazione illustrativa delle suddette Mappe di vincolo, rispetto alla quale è stata aggiornata la denominazione delle piste aeroportuali, prima denominate pista 11 e pista 29 e attualmente definite, rispettivamente, pista 10 e pista 28.

#### Superfici di avvicinamento

Entrambe le testate sono abilitate allo svolgimento di operazioni strumentali, ma con una deroga al regolamento per quanto riguarda la pendenza delle superfici di avvicinamento le cui caratteristiche complessive sono pertanto:

- lato interno a 60 m dalla soglia di lunghezza 300 m;
- divergenza dei lati 15%;
- pendenza sul piano verticale 3,33% (1:30) per tutti i 15.000 m di estensione per la testata 10, per la 28 pendenza 3,33% per il primo tratto di 3000 m, 2,5% (1:40) per il secondo tratto di 2000 m e terzo tratto orizzontale fino alla fine della superficie.

#### Superfici di salita al decollo

Le TOCS hanno origine per entrambe le piste alla fine delle due clearway che hanno estensione di 150 m sia per pista 10 che per pista 28. Entrambe hanno lato interno di 180m di lunghezza, pendenza sul piano verticale pari al 2% (1:50) e divergenza del 12,5% fino al raggiungimento dell'ampiezza di 1.200 m. La lunghezza complessiva della proiezione della superficie su un piano orizzontale è di 15.000 m a partire dal lato interno.

#### Superficie orizzontale interna

La superficie è posta come da regolamento a 45 m al di sopra della più bassa delle soglie vale a dire la 10 che si trova a 2,72 m, quindi la quota della OS è posta a 47,72 m. Le dimensioni e la forma della OS sono quelle relative ad una pista di codice 4 strumentale ossia due semicirconferenze di raggio 4.000 m con centro nei fine pista raccordate da due lati paralleli all'asse pista.

#### Superficie conica e orizzontale esterna

La superficie conica è derivata dal bordo della orizzontale interna che ne costituisce la base inferiore. La superficie laterale del cono ha pendenza 1:20 ed altezza di 100 m. La superficie orizzontale esterna ha quota pari a quella della base superiore della conica vale a dire 147,72 m e forma circolare con raggio di 15 km e centro nell'ARP.

### Superfici di transizione

Si sviluppano lateralmente alla pista a partire dal bordo esterno della strip (posto a 150 m dall'asse pista su entrambi i lati). Le superfici sono ottenute come involuppo delle rette che originano sul bordo della strip, alla quota della strip (nel punto considerato) si sviluppano in direzione perpendicolare all'asse pista ed hanno pendenza sul piano verticale pari a 1:7 e raggiungono la quota della orizzontale interna.

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, le costruzioni e le opere che, anche in virtù delle loro destinazioni d'uso, interferiscono con le superfici di rispetto definite dall'ENAC con proprio regolamento, costituiscono ostacolo alla navigazione aerea e, in quanto tali, siano essi ostacoli fissi o mobili, sono subordinati all'autorizzazione di ENAC (C.d.N. art. 709). Allo stesso modo, nelle zone soggette al rispetto delle superfici di delimitazione ostacoli di cui al C.d.N. art. 707, sono soggette a limitazioni le opere e le attività che costituiscono un potenziale pericolo per la navigazione aerea; la realizzazione delle opere e l'esercizio delle attività costituenti potenziale pericolo, fatte salve le competenze delle autorità preposte, sono subordinati all'autorizzazione dell'ENAC, che ne accerta il grado di pericolosità ai fini della sicurezza della navigazione aerea (C.d.N. art. 711).

#### 11.1.2. Criteri di progetto adottati in relazione ai vincoli aeroportuali

Con riferimento all'area di progetto, il bacino di Sampierdarena che si estende a levante della foce del Polcevera, le superfici aeree di rispetto che risultano significative sono la superficie di salita al decollo, la superficie di avvicinamento, la superficie orizzontale interna, la superficie conica. La superficie di transizione rimane a ponente del terminal Ronco-Canepa, mentre la superficie orizzontale esterna avente quota 148 m ca. non è soggetta a interferenze associabili alle opere in progetto.

Per maggior chiarezza, le superfici di delimitazione ostacoli di interesse per l'area di progetto sono riportate nello schema di Figura 11-3. Tra queste, come indicato nel Capitolo 4 del Regolamento ENAC, il vincolo più severo è posto dalla superficie di avvicinamento, che può essere forata da un nuovo ostacolo solamente se dimostrabile con studi aeronautici che lo stesso risulti in ombra rispetto a un esistente manufatto inamovibile.

Le altre superfici di interesse, pur caratterizzate da altitudini inferiori nell'area di progetto, pongono vincoli potenzialmente meno restrittivi, in quanto è possibile ammetterne la foratura da parte di ostacoli anche sulla base di studi aeronautici che dimostrino un'influenza non negativa di detti ostacoli sulla sicurezza o regolarità delle operazioni aeroportuali. In ogni caso è buona norma salvaguardare il più possibile da interferenze

quantomeno anche la superficie di salita al decollo, al fine di ridurre al minimo le limitazioni operative lungo le traiettorie di volo primarie.

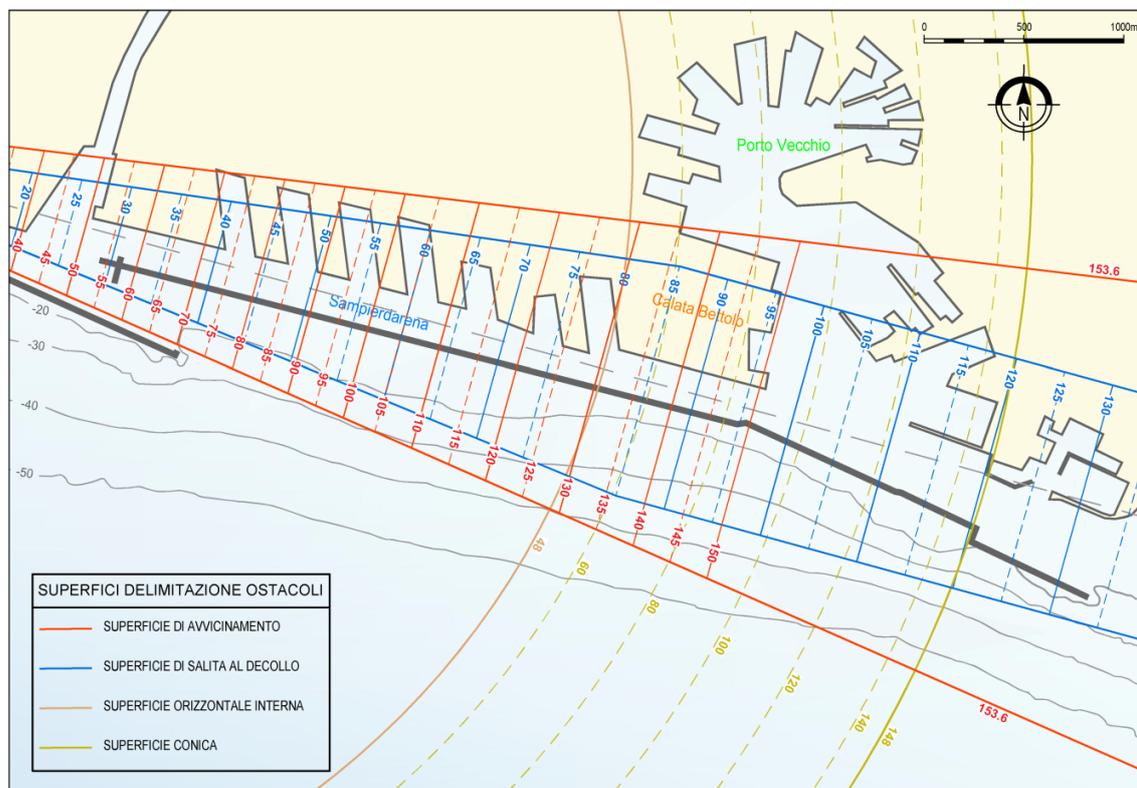


FIGURA 11-3 - SUPERFICIE DI DELIMITAZIONE OSTACOLI PER L'AEROPORTO DI GENOVA: STRALCIO PLANIMETRICO DI INTERESSE PER L'AREA DI PROGETTO

Attualmente, nell'area delle banchine di ponente del bacino di Sampierdarena alcune superfici di vincolo aeroportuale sono già interferite dalle attività marittime. Le interferenze ammesse, indicate nella cartografia ostacoli ufficiale dell'aeroporto di Genova Sestri, riguardano navi (ostacoli mobili di altezza fino a 52 m) e gru che comportano forature della superficie orizzontale interna e della superficie di salita al decollo.

Con riferimento alla fase a) della nuova diga, ferme restando le condizioni di interferenza oggi autorizzate nell'area di ponente di Sampierdarena (dove in fase a) non si prevedono variazioni dell'attuale scenario di utilizzo legate alla diga), allo scopo di non introdurre nuovi impatti quantomeno sulle traiettorie di volo primarie si è assunto il criterio di non interferenza da parte delle navi di progetto (navigli A e B in Figura 11-4) con le superfici di avvicinamento e di salita al decollo, quest'ultima più restrittiva in quanto caratterizzata da altitudini inferiori (Figura 11-3). Tale criterio non esime, invece, da interferenze con i vincoli rappresentati dalla superficie orizzontale interna e dalla superficie conica.

Il suddetto criterio è stato assunto in via preliminare e propedeutica al necessario confronto con ENAC ai fini autorizzativi, che tipicamente si svolge nel corso dei successivi livelli di progettazione, quando sono maggiormente definiti i dettagli non solo delle opere ma anche degli scenari di impiego/sviluppo delle aree portuali e delle attrezzature agli accosti conseguenti alla loro realizzazione. Resta infatti inteso che lo scenario di sviluppo riferito alla fase a) della nuova diga necessita dell'approvazione autorizzativa di ENAC.

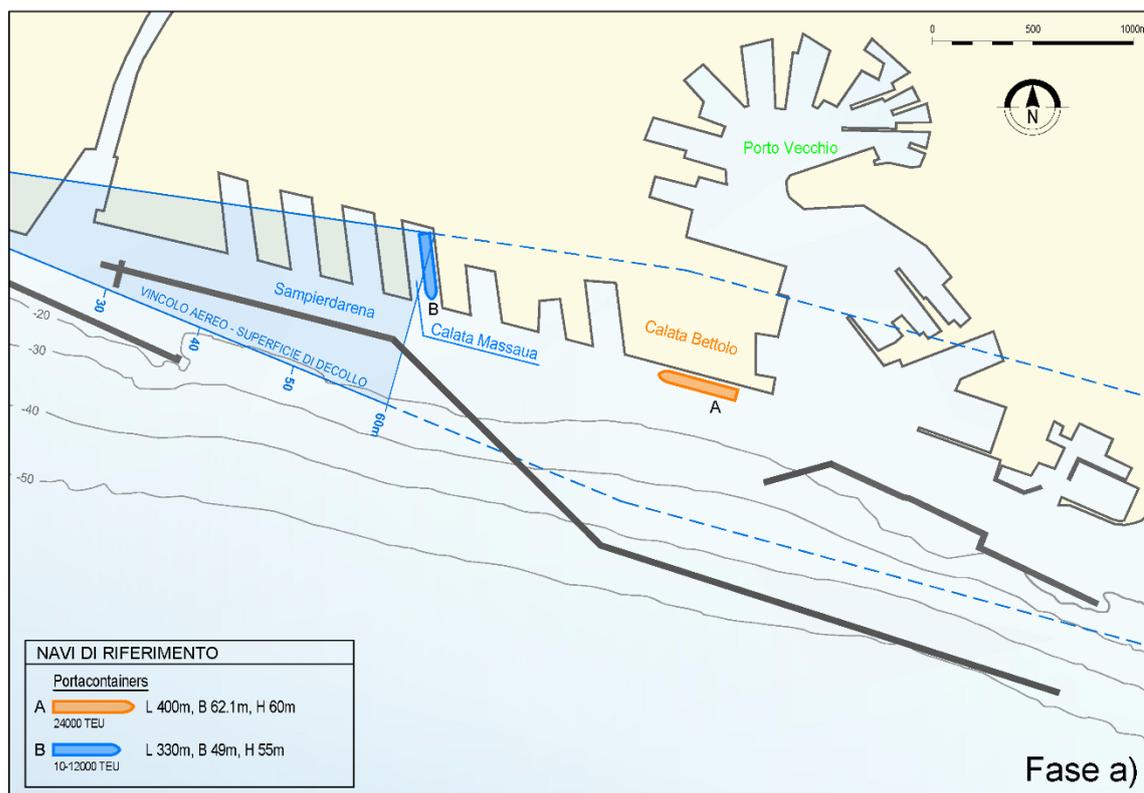


FIGURA 11-4 - RAPPRESENTAZIONE DEL VINCOLO AEREOPORTUALE CONSIDERATO PER LA FASE A) IN RELAZIONE ALLE NAVI DI PROGETTO

Per la nuova diga foranea si è pertanto definita una configurazione di fase a) tale che, nelle aree interessate dalle manovre e dall'accosto delle navi di progetto (navigli A e B in Figura 11-4), le altezze delle stesse navi non causino interferenze con la superficie di decollo. È stato così previsto, in primo luogo, che le grandi navi portacontaineri da 24.000 TEU destinate a Calata Bettolo non possano manovrare nell'area in cui la superficie di decollo presenta quote inferiori alla loro altezza massima, pari a 60 m. Il settore della superficie di decollo caratterizzato da quote inferiori a 60 m interessa il bacino di Sampierdarena dall'estremità di ponente fino alla darsena di Calata Massaua, come rappresentato in Figura 11-4.

Considerata tale limitazione, si è anche previsto che navi portacontenitori di capacità fino a 10-12.000 TEU, con altezze che raggiungono i 55 m e lunghezze di 330 m, possano manovrare ed accostare non oltre Calata Massaua verso ponente: oltre tale darsena queste navi causerebbero interferenza con la superficie di decollo, anche in considerazione dell'altezza aggiuntiva necessaria alle gru per garantire la movimentazione delle merci in banchina.

Riguardo ai limiti di altezza delle gru di banchina, si è fatto riferimento alla situazione giudicata ammissibile nell'ambito degli studi pregressi condotti da ENAV S.p.A. e conclusi nel 2014 per conto dell'allora Autorità Portuale, studi in pendenza dell'approvazione di ENAC delle cui risultanze l'Autorità di Sistema ha comunque richiesto di tenere debito conto. Tale scenario prevedeva un'altezza gru sul piano banchina di 130 m a Calata Bettolo (estremità di levante del canale Sampierdarena) e di 55 m a Ponte Canepa e 43,5 m a Ponte Ronco (estremità di Ponente di Sampierdarena). Si veda la Figura 11-5, dove allo scenario portuale di riferimento per navi e gru considerato da ENAV è stata sovrapposta la diga di nuova configurazione in Fase a). Benché le gru indicate nell'area del terminal Ronco-Canepa interferiscano con la superficie di decollo e quelle di altezza 55 m anche con la superficie orizzontale interna, e le gru da 130 m AGL a Calata Bettolo forino la superficie di decollo e la superficie conica, esse sono state ritenute compatibili con le procedure di volo da ENAV nello studio del 2014. Chiaramente il parere di compatibilità espresso da ENAV deve considerarsi indicativo dell'ammissibilità dello scenario, che in assenza di approvazione formale da parte di ENAC non può considerarsi assodata.

Facendo riferimento allo scenario giudicato compatibile da ENAV, nei tratti intermedi, in prima approssimazione, l'altezza limite delle gru è stata considerata variabile linearmente tra i suddetti riferimenti alle estremità del canale di Sampierdarena.

Si ribadisce che lo scenario di Figura 11-5 mutuato dagli studi ENAV 2014 è stato preso a riferimento in via preliminare per le altezze limite delle gru di banchina; le navi di riferimento e i rispettivi accosti considerati per definire la configurazione progettuale di fase a) sono quelli presentati in Figura 11-4.

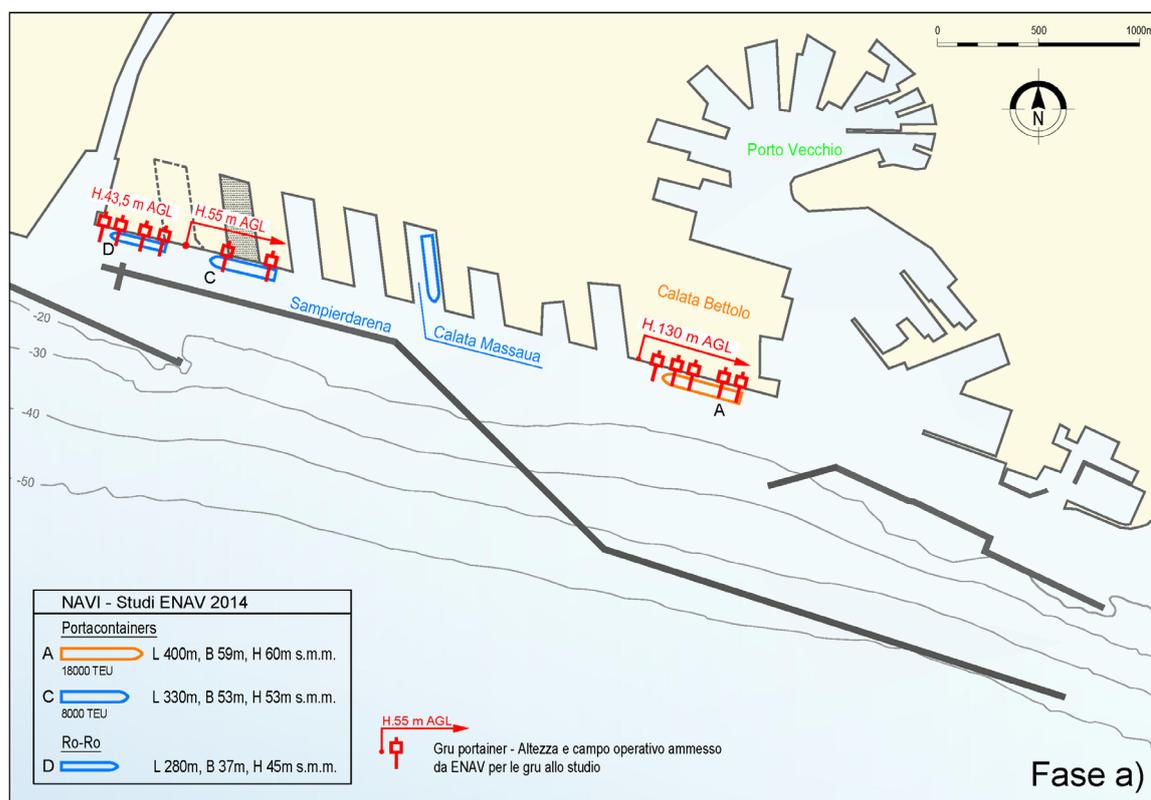


FIGURA 11-5 - SCENARIO GRU DI BANCHINA AMMISSIBILI SECONDO LE RISULTANZE DEGLI STUDI ENAV 2014, IN PENDENZA DELL'APPROVAZIONE DI ENAC

Per la fase b) dell'intervento, per cui è previsto che le grandi navi portacontainer di capacità 24.000 TEU e altezza di 60 m possano raggiungere anche i terminali di Sampierdarena posti più a ponente, dovranno essere valutati e definiti da ENAC opportuni aggiornamenti degli attuali vincoli aeroportuali.

In questo caso la compatibilità aeronautica presenta maggiori complessità in relazione alla 'foratura' delle superfici di rispetto e alle possibili interferenze con le procedure strumentali di volo e con i sistemi di radioassistenza aeroportuale.

Si ribadisce, in ogni caso, che per entrambe le previste fasi di costruzione a) e b) deve essere affrontato con le competenti Autorità, ENAC in primis, un percorso valutativo della compatibilità aeronautica ai fini autorizzativi. In tal senso l'Autorità di Sistema Portuale, supportata dal Progettista, ha già provveduto ad avviare nel marzo 2021 un tavolo tecnico con ENAC finalizzato a definire in dettaglio le interferenze delle opere e delle navi di progetto con l'operatività dell'aeroporto.

Nell'ambito del confronto tecnico avviato sono stati appositamente predisposti e sottoposti ad ENAC una serie di dati e informazioni progettuali, elencati di seguito, che lo

stesso Ente è solito richiedere a corredo delle istanze di valutazione dei potenziali ostacoli e pericoli per la navigazione aerea:

- planimetria d'insieme della nuova diga che include sia la fase a) che la fase b) di costruzione, con coordinate WGS84 dei vertici della nuova diga in relazione alle sezioni tipo;
- planimetria con coordinate WGS84 dei vertici della nuova diga in relazione alle sezioni tipo - fase a);
- sezioni tipo con coordinate delle parti emerse della nuova diga - fase a);
- aree di manovra e di accosto delle navi di progetto – fase a);
- planimetria con coordinate WGS84 dei vertici della nuova diga in relazione alle sezioni tipo - fase b);
- sezioni tipo con coordinate delle parti emerse della nuova diga - fase b);
- aree di manovra e di accosto delle navi di progetto – fase b);
- planimetria con coordinate WGS84 degli aerogeneratori dell'impianto eolico previsto lungo il settore più esterno del molo principale della diga;
- sezioni tipo con quota di sommità degli aerogeneratori.

La concertazione avviata con ENAC dovrà portare ad un parere finale nell'ambito della conferenza dei servizi prevista a completamento del Progetto Definitivo.

## 11.2. Interferenze con condotte a mare

### 11.2.1. Condotte interferenti con le opere della nuova diga foranea

Il canale portuale e la diga foranea esistente sono interessati dalla presenza di alcune tubazioni di servizio: una condotta di scarico e una d'acquedotto gestite da IRETI S.p.A., una condotta d'adduzione di acqua marina gestita dall'Acquario di Genova.

In Figura 11-6 è illustrato l'andamento planimetrico delle tre condotte nello stato di fatto, in sovrapposizione alla planimetria delle opere in progetto per la nuova diga. Le interferenze dettate dalle tre tubazioni e le caratteristiche delle condotte sono descritte nel seguito del paragrafo.

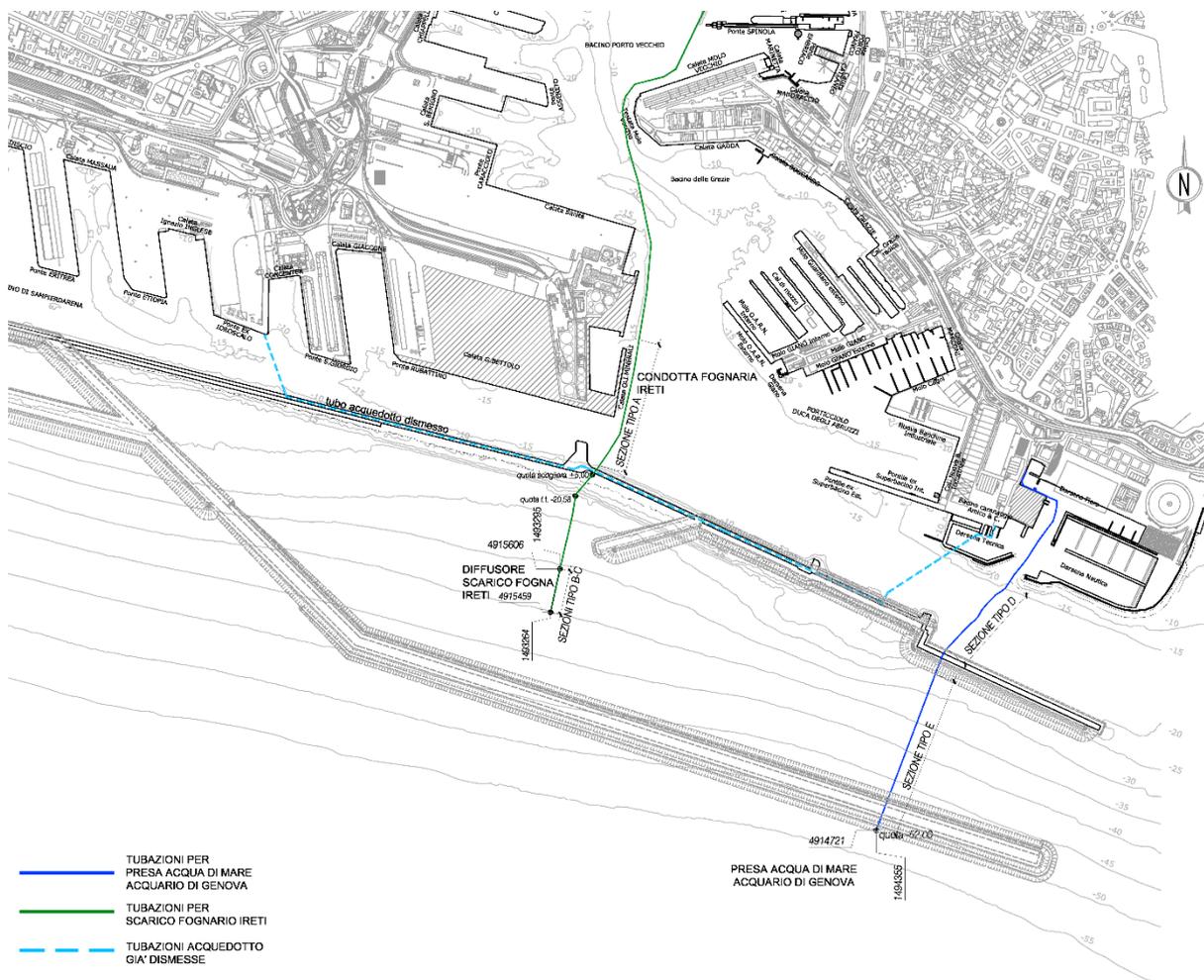


FIGURA 11-6 - PLANIMETRIA DELLE INTERFERENZE DELLE CONDOTTE ESISTENTI CON LE OPERE IN PROGETTO

Tubazione di scarico IRETI S.p.A.

Dalle informazioni fornite dal gestore IRETI, che ha messo a disposizione i disegni di progetto della condotta, risulta che la condotta di scarico proveniente dalla darsena del Porto Antico è costituita da una tubazione in acciaio di diametro 1200 mm.

La tubazione è costituita tipicamente da stringhe da 48 m circa realizzate saldando 4 canne da 12 m con flange alle estremità. Per quanto riguarda le caratteristiche della tubazione, si riporta di seguito la descrizione tratta dalla Relazione tecnica-illustrativa di progetto:

*Le tubazioni sono in acciaio al carbonio di diametro nominale DN 1200 (DN 48"), saldate longitudinalmente SAW, con diametro esterno 1219 mm, spessore 19 mm, secondo la norma API 5L Gr. B, con estremità smussate per saldature di testa, rivestimento esterno bituminoso pesante secondo norme UNI 5256 Cl IV e rivestimento interno in primer bituminoso secondo la norma UNI 5256 Cl A. E' inoltre presente la gunitatura in calcestruzzo dello spessore di 10 cm, densità media di 2400 kg/m<sup>3</sup>, armata con rete elettrosaldata (diametro filo = 6 mm, maglia della rete 200 x 200 mm). I giunti sono del tipo con saldatura testa a testa con lembi smussati; le estremità dei tubi sono state rivestite con bitume esternamente ed internamente successivamente alle operazioni di saldatura. Alle estremità delle stringhe da 48m sono saldate le flange. Sulle tubazioni sono inoltre saldati anodi sacrificali in lega di zinco conformi alla U.S. Mil. Spec. A18001 H, con capacità di corrente di 780 Ah/kg, potenziale 1100 Mv.*

La condotta attraversa il canale navigabile del porto interrata di circa 2 m, quindi risale lungo la scarpata lato porto dell'esistente diga foranea per poi scendere lungo la scarpata lato mare al di sotto della protezione in scogli (Figura 11-7). Il tratto di interferenza con la diga esistente è stato realizzato con stringhe più corte per seguire più agevolmente il profilo dell'opera.

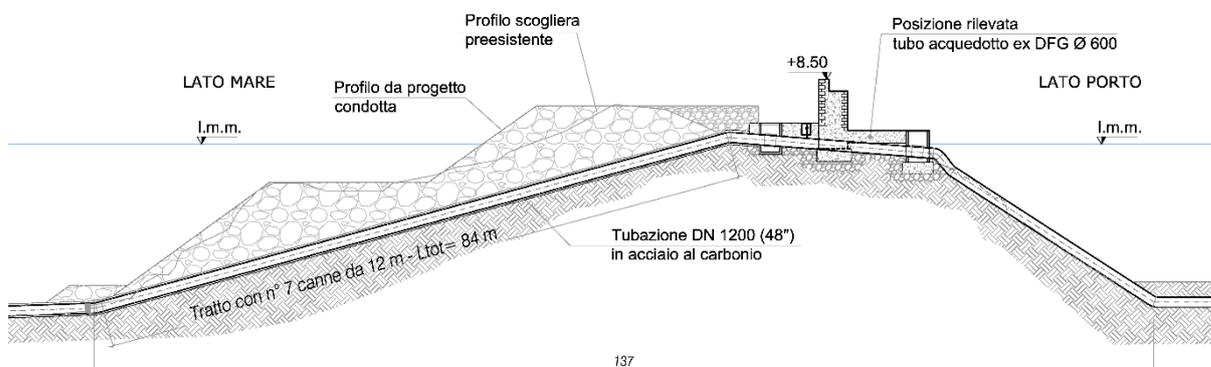


FIGURA 11-7 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – PROFILO IN CORRISPONDENZA DELL' ATTRAVERSAMENTO DELLA DIGA ESISTENTE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)

Dal piede della scarpata lato mare la tubazione prosegue direttamente appoggiata sul fondale con la stessa sezione fino all'innesto con il diffusore di scarico.

Il diffusore di scarico è costituito da tre tronchi di lunghezza 48 m ciascuno, sempre in acciaio, con riduzione progressiva di diametro (1000 mm – 800 mm – 600 mm) ed è posato direttamente sul fondale. La sezione terminale di uscita è ubicata all'incirca in corrispondenza della batimetria -34.50 m.

Di seguito si riportano alcuni schemi di progetto della condotta e del diffusore terminale.

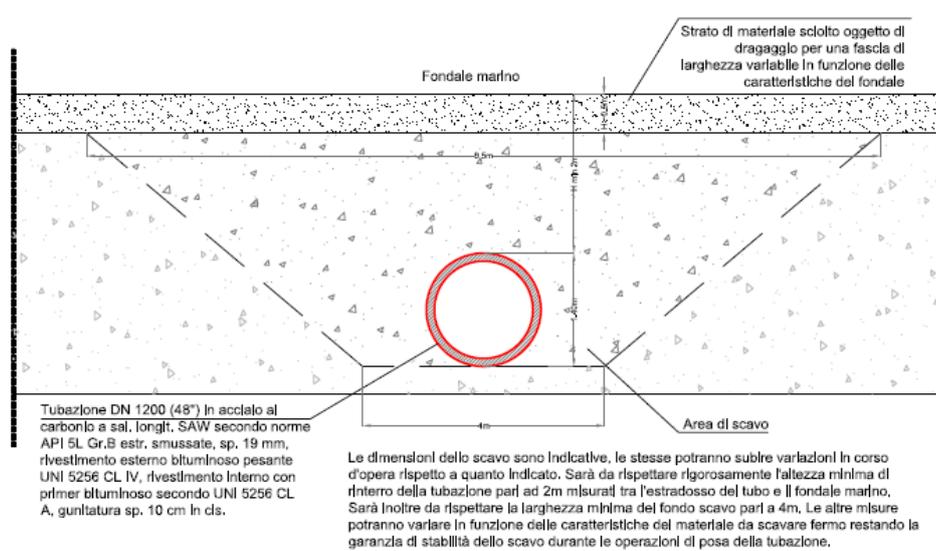


FIGURA 11-8 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – SEZIONE TIPO ALL'INTERNO DELL'ATTUALE BACINO PORTUALE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)

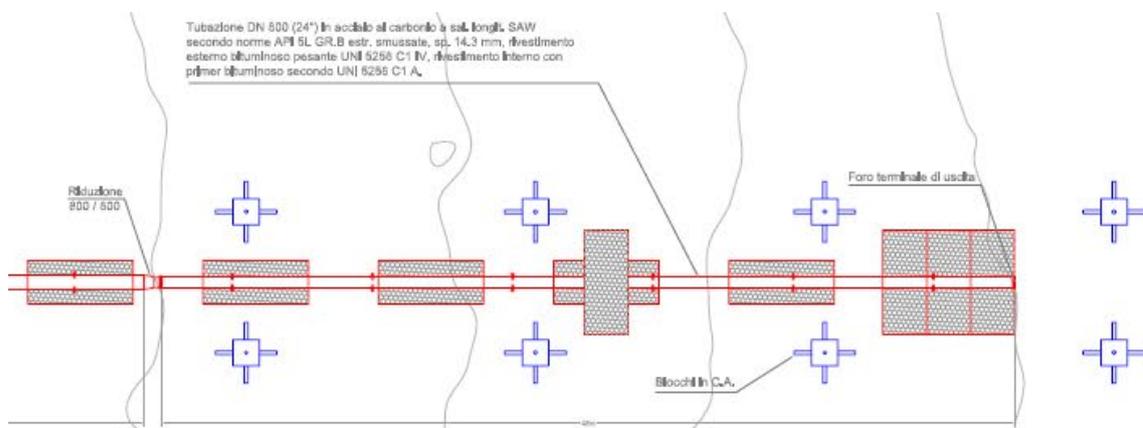
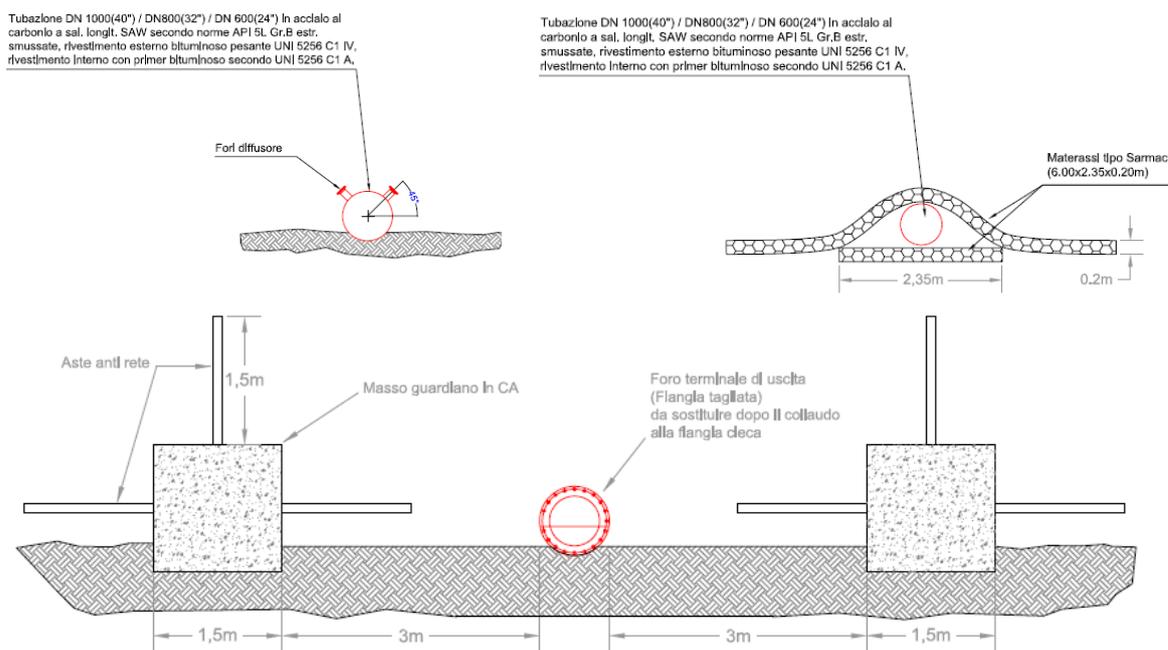


FIGURA 11-9 - CONDOTTA DI SCARICO IRETI – PIANTA DEL TRATTO TERMINALE DEL DIFFUSORE (DA ELABORATI IRETI S.P.A.)



### Tubazione d'acquedotto IRETI S.p.A.

Al fine di valutare quali azioni intraprendere nei confronti della tubazione per la fornitura di acqua potabile presente sulla diga foranea esistente e facente parte della rete dell'ex acquedotto De Ferrari-Galliera (uno dei tre che servivano la città di Genova), si sono presi contatti con l'Ente gestore IRETI il quale ha riferito che, a seguito dell'unificazione della rete acquedottistica cittadina, tale condotta non è più strategica per l'azienda e che la stessa non è più in uso. Tale tubazione ha diametro  $\varnothing 600$  mm ed è in acciaio.

Pertanto, la stessa potrà essere rimossa ai fini della demolizione del tratto di diga interessato.

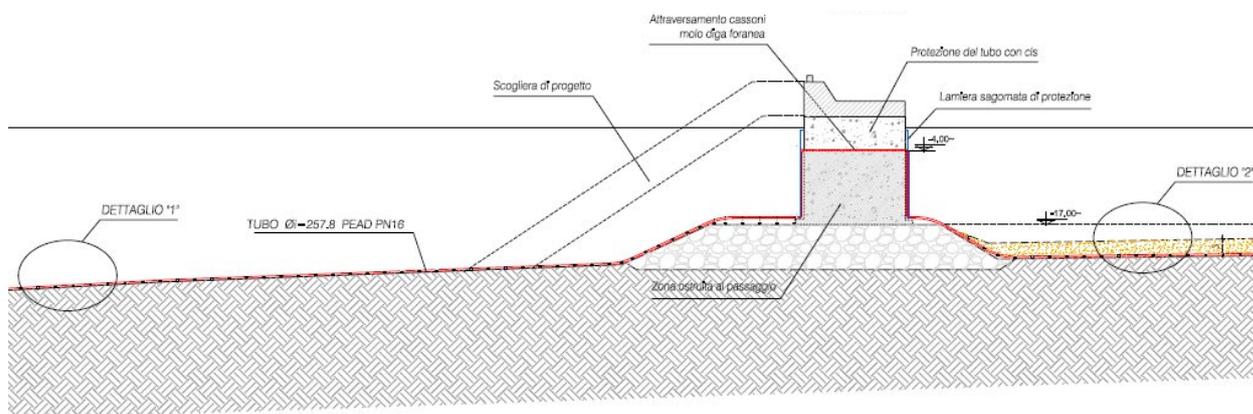
### Impianto di presa acqua di mare dell'Acquario di Genova

L'impianto è costituito da un'opera di presa che si compone di un elemento scatolare in c.a. posizionato al largo dell'esistente diga foranea nel tratto antistante la Fiera del Mare ad una profondità di circa -50,00 m s.m.m.. Dalla presa, una condotta sottomarina in PEAD di diametro esterno  $\varnothing_e = 315$  mm e diametro interno  $\varnothing_i = 257,8$  mm PN16 adduce l'acqua di mare in una vasca di rilancio realizzata a tergo della darsena interna della Fiera del Mare, come indicato in Figura 11-6.

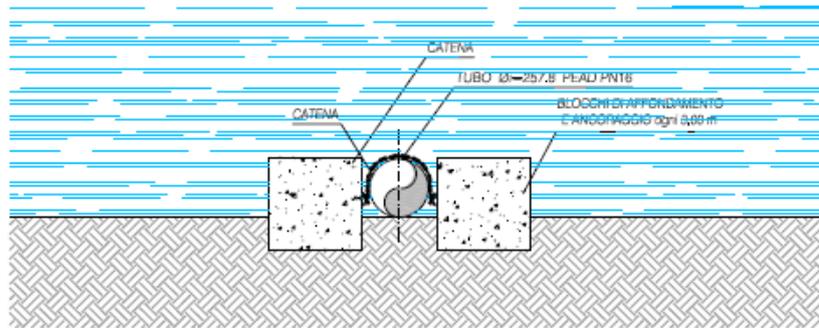
La vasca interrata è provvista di due pompe, delle quali una di riserva, per il sollevamento dell'acqua di mare fino alla vasca finale di utilizzo situata nell'Acquario. La condotta in questo secondo tratto ha diametro interno di 160 mm ed è dello stesso materiale del tratto offshore descritto in precedenza.

La tubazione in PEAD nel tratto oltre la diga foranea è mantenuta appoggiata sul fondale tramite una serie di appositi corpi morti fino al piede della parete lato mare dell'opera, in corrispondenza della quale la tubazione sale fino a quota -4,00 m s.m.m. ancorata tramite appositi collari alla struttura stessa. Dopo aver attraversato il cassone la tubazione scende, ancorata alla parete lato interno analogamente al lato esterno, per poi interrarsi al di sotto del fondale per raggiungere la stazione di pompaggio in corrispondenza della banchina di Calata Marinetta dopo aver attraversato gli specchi acquei antistanti la Fiera di Genova.

Di seguito si riportano il profilo della condotta nel tratto di attraversamento della diga foranea esistente (Figura 11-11) e le sezioni tipo della condotta stessa (Figura 11-12). Nella sezione di Figura 11-11 è indicata anche la sagoma della scogliera antiriflesione in progetto, prevista in adiacenza alla parete lato mare dell'esistente opera in cassoni, che risulterebbe interferire con la condotta di adduzione acqua di mare.



DETTAGLIO "1"  
Sezione su fondale esterno alla diga foranea



DETTAGLIO "2"  
Sezione affossamento su canale navigabile interno diga

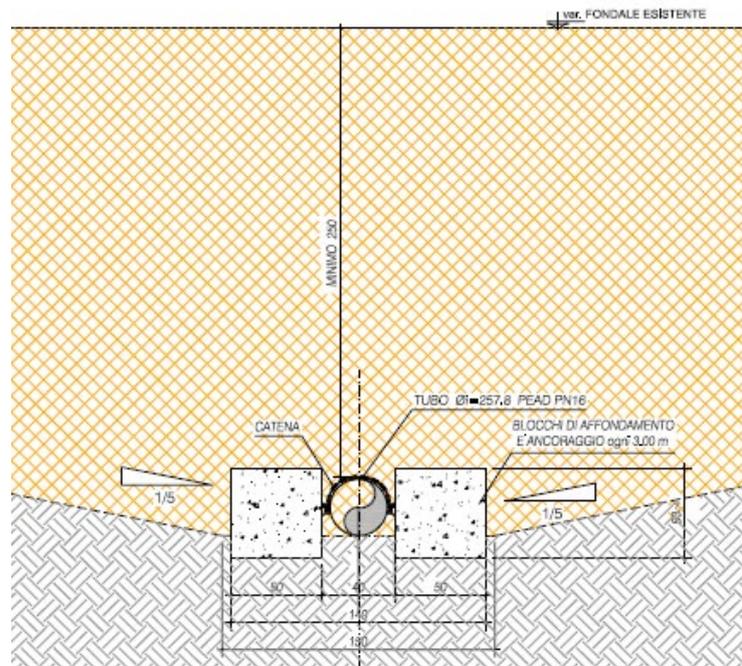
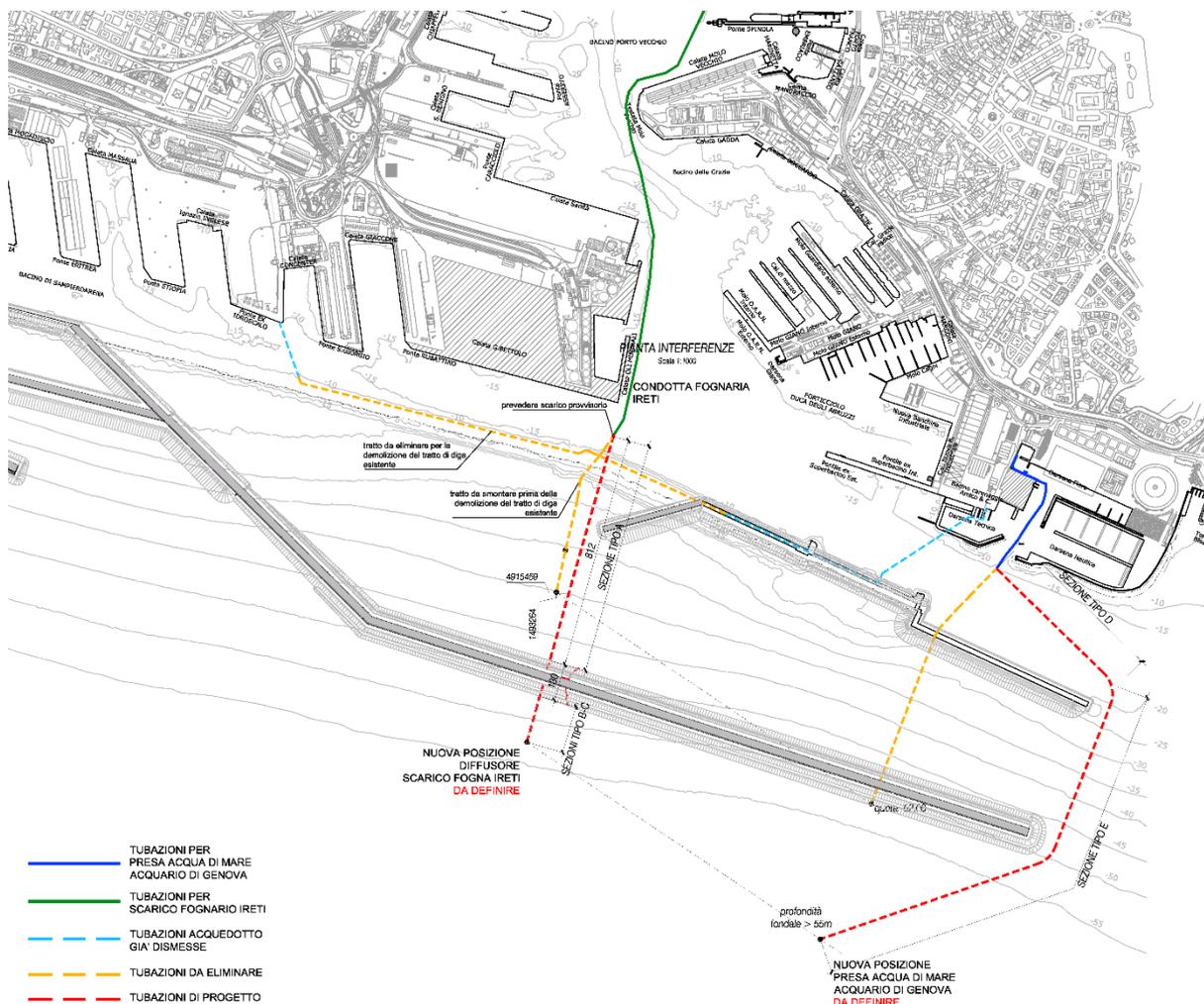


FIGURA 11-12 CONDOTTA PRESA ACQUA DI MARE – DETTAGLIO SEZIONI TIPO

### 11.2.2. Proposte di risoluzione delle interferenze

In Figura 11-13 sono illustrate in planimetrica le ipotesi di risoluzione delle interferenze delle tre condotte a mare con le opere in progetto per la nuova diga foranea. Le ipotesi di risoluzione relative alle singole interferenze sono presentate nel seguito del paragrafo.



#### Tubazione di scarico IRETI S.p.A.

Per consentire la demolizione del tratto di diga esistente in corrispondenza dell'attraversamento della tubazione di scarico proveniente dalla darsena del porto, è necessario prevedere la preventiva rimozione della condotta per il tratto necessario alla demolizione dell'opera e, quindi, la successiva ricostruzione. A tal fine dovrà essere realizzato uno scarico provvisorio a monte della diga esistente posto ad una distanza sufficiente ad

evitare interferenze con le operazioni di demolizione ed il conseguente danneggiamento. La posizione esatta e i dettagli relativi a tale scarico provvisorio dovranno essere concordati con il gestore dell'impianto IRETI S.p.A.

Per quanto riguarda lo scarico definitivo, a seguito di contatti presi con il gestore IRETI e tenuto conto della normativa vigente in materia di scarichi di reflui, potrà essere svolta una verifica sulla possibilità di mantenere lo stesso all'interno del canale portuale. Nell'ipotesi che tale soluzione fosse possibile si provvederà al solo ripristino del tratto di condotta rimosso ai fini della demolizione del tratto di diga esistente.

In caso contrario si provvederà a prolungare la condotta di scarico e a spostare il diffusore oltre la nuova diga. A tal fine si sono individuate due possibili soluzioni:

- Soluzione 1: attraversamento al di sotto dell'imbasamento della nuova diga;
- Soluzione 2: attraversamento al di sotto della fondazione del cassone.

Potrà essere valutata anche una terza ipotesi (Soluzione 3) che, come da considerazioni anticipate dal gestore IRETI, preveda l'attraversamento ad una quota maggiore attraverso i cassoni. In questo caso potrà essere valutata, ad esempio, la possibilità di far passare la tubazione attraverso un apposito giunto tra i cassoni, il quale dovrà essere di adeguate dimensioni, considerato il diametro della tubazione stessa.

Per le tre ipotesi individuate si evidenziano le seguenti criticità:

- Soluzione 1: il carico trasmesso sulla condotta dalla nuova struttura comprensivo del peso dello scanno di imbasamento è di entità molto elevata e, date le caratteristiche del terreno di fondazione, sono previsti cedimenti notevoli che richiedono interventi di consolidamento al di sotto del piano di posa dell'imbasamento stesso.
- Soluzione 2: il carico trasmesso sulla condotta dalla nuova struttura risulta minore rispetto al caso della soluzione 1. In questo caso, sebbene siano prevedibili cedimenti del piano di fondazione, gli effetti saranno decisamente minori rispetto al caso precedente, in quanto una buona quota parte (almeno la quota parte elastica) dovuta al carico trasmesso dallo scanno di imbasamento si sarà già esaurita, eventualmente anche grazie all'applicazione di un volume di precarica. Inoltre, in questo caso la tubazione non interferirà con l'intervento di consolidamento del terreno di fondazione.
- Soluzione 3: in questa ipotesi la tubazione potrebbe risalire lungo la scarpata lato interno dello scanno di imbasamento, quindi a partire dal piede del cassone dovrebbe risalire per un certo tratto in verticale ancorata alla parete dello stesso, di qui girare ad angolo retto ed attraversare il cassone ed infine ruotare nuovamente ad angolo retto per scendere, ancorata alla parete lato mare del cassone, e raggiungere il piede della

struttura. Da questo punto la tubazione potrebbe scendere lungo la scarpata lato mare dello scanno di imbasamento e raggiungere il fondale antistante. Questa ipotesi, se dal punto di vista delle problematiche relative alle azioni sulla tubazione sembrerebbe la più adeguata, dal punto di vista funzionale potrebbe dare problemi di tipo idraulico, trattandosi di reflui di fognatura, a causa del succedersi di curve a gomito e risalite in verticale.

Per quanto esposto, le prime due alternative considerate si ritengono in questa sede quelle maggiormente percorribili. Nella Figura 11-14 si riportano pertanto, in via schematica, le ipotesi di soluzione 1 e 2. A livello di stima economica preliminare, in base alle minori criticità che essa comporta si è fatto riferimento alla soluzione 2.

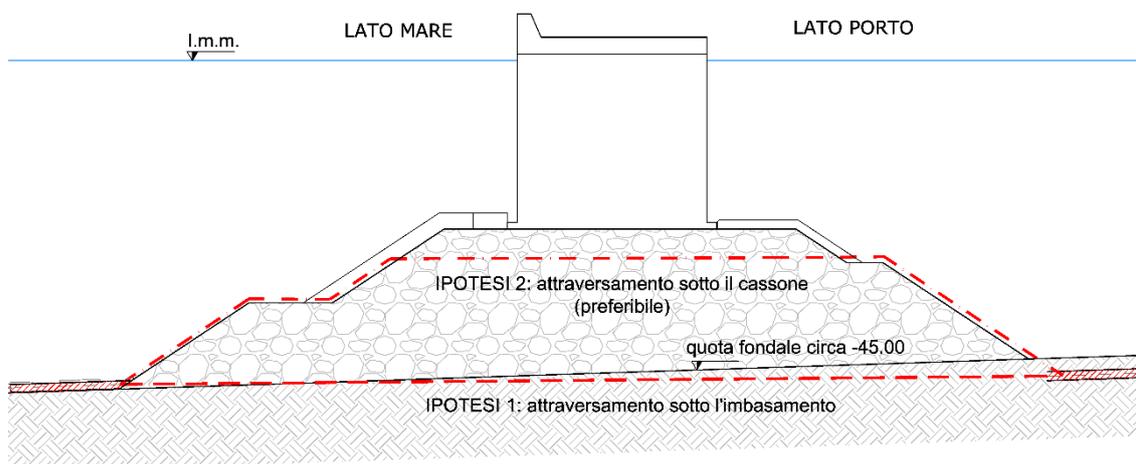


FIGURA 11-14 CONDOTTA DI SCARICO IRETI – IPOTESI DI RISOLUZIONE INTERFERENZA CON LA NUOVA DIGA FORANEA

#### Tubazione d'acquedotto IRETI S.p.A.

Per quanto riguarda la condotta di acquedotto presente sull'esistente diga foranea, non più utilizzata, se ne prevede la rimozione lungo il tratto di diga di cui è prevista la demolizione, mediante lo smontaggio e lo smaltimento a discarica del materiale di risulta.

#### Impianto di presa acqua di mare dell'Acquario di Genova

La presa d'acqua di mare dell'Acquario dovrà necessariamente essere spostata in quanto la posizione attuale è in corrispondenza del piede della scarpata lato mare dello scanno di imbasamento dei cassoni che costituiranno la nuova opera.

Inoltre, in corrispondenza dell'attraversamento dell'esistente diga foranea il presente progetto prevede la realizzazione di una scogliera di protezione del paramento esterno della struttura. Ai fini del mantenimento dell'attraversamento della diga esistente tale intervento risulterebbe particolarmente problematico sia in fase esecutiva, sia in esercizio: da un lato le possibili soluzioni potrebbero non garantire adeguata sicurezza nei confronti della stabilità e della resistenza a rottura della tubazione, dall'altro si renderebbero necessari disservizi per tempi prolungati per consentire le lavorazioni. Sarebbe infatti necessario dismettere temporaneamente la condotta e quindi prevedere un by-pass provvisorio che comporterebbe costi significativi, senza tenere conto del fatto che tale operazione sarebbe necessaria anche per lo spostamento dell'opera di presa.

Per ovviare a tali problemi, una soluzione più economica e che consentirebbe di evitare il ricorso ad opere provvisorie è quella di realizzare una nuova tubazione con relativa opera di presa che eviti di attraversare entrambe le opere di difesa, secondo un percorso come quello mostrato in Figura 11-13.

In questo modo la nuova opera di presa e la nuova condotta potrebbero essere realizzate anche in modo indipendente dalle altre lavorazioni. Una volta completate tutte le necessarie operazioni si potrà procedere a connettere, nel punto previsto, la tubazione esistente a quella nuova con un minimo disagio dovuto al temporaneo disservizio necessario allo scollegamento della vecchia tubazione ed il collegamento di quella nuova. Le sezioni tipo della nuova condotta di presa acqua di mare possono prevedersi del tutto analoghe a quelle della condotta attuale (Figura 11-12).

Per quanto riguarda la posizione effettiva della nuova opera di presa, questa dovrà essere definita nelle successive fasi progettuali, in accordo con il gestore dell'Acquario di Genova, sulla base di opportune valutazioni e analisi dei fenomeni di trasporto degli inquinanti, che permetteranno di individuare la zona con livelli di concentrazione idonei per la realizzazione del manufatto di presa.

### **11.3. Costi per la risoluzione delle interferenze**

Come dettagliato nell'elaborato 'calcolo sommario della spesa' gli oneri per la risoluzione delle interferenze, illustrate nel capitolo precedente, sono stati stimati pari a 4.055.000 euro.

## **12. SEGNALAMENTI LUMINOSI SULLA DIGA DI AUSILIO ALLA NAVIGAZIONE**

### **12.1. Premessa**

La nuova configurazione della diga foranea del porto di Genova impone una revisione del sistema di segnalamento marittimo attualmente presente, funzionale a garantire la sicurezza della navigazione.

Per rispondere a tale esigenza, il progetto ha previsto la messa in opera di nuovi segnalamenti e la modifica o rimozione di alcuni segnalamenti presenti sulla diga esistente, in relazione alla diversa configurazione delle opere prevista nelle due fasi di intervento, Fase A e Fase B.

L'ubicazione e le caratteristiche dei nuovi segnalamenti previsti dal progetto sono stati valutati con riferimento ai principi generali del sistema di segnalamento marittimo e sono da intendersi come preliminari.

Nelle successive fasi progettuali, l'Appaltatore dovrà pertanto adeguare il progetto alle prescrizioni fornite dalle competenti Autorità Marittime, prevedendo tutti gli ausili alla navigazione (fari, fanali, mede, boe, ...) richiesti per la sicurezza del traffico navale.

### **12.2. Descrizione dei segnalamenti per la navigazione**

Le principali modifiche apportate alla configurazione della diga esistente che comportano una revisione del sistema di segnalamento marittimo sono sinteticamente riportate di seguito.

Per quanto riguarda la fase a dell'intervento, la nuova configurazione della diga determina la modifica dell'imboccatura di levante con la realizzazione di una nuova imboccatura, in aggiunta a quella esistente, mediante la realizzazione di una nuova diga su fondali più elevati. E' inoltre prevista la realizzazione di un molo di sottoflutto in prossimità di Calata Bettolo, radicato sulla diga esistente.

Gli interventi previsti in fase B, invece, determinano la modifica dell'imboccatura di ponente, con il prolungamento della diga esistente dell'aeroporto e la realizzazione di una nuova diga foranea distanziata 400 m dal filo delle banchine, in sostituzione di buona parte della diga esistente di fronte a Sampierdarena e di un tratto di diga foranea realizzata in fase a, di cui è prevista la demolizione.

**Relazione tecnica generale**

Alla luce delle modifiche apportate alla configurazione planimetrica della diga esistente, il progetto ha previsto la messa in opera dei segnalamenti marittimi riportati in Tabella 12-1 e Tabella 12-2, rispettivamente per la Fase A e la Fase B di intervento.

Le due tipologie di segnalamento individuate a livello preliminare sono illustrate in Figura 12-1.

TABELLA 12-1 SEGNALAMENTI MARITTIMI – FASE A

Identificativo Fanale		Tipologia fanale	Ubicazione
<b>R1</b>	Fanale laterale rosso	Fanale tipo 1	Imboccatura di levante - Estremità nuova diga foranea
<b>G1</b>	Fanale laterale verde	Fanale tipo 2	Imboccatura di levante - Estremità diga foranea esistente
<b>R2</b>	Fanale laterale rosso	Fanale tipo 2	Imboccatura di levante - Estremità diga foranea esistente
<b>G2</b>	Fanale laterale verde	Fanale tipo 2	Estremità molo di sottoflutto di levante di nuova costruzione

TABELLA 12-2 SEGNALAMENTI MARITTIMI – FASE B

Identificativo Fanale		Tipologia fanale	Ubicazione
<b>R3</b>	Fanale laterale rosso	Fanale tipo 1	Imboccatura di ponente - Estremità nuovo tratto di diga foranea a prolungamento della diga aeroporto
<b>G3</b>	Fanale laterale verde	Fanale tipo 2	Imboccatura di ponente - Estremità nuova diga di sottoflutto

## Relazione tecnica generale

Rev.04 Data: Novembre 2021

El. MI046R-PF-D-Z-R-003-04

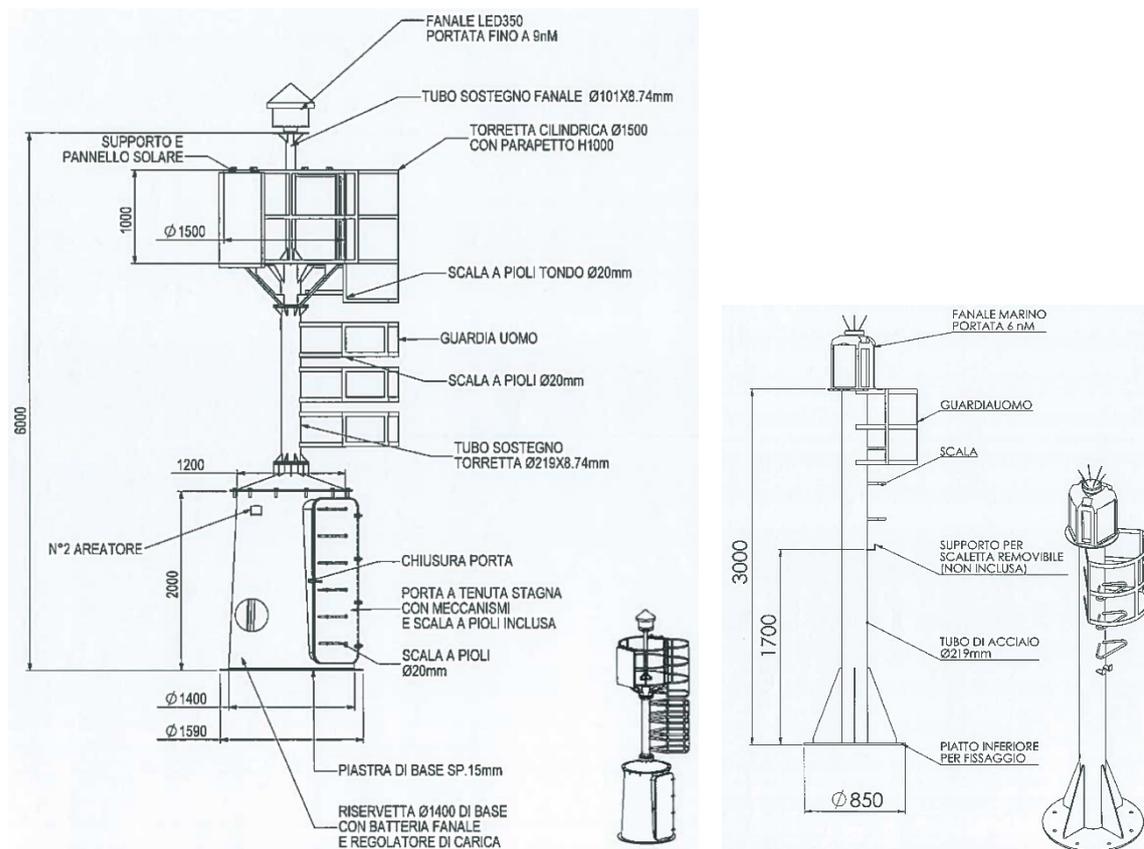


FIGURA 12-1 - TIPOLOGIA DEI NUOVI SEGNALAMENTI LUMINOSI PREVISTI (TIPO RESINEX O EQUIVALENTI): SEGNALE TIPO 1 (A SINISTRA) E SEGNALE TIPO 2 (A DESTRA)

Contestualmente alla messa in opera dei nuovi segnalamenti, sarà necessario rimuovere alcuni segnalamenti presenti sulla diga esistente. In particolare, nella fase a dell'intervento i segnalamenti esistenti da rimuovere saranno quelli in prossimità dell'imboccatura di levante mentre nella fase b sarà il sistema di segnalamento dell'imboccatura di ponente a dover essere rimosso.

Per quanto riguarda l'ubicazione planimetrica dei nuovi segnalamenti previsti e di quelli esistenti da rimuovere, in relazione alle due fasi di realizzazione dell'intervento, si rimanda allo specifico elaborato grafico di progetto (el. MI046R-PF-D-Z-D-090).

## 13. LE TECNOLOGIE PER LE ENERGIE RINNOVABILI

### 13.1. Obiettivi

Lo studio sulle tecnologie per le energie rinnovabili recepisce un'esigenza dell'Autorità di Sistema che già nel 2008 indicava nel Piano Energetico Ambientale del Porto di Genova (PEAP) ambiziosi obiettivi di copertura del fabbisogno energetico portuale con energia da fonti rinnovabili per la decarbonizzazione dell'area, nonché prevede di contribuire alla mitigazione dell'impatto ambientale dell'opera.

### 13.2. Le soluzioni tecnologiche

Sulla base delle risorse di energia rinnovabile disponibili nel sito di realizzazione della nuova infrastruttura sono state indagate le tipologie di generazione utilizzando la fonte solare, eolica e da moto ondoso.

In dettaglio, lo studio ha evidenziato per le diverse fonti:

**Conversione solare:** il fotovoltaico è una tecnologia matura e potenzialmente interessante da installare sulla sovrastruttura della diga, lungo il suo completo sviluppo. Si è optato per non proseguire con lo studio per la realizzazione di un impianto di questo tipo in quanto l'esposizione attuale non risulterebbe ottimale a causa dell'ombreggiamento in direzione Sud del muro paraonde. Inoltre l'impianto sarebbe soggetto a tracimazioni più volte l'anno, con conseguenti possibili danneggiamenti ai pannelli in silicio ubicati sulla diga, e richiederebbe importanti manutenzioni periodiche. A riguardo si evidenzia che anche utilizzando pannelli (ad es. silicio amorfo, monocristallino, ecc.) e strutture più robuste (c.a.), l'impianto risulterebbe soggetto a sollecitazioni e sovraccarichi importanti legati agli eventi meteomarinari che ne pregiudicherebbero la durata e l'efficienza nel tempo. Si precisa che il limite di tracimazione suggerito dalle norme corrispondente ad una portata di 1 l/sm si verifica con una ricorrenza inferiore ad 1 anno. Va peraltro aggiunto che l'aerosol marino comunque determina effetti significativi tali da richiedere frequenti manutenzioni.

Considerando inoltre la risorsa sfruttabile per uno sviluppo di 3 Km di pannelli fotovoltaici sul manufatto diga, si osserva che ne deriverebbe una potenza complessiva installata paragonabile a quella di numerose superfici su tetto a terra a disposizione dell'Autorità Portuale, certamente meglio esposte (essendo come sopra detto i pannelli sulla diga esposti necessariamente a nord), assai più vicine al punto di connessione e prive di rischio di esercizio.

Infine, si osserva che, a seguito del Dibattito Pubblico, in sede di conclusioni nella Relazione Finale dell'Autorità Portuale, è stato esplicitamente scartato il fotovoltaico dalla stessa Autorità come possibile soluzione di produzione di energia idonea per il sito.

**Conversione eolica:** l'eolico è una tecnologia matura. Sono stati esaminati aerogeneratori a torre tubolare di varia altezza installati nel tratto più a largo della nuova diga in funzione dei vincoli esistenti.

La sostenibilità economica ed il contributo al fabbisogno energetico portuale cresce in funzione dell'altezza sommitale delle pale: quelle da 100 m sono caratterizzate da una buona sostenibilità economica e consentirebbero di coprire circa il 30% del fabbisogno energetico portuale con un costo dell'energia inferiore a 100 €/MWh. I generatori da 50 m coprirebbero invece circa il 9% del fabbisogno, con un costo dell'energia superiore a 100 €/MWh. L'impianto con aerogeneratori da 25m non risulta invece interessante in termini di contributo energetico e di sostenibilità per il sito in oggetto.

**Conversione da moto ondoso:** a differenza delle fonti precedenti, si trova in una situazione pre-commerciale ed ancora mancante di convergenza tecnologica. Lo studio ha preso in considerazione i principali convertitori di moto ondoso, analizzandone l'integrabilità nella diga e le potenzialità di resa in relazione alla risorsa del sito.

In relazione a quest'ultima, i risultati hanno dimostrato una modesta copertura del fabbisogno energetico del porto (0,8-2%), con un elevato costo dell'energia compreso tra 1200 e 2200€/MWh.

Ulteriori osservazioni da aggiungere all'analisi, sono i rischi derivanti dalla resistenza degli impianti nei confronti delle mareggiate e degli eventi estremi, nonché dalla reale capacità di progresso tecnologico e di abbattimento dei costi di generazione dell'energia. Infine, si osserva che, a seguito del Dibattito Pubblico, in sede di conclusioni nella Relazione Finale dell'Autorità Portuale, è stato esplicitamente scartato questo tipo di impianto dalla stessa Autorità come possibile soluzione di produzione di energia idonea per il sito.

### 13.3. L'impianto eolico

Nell'ambito delle alternative progettuali per impianti da fonti rinnovabili sul corpo diga foranea, la richiesta da parte dell'AdSP del Mar Ligure, sulla base dei pareri preliminari degli enti competenti, è stata di indirizzare le fasi successive dell'iter progettuale utilizzando generatori eolici con altezza "intermedia" fra le soluzioni proposte. Considerata infatti la distribuzione della risorsa eolica analizzata per l'area del sito, si ritiene che l'installazione di un impianto eolico possa iniziare ad essere sostenibile a partire da una quota apicale [HTIP] di circa 50 m, compatibilmente con le infrastrutture già presenti.

Nonostante i vincoli aeroportuali esistenti, di concerto con l'AdSP, in relazione alla capacità di un impianto eolico di contribuire al fabbisogno energetico portuale, si è deciso di utilizzare pertanto una tipologia di aerogeneratori con una quota apicale di circa 50 m compatibile con quella delle grandi navi porta contenitori che solcheranno l'area portuale, nonché delle gru esistenti posizionate sulle banchine del porto di Genova.

Lo sviluppo della sovrastruttura della diga foranea nel tratto più al largo della diga foranea, a partire dal limite orientale sino alla sovrapposizione con il cono di decollo aereo, è stato suddiviso in due parti in funzione del differente orientamento del manufatto, da realizzare nella fase a) dell'intervento:

- Tratta A: sviluppo complessivo 2.400 m con installazione di 17 turbine, lungo il tratto di diga parallelo alla costa,
- Tratta B: sviluppo complessivo 450 m con installazione di 3 turbine, lungo il tratto di raccordo verso la diga esistente

Si stima che ogni generatore mini eolico possa generare una produzione di energia annua media (AEP) pari a **157MWh/anno**, a cui corrispondono **1.740 ore equivalenti** per ogni singolo aerogeneratore alla potenza nominale di 90 kW.

TABELLA 13-1 PRODUZIONE DI E.E. E ORE EQUIVALENTI PER IL SITO PER UN AEROGENERATORE\_H50

AEROGENERATORE H50			
<i>Ore equivalenti</i>	1.740		h
<i>Energia Annua Prodotta</i>	AEP	157	MWh

Con questo numero di aerogeneratori, si ricava l'energia totale media annua producibile dall'impianto minieolico, *Total Annual Energy production* (AET), calcolata come sommatoria delle singole produzioni (AEP) per ciascuna turbina prevista a layout. Si ottiene una **produzione lorda annua complessiva di energia elettrica** per il cluster mini - eolico (AET) stimabile pari a **3.140.000 kWh**, corrispondente a circa il 6,5% del fabbisogno di energia elettrica portuale. Tale contributo eviterebbe l'emissione di 1.539 tonnellate di CO2 in atmosfera, contribuendo al processo di decarbonizzazione indicato nel PEAP.

Per i dettagli si rimanda all'elaborato '*MI046R-PF-D-Z-R-005 Dimensionamento preliminare dell'impianto eolico- relazione tecnica*' e agli elaborati grafici '*MI046R-PF-D-Z-D-100 e MI046R-PF-D-Z-D-101*'.

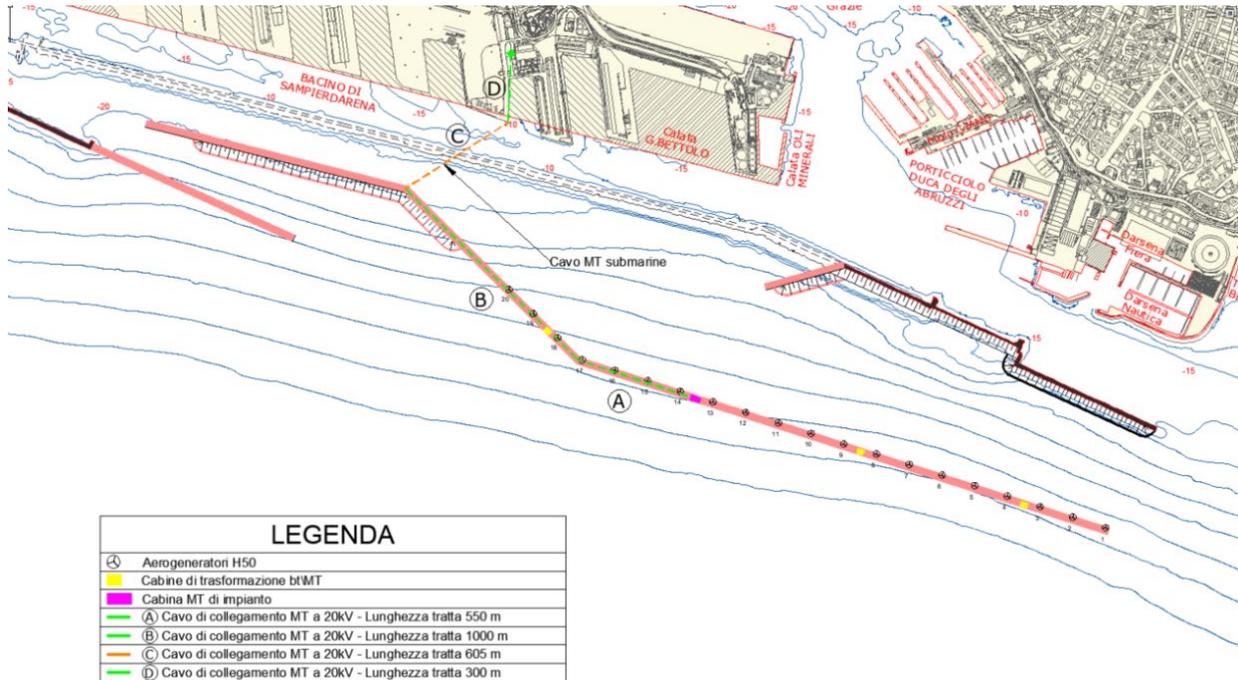


FIGURA 13-1 - PLANIMETRIA SOLUZIONE 3B DIGA CON DISTRIBUZIONE AEROGENERATORI H 50M

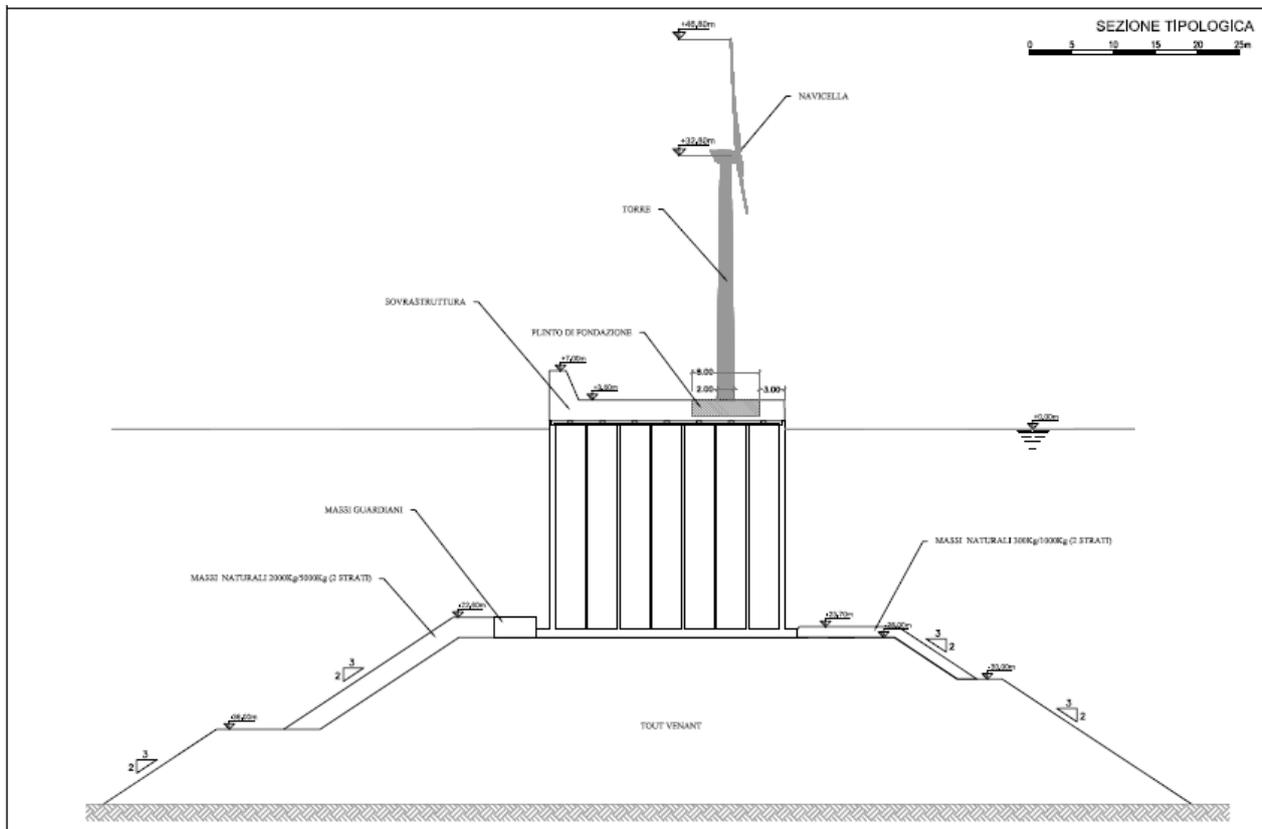


FIGURA 13-2 - SEZIONE TIPO CON AEROGENERATORE TIPOLOGIA H50

## **14. CRITERI AMBIENTALI MINIMI**

### **14.1. Premessa**

Nel presente capitolo si introducono i Criteri Ambientali Minimi (CAM) che dovranno essere adottati nell'implementazione delle successive fasi di progettazione e costruzione della nuova diga foranea del porto di Genova.

Dal 2 febbraio 2016, in seguito all'approvazione della Legge 221/2015 è entrato in vigore l'obbligo per tutte le Pubbliche Amministrazioni, di inserire i Criteri Ambientali Minimi negli appalti pubblici dei lavori, beni e servizi.

Il D.M. 11/10/2017, ha aggiornato i Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia, da applicarsi per le nuove costruzioni, ristrutturazioni, e manutenzione di edifici pubblici, nonché per la gestione dei cantieri. I nuovi criteri, riportati nell'allegato al decreto, sono operativi dal 7 novembre 2017 e sostituiscono quelli precedentemente pubblicati con decreto 11 gennaio 2017 (allegato 2).

Il nuovo Codice degli Appalti (D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 e s.m.i.) ha integrato tutte le novità introdotte dalla Legge 221/15, imponendo quindi l'inserimento nella documentazione progettuale e di gara delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali definite nei Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia che devono essere applicati per l'intero valore delle gare. Ciò contribuirà in modo sostanziale al raggiungimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico di cui all'art. 3 del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 ed anche al conseguimento degli obiettivi nazionali previsti dal Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (PAN GPP) – revisione 2013, coerentemente con le indicazioni Comunicazione COM (2011)571 “Tabella di marcia verso l'Europa efficiente nell'impiego delle risorse” ed in funzione dell'obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo sostenibili e modelli di “economia circolare” secondo quanto previsto dalla Comunicazione sull'economia circolare COM (2015) 615 «L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare». I criteri definiti nel CAM edilizia sono inoltre tenuti in considerazione come uno dei criteri oggettivi attraverso i quali individuare l'offerta economicamente più vantaggiosa.

Le Pubbliche Amministrazioni e le Centrali di Committenza debbono quindi applicare le specifiche tecniche e le clausole contrattuali contenute nei Decreti Ministeriali relativi ai CAM.

In relazione alle specificità del presente intervento si individuano nei paragrafi seguenti i principali CAM ad esso pertinenti tra quelli introdotti dalle disposizioni del citato Decreto 11 ottobre 2017.

Si evidenzia, a tal proposito, che gli aspetti principali di applicazione dei CAM relativamente al progetto infrastrutturale della nuova diga foranea di Genova riguardano i calcestruzzi per il getto della sovrastruttura e per la prefabbricazione dei cassoni e dei massi guardiani, le demolizioni della diga esistente e il riuso dei materiali per la formazione di quota parte dello scanno d'imbasamento e del riempimento dei cassoni. A livello di approvvigionamento energetico, inoltre, come illustrato nel paragrafo 13.3 il progetto della nuova diga prevede la realizzazione di un impianto eolico in grado di contribuire agli obiettivi di criteri ambientali importanti, quali la parziale copertura del fabbisogno energetico portuale con energia da fonte rinnovabile e la conseguente riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, a favore del processo di decarbonizzazione dell'area.

#### **14.2. Specifiche tecniche dei componenti edilizi**

Allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione, fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, il progetto dell'intervento deve prevedere i seguenti criteri, per quanto mutuabili per analogia da quelli propriamente riferiti agli edifici. Il progettista deve compiere scelte tecniche di progetto, specificare le informazioni ambientali dei prodotti scelti e fornire la documentazione tecnica che consenta di soddisfare tali criteri e deve inoltre prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza a tali criteri comuni tramite la documentazione indicata nella verifica di ogni criterio, che dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori. Ove nei singoli criteri si citano materie provenienti da riciclo, recupero, o sottoprodotti o terre e rocce da scavo si fa riferimento alle definizioni previste dal decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale.

##### **14.2.1. Criteri comuni a tutti i componenti edilizi**

### Disassemblabilità

Almeno il 50% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali.

Verifica: il progettista dovrà fornire l'elenco di tutti i componenti edilizi e dei materiali che possono essere riciclati o riutilizzati, con l'indicazione del relativo peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati nella costruzione dell'opera.

### Materia recuperata o riciclata

Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per la costruzione dell'opera, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati. Di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali. Per le diverse categorie di materiali e componenti edilizi valgono in sostituzione, qualora specificate, le percentuali contenute nel capitolo 14.2.2. Il suddetto requisito può essere derogato quando il componente impiegato rientri contemporaneamente nei due casi sotto riportati:

- 1) abbia una specifica funzione di protezione da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (p. es membrane per impermeabilizzazione);
- 2) sussistano specifici obblighi di legge a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione.

Verifica: il progettista deve fornire l'elenco dei materiali costituiti, anche parzialmente, da materie recuperate o riciclate ed il loro peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati nella costruzione. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa

che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Da detta percentuale di materia riciclata da certificare va dedotta quella prodotta in cantiere tramite le demolizioni, la vagliatura e la successiva frantumazione, non certificabile da un fornitore esterno ma che segue un protocollo descritto nel capitolato e negli altri elaborati tecnici di questo PFTE relativi alle demolizioni.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel capitolato.

#### Sostanze pericolose

Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere aggiunti intenzionalmente:

- 1) additivi a base di cadmio, piombo, cromo VI, mercurio, arsenico e selenio in concentrazione superiore allo 0.010% in peso.
- 2) sostanze identificate come «estremamente preoccupanti» (SVHCs) ai sensi dell'art.59 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 ad una concentrazione maggiore dello 0,10% peso/peso;
- 3) Sostanze o miscele classificate o classificabili con le seguenti indicazioni di pericolo:
  - come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 (H340, H350, H350i, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H341, H351, H361f, H361d, H361fd, H362);
  - per la tossicità acuta per via orale, dermica, per inalazione, in categoria 1, 2 o 3 (H300, H301, H310, H311, H330, H331);
  - come pericolose per l'ambiente acquatico di categoria 1,2 (H400, H410, H411);
  - come aventi tossicità specifica per organi bersaglio di categoria 1 e 2 (H370, H371, H372, H373).

Verifica: per quanto riguarda la verifica del punto 1, l'appaltatore deve presentare dei rapporti di prova rilasciati da organismi di valutazione della conformità. Per la verifica dei punti 2 e 3 l'appaltatore deve presentare una dichiarazione del legale rappresentante

da cui risulti il rispetto degli stessi. Tale dichiarazione dovrà includere una relazione redatta in base alle Schede di Sicurezza messe a disposizione dai produttori.

#### 14.2.2. Criteri specifici per i componenti edilizi

Allo scopo di ridurre l'impiego di risorse non rinnovabili, di ridurre la produzione di rifiuti e lo smaltimento in discarica, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione, fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti, il progetto deve prevedere l'uso di materiali come specificato nei successivi paragrafi. In particolare tutti i seguenti materiali devono essere prodotti con un determinato contenuto di riciclato.

#### Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati

I calcestruzzi usati per il progetto devono essere prodotti con un contenuto di materiale riciclato (sul secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto (inteso come somma delle singole componenti). Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale.

Con riferimento al suddetto criterio, si evidenzia che le caratteristiche dei calcestruzzi previsti in progetto ne favoriscono di per sé il soddisfacimento. Per il confezionamento dei calcestruzzi è previsto l'utilizzo di cementi d'altoforno o pozzolanici; nel caso di cemento d'altoforno, esso contiene tra il 40% e il 65% di loppa d'altoforno riciclata dal prodotto di scarto della lavorazione degli acciai. Poiché la produzione di un calcestruzzo di classe XS3 o XS2 richiede l'utilizzo di almeno 300 kg/m<sup>3</sup> di cemento, questo comporta un contenuto di materiale riciclato nel calcestruzzo compreso tra 120 e 200 kg/m<sup>3</sup> ovvero, considerando il peso finale del calcestruzzo pari 2.400 kg/m<sup>3</sup>, una percentuale compresa tra il 5% e l'8%, in congruenza con il criterio CAM in oggetto.

Non si prevede di utilizzare nel mix design ulteriore inerte riciclato proveniente da demolizioni in ambito edilizio per tre motivi principali:

- la produzione di calcestruzzi di classe di resistenza C35/45, come previsto in progetto, richiede inerti riciclati provenienti da demolizioni di solo calcestruzzo della stessa classe, quindi solo dalla demolizione non di edifici ma di opere con calcestruzzi di alta qualità;
- in Italia ad oggi la maggior parte della filiera produttiva del riciclo non effettua demolizioni selettive e pertanto risulta complicato disporre di calcestruzzi demoliti per cui possa essere garantita la qualità richiesta;

- i calcestruzzi dei cassoni devono avere, ai fini del rispetto dei vincoli ambientali sui rilasci di possibili inquinanti in mare, un coefficiente di permeabilità inferiore a  $10^{-11}$  m/sec; l'inserimento di frazioni di calcestruzzo proveniente dalle demolizioni non consente di garantire ovunque il coefficiente di permeabilità richiesto, necessario per consentire che i cassoni possano essere riempiti e stabilizzati con materiali di dragaggio o provenienti dalle demolizioni.

Verifica: il progettista deve specificare le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e deve prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy® o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel capitolato.

#### Elementi prefabbricati in calcestruzzo

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo utilizzati nell'opera devono avere un contenuto totale di almeno il 5% in peso di materie riciclate, e/o recuperate, e/o di sottoprodotti.

Per gli elementi prefabbricati in calcestruzzo valgono le medesime considerazioni sulla composizione dei calcestruzzi riportate al punto precedente per i calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati.

Verifica: il progettista deve specificare le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e deve prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy® o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel capitolato.

#### Ghisa, ferro, acciaio

Per gli usi strutturali deve essere utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:

- acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%.
- acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%.

Verifica: il progettista deve specificare le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e deve prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy® o equivalenti;

- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel capitolato.

### **14.3. Specifiche tecniche del cantiere**

#### 14.3.1. Demolizioni e rimozione dei materiali

Allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione – in conformità a quanto peraltro previsto nei capitoli 9 e 10 della presente Relazione – fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, le demolizioni e le rimozioni dei materiali devono essere eseguite in modo da favorire il trattamento e recupero delle varie frazioni di materiali. A tal fine il progetto dell'opera deve prevedere che:

- 1) almeno il 70% in peso dei rifiuti non pericolosi generati durante la demolizione e rimozione dei manufatti di qualsiasi genere presenti in cantiere, ed escludendo gli scavi, deve essere avviato a operazioni di preparazione per il riutilizzo, recupero o riciclaggio;
- 2) il contraente dovrà effettuare una verifica precedente alla demolizione al fine di determinare ciò che può essere riutilizzato, riciclato o recuperato. Tale verifica include le seguenti operazioni:
  - individuazione e valutazione dei rischi di rifiuti pericolosi che possono richiedere un trattamento o un trattamento specialistico, o emissioni che possono sorgere durante la demolizione;
  - una stima delle quantità con una ripartizione dei diversi materiali da costruzione;
  - una stima della percentuale di riutilizzo e il potenziale di riciclaggio sulla base di proposte di sistemi di selezione durante il processo di demolizione;
  - una stima della percentuale potenziale raggiungibile con altre forme di recupero dal processo di demolizione.

Verifica: l'offerente deve presentare una verifica precedente alla demolizione che contenga le informazioni specificate nel criterio, allegare un piano di demolizione e recupero e una sottoscrizione di impegno a trattare i rifiuti da demolizione o a conferirli ad un impianto autorizzato al recupero dei rifiuti.

#### 14.3.2. Prestazioni ambientali

Ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. disposizioni della Capitaneria di Porto, regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), le attività di cantiere devono garantire le seguenti prestazioni:

- per tutte le attività di cantiere e trasporto dei materiali devono essere utilizzati mezzi che rientrano almeno nella categoria EEV (veicolo ecologico migliorato).

Al fine di impedire fenomeni di diminuzione di materia organica, calo della biodiversità, contaminazione locale o diffusa, salinizzazione, erosione del suolo, etc. sono previste le seguenti azioni a tutela del suolo:

- accantonamento in sito e successivo riutilizzo dello scotico del terreno vegetale per una profondità di 60 cm, per la realizzazione di scarpate e aree verdi pubbliche e private;
- tutti i rifiuti prodotti dovranno essere selezionati e conferiti nelle apposite discariche autorizzate quando non sia possibile avviarli al recupero;
- eventuali aree di deposito provvisorio di rifiuti non inerti devono essere opportunamente impermeabilizzate e le acque di dilavamento devono essere depurate prima di essere convogliate verso i recapiti idrici finali.

Al fine di tutelare le acque superficiali e sotterranee da eventuali impatti sono previste le seguenti azioni a tutela delle acque superficiali e sotterranee:

- gli ambiti interessati dai fossi e torrenti (fasce ripariali) e da filari o altre formazioni vegetazionali autoctone devono essere recintati e protetti con apposite reti al fine di proteggerli da danni accidentali.

Al fine di ridurre i rischi ambientali, la relazione tecnica del Progetto Definitivo (come prevista dal Codice degli appalti in vigore) deve contenere anche l'individuazione puntuale delle possibili criticità legate all'impatto nell'area di cantiere e alle emissioni di inquinanti sull'ambiente circostante, con particolare riferimento alle singole tipologie delle lavorazioni. La relazione tecnica dovrà inoltre contenere:

- le misure adottate per la protezione delle risorse naturali, paesistiche e storico-culturali presenti nell'area del cantiere;
- le misure per implementare la raccolta differenziata nel cantiere (tipo di cassonetti/contenitori per la raccolta differenziata, le aree da adibire a stoccaggio temporaneo, etc.) e per realizzare la demolizione selettiva e il riciclaggio dei materiali di scavo e dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D);
- le misure adottate per aumentare l'efficienza nell'uso dell'energia nel cantiere e per minimizzare le emissioni di gas climalteranti, con particolare riferimento all'uso di tecnologie a basso impatto ambientale (lampade a scarica di gas a basso consumo energetico o a led, generatori di corrente eco-diesel con silenziatore, pannelli solari per l'acqua calda, etc.);
- le misure per l'abbattimento del rumore e delle vibrazioni, dovute alle operazioni di scavo, di carico/scarico dei materiali, di taglio dei materiali, di impasto del cemento e di disarmo, etc., e l'eventuale installazione di schermature/coperture antirumore (fisse o mobili) nelle aree più critiche e nelle aree di lavorazione più rumorose, con particolare riferimento alla disponibilità ad utilizzare gruppi elettrogeni super silenziati e compressori a ridotta emissione acustica;
- le misure atte a garantire il risparmio idrico e la gestione delle acque reflue nel cantiere e l'uso delle acque piovane e quelle di lavorazione degli inerti, prevedendo opportune reti di drenaggio e scarico delle acque;
- le misure per l'abbattimento delle polveri e fumi anche attraverso periodici interventi di irrorazione delle aree di lavorazione con l'acqua o altre tecniche di contenimento del fenomeno del sollevamento della polvere;
- le misure per garantire la protezione del suolo e del sottosuolo, anche attraverso la verifica periodica degli sversamenti accidentali di sostanze e materiali inquinanti e la previsione dei relativi interventi di estrazione e smaltimento del suolo contaminato;
- le misure idonee per ridurre l'impatto visivo del cantiere, anche attraverso schermature e sistemazione a verde, soprattutto in presenza di abitazioni contigue e habitat con presenza di specie particolarmente sensibili alla presenza umana;
- le misure per attività di demolizione selettiva e riciclaggio dei rifiuti, con particolare riferimento al recupero dei laterizi, del calcestruzzo e di materiale proveniente dalle attività di cantiere con minori contenuti di impurità, le misure per il recupero e riciclaggio degli imballaggi.

Si riportano per completezza altre prescrizioni per la gestione del cantiere per le presistenze arboree e arbustive, pur non apparendo oggi di interesse data la vocazione marittima del cantiere:

- rimozione delle specie arboree e arbustive alloctone invasive (in particolare, *Ailanthus altissima* e *Robinia pseudoacacia*), comprese radici e ceppaie. Per l'individuazione delle specie alloctone si dovrà fare riferimento alla «Watch-list della flora alloctona d'Italia» (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Carlo Blasi, Francesca Pretto & Laura Celesti-Grappo);
- protezione delle specie arboree e arbustive autoctone: gli alberi nel cantiere devono essere protetti con materiali idonei, per escludere danni alle radici, al tronco e alla chioma. In particolare intorno al tronco verrà legato del tavolame di protezione dello spessore minimo di 2 cm. Non è ammesso usare gli alberi per l'infissione di chiodi, appoggi e per l'installazione di corpi illuminanti, cavi elettrici, etc;
- i depositi di materiali di cantiere non devono essere effettuati in prossimità delle preesistenze arboree e arbustive autoctone (deve essere garantita almeno una fascia di rispetto di 10 metri).

Verifica: l'offerente deve dimostrare la rispondenza ai criteri suindicati tramite la documentazione nel seguito indicata:

- relazione tecnica nella quale siano evidenziate le azioni previste per la riduzione dell'impatto ambientale nel rispetto dei criteri;
- piano per il controllo dell'erosione e della sedimentazione per le attività di cantiere;
- piano per la gestione dei rifiuti da cantiere e per il controllo della qualità dell'aria e dell'inquinamento acustico durante le attività di cantiere.

L'attività di cantiere sarà oggetto di verifica programmata, effettuata da un organismo di valutazione della conformità.

#### 14.3.3. Personale di cantiere

Il personale impiegato nel cantiere oggetto dell'appalto, che svolge mansioni collegate alla gestione ambientale dello stesso, deve essere adeguatamente formato per tali specifici compiti.

Il personale impiegato nel cantiere deve essere formato per gli specifici compiti attinenti alla gestione ambientale del cantiere con particolare riguardo a:

- sistema di gestione ambientale;
- gestione delle polveri;
- gestione delle acque e scarichi;
- gestione dei rifiuti.

Verifica: l'offerente deve presentare in fase di offerta, idonea documentazione attestante la formazione del personale, quale ad esempio curriculum, diplomi, attestati, etc.

#### 14.3.4. Dragaggio

Con riferimento al previsto dragaggio funzionale alla cantierizzazione del parco impianti di prefabbricazione dei cassoni (la cui ubicazione è stata ipotizzata lungo il terminal di Genova-Prà), per i cui materiali di risulta è previsto il riutilizzo per il riempimento di parte dei cassoni in progetto, si introducono i criteri descritti di seguito.

Nelle fasi di dragaggio, lo specchio acqueo interessato dai lavori, sarà delimitato con panne galleggianti munite di gonne, in modo da limitare e minimizzare l'intorbidimento della colonna d'acqua. Le panne galleggianti dovranno essere installate prima dell'inizio dei lavori e la loro rimozione dovrà avvenire solamente al termine dei lavori o comunque una volta ultimate tutte quelle lavorazioni che possono portare al rischio di torbidità.

La barriera prevista è del tipo con grembiulatura al fondo ad elevata capacità di filtro (filtro totale o parziale).

Per quanto concerne le disposizioni ambientali, le lavorazioni saranno svolte in condizioni meteomarine favorevoli, al fine di evitare possibili dispersioni del materiale di escavo dovute a gravose condizioni meteomarine. Le attività di escavo e di collocamento dei materiali su mezzo marittimo, il deposito in area di stoccaggio e/o all'interno di cassoni cellulari, saranno opportunamente controllate e monitorate durante la fase di esecuzione. Le modalità di livellamento devono essere tali da minimizzare la turbativa per l'ambiente circostante e, pertanto, devono essere progettate e gestite al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Dragare in sicurezza e con precisione, minimizzando le quantità d'acqua presenti nei materiali rimossi;
- Rendere minime le quantità di materiale disperso;
- Limitare la torbidità e la possibile mobilizzazione di inquinanti indotta dalle operazioni;
- Ridurre al minimo l'interferenza con il traffico portuale interessante l'area di dragaggio.

#### **14.4. Approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili**

L'impianto eolico proposto in progetto e presentato nel paragrafo 13.3 risponde al criterio ambientale di prevedere un sistema di approvvigionamento energetico in grado di coprire

*Pag. 164 di 165*

almeno in parte il fabbisogno energetico, nello specifico del porto di Genova, attraverso fonti di energia rinnovabile. Tale obiettivo si allinea peraltro agli indirizzi già espressi dall'Autorità di Sistema Portuale nel Piano Energetico Ambientale del Porto di Genova (PEAP) del 2008, contribuendo alla decarbonizzazione dell'area e alla mitigazione dell'impatto ambientale dell'opera.

Si stima che i 20 aerogeneratori previsti, caratterizzati da una quota apicale di circa 50 m, possano generare una produzione lorda annua complessiva di energia elettrica dell'ordine dei 3 milioni di kWh. Tale produzione consentirebbe di coprire circa il 6,5% del fabbisogno di energia elettrica portuale, evitando nel contempo l'emissione di circa 1.540 tonnellate di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

L'impianto eolico, in ogni caso, potrà essere realizzato qualora fossero superate le restrizioni dettate dai vincoli aeroportuali esistenti, nonché da altre norme e regolamenti potenzialmente restrittivi (es. piani paesistici, piani territoriali provinciali, regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), quindi previo ottenimento da parte dell'Appaltatore dei necessari atti autorizzativi da parte di ENAC e degli altri Enti e Autorità competenti.