

PROGETTO ESECUTIVO

CUP C39B18000060006

CIG 7690329440

RIF. PERIZIA

P.3062

TITOLO PROGETTO

NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO SAMPIERDARENA

DISCIPLINA	DESCRIZIONE
IN	INTERFERENZE

ELAB. N°	TITOLO ELABORATO	SCALA
002	RELAZIONE SULLE INTERFERENZE - CONDOTTA SCARICO IRETI	-

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
00	17/02/2023	PRIMA EMISSIONE	L. de Benetti/A. Calzavara	L. Masiero	T. Tassi
01	20/03/2023	EMISSIONE PER AGGIORNAMENTO	L. de Benetti/A. Calzavara	L. Masiero	T. Tassi

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	NOME FILE
P3062	P3062_E-IN-G-0002_01	P3062_E-IN-G-0002_01.docx

CONSORZIO IMPRESE	PROGETTISTI	PROGETTAZIONE	
 (Mandataria)  (Mandante)	 (Mandante)  (Mandante)	 (Mandataria)  (Mandante)	 ingegneria ing. Tommaso Tassi

D.E.C.	VERIFICATORE	PMC	VALIDATO R.U.P.
Ing. Alessandra Mariotti	ITS Controlli Tecnici SpA	RINA Consulting S.p.A.	Ing. Marco Vaccari
.....



Sommario

1	PREMESSE	5
1.1	Obbiettivi del progetto e scopo del documento	5
1.2	Previsioni del PFTE	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	8
3.1	Generalità	8
3.2	Caratteristiche dell'impianto di sollevamento e scarico	9
3.2.1	Generalità	9
3.2.2	Portate scaricate a mare	9
3.2.3	Layout impiantistico	10
3.2.4	Caratteristiche delle elettropompe	11
3.3	Caratteristiche della condotta sottomarina	13
3.3.1	Generalità	13
3.3.2	Tracciato piano-altimetrico	13
3.3.3	Caratteristiche dimensionali e materiali	15
3.4	Caratteristiche delle acque di scarico	17
4	DIMENSIONAMENTO DELLA NUOVA CONDOTTA DI SCARICO	20
4.1	Ipotesi di lavoro	20
4.1.1	Portate di riferimento e condizioni al contorno	20
4.1.2	Valutazioni sull'ubicazione del nuovo punto di scarico	20
4.2	Verifiche e dimensionamenti idraulici	26
5	DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO	44
5.1.1	Tracciato piano-altimetrico di progetto	44
5.1.2	Caratteristiche tecniche della nuova condotta	47
5.1.3	Sezioni tipo	48

5.1.4	Attraversamento della nuova diga foranea	49
5.1.5	Diffusore	52
5.1.6	Protezione catodica	54
6	DISMISSIONE E RIMOZIONE DELLA CONDOTTA ESISTENTE	57
7	GESTIONE DELLA FASE TRANSITORIA	57
8	ASPETTI AUTORIZZATIVI	58

Indice delle figure

Figura 1-1: Planimetria delle ipotesi di risoluzione delle interferenze delle condotte a mare con le opere in progetto previste dal PFTE (fonte: Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena - Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica - Relazione tecnica generale, Maggio 2022).....	6
Figura 1-2: Condotta di scarico IRETI – ipotesi di risoluzione interferenza con la nuova diga foranea (fonte: Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena - Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica - Relazione tecnica generale, Maggio 2022).....	7
Figura 3-1: Planimetria delle interferenze delle condotte esistenti con le opere in progetto.....	9
Figura 3-2: Layout dell'impianto di sollevamento finale (Fonte: Depuratore Darsena, impianto di sollevamento finale e opere migliorative – Progetto esecutivo – Relazione idraulica; IRETI, Giugno 2012).....	11
Figura 3-3: Curve caratteristiche delle elettropompe installate in impianto al variare del numero di pompe in funzione (Fonte: Depuratore Darsena, impianto di sollevamento finale e opere migliorative – Progetto esecutivo – Relazione idraulica; IRETI, Giugno 2012).....	12
Figura 3-4: Curva caratteristica delle elettropompe installate in impianto (Fonte IRETI).....	12
Figura 3-5: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare allo stato di fatto.....	14
Figura 3-6: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di fatto.....	15
Figura 3-7: Attraversamento diga foranea esistente (Fonte IRETI).....	15
Figura 3-8: Sezione tipo di posa condotta esistente nel tratto interno diga foranea esistente (Fonte IRETI).....	16
Figura 3-9: Planimetria diffusore di scarico esistente (Fonte IRETI).....	16
Figura 3-10: Particolari diffusore di scarico esistente (Fonte IRETI).....	17
<i>Figura 4-1: Individuazione dei punti di scarico della nuova condotta IRETI e del depuratore di Punta Vagno e dell'opera di presa dell'Acquario di Genova.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4-2: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) al fondo nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....</i>	<i>23</i>

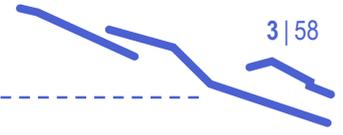


Figura 4-3: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) a metà colonna nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....	23
Figura 4-4: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) in superficie nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....	24
Figura 4-5: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) al fondo nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....	24
Figura 4-6: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) a metà colonna nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....	25
Figura 4-7: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) in superficie nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova.....	25
Figura 4-8: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare di progetto.....	26
Figura 4-9: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di fatto con relativa piezometria alla portata massima scaricata (1800 l/s).....	34
Figura 4-10: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di progetto con relativa piezometria alla portata massima scaricata (1800 l/s).....	43
Figura 5-1: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare di progetto.....	45
Figura 5-2: Profilo longitudinale di progetto della nuova condotta di scarico a mare.....	46
Figura 5-3: Sezione tipo di posa con condotta interrata.....	48
Figura 5-4: Sezione tipo di posa con condotta appoggiata al fondale.....	48
Figura 5-5: Sezione di attraversamento della nuova diga foranea.....	50
Figura 5-6: Dettaglio condotta di progetto in corrispondenza dell'attraversamento della nuova diga foranea.....	51
Figura 5-7: Dettaglio diffusore.....	53

Indice delle tabelle

Tabella 3-1: Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. 152/06. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.	17
Tabella 3-2: Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. 152/06. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.	17
Tabella 4-1: Portate assunte per i dimensionamenti idraulici	20
Tabella 4-2: Coefficienti di perdita utilizzati nei calcoli di dimensionamento e verifica delle condotte a mare.	28
Tabella 4-3: Prevalenza residua allo sbocco del diffusore.	28
Tabella 4-4: Perdite di carico lungo il diffusore allo stato di fatto.	29
Tabella 4-5: Perdite di carico lungo la condotta DN1200, la condotta DN1000 e in impianto.	30

Tabella 4-6: Prevalenza residua allo sbocco del diffusore nello stato di progetto.	36
Tabella 4-7: Perdite di carico lungo il diffusore allo stato di progetto.	37
Tabella 4-8: Perdite di carico lungo la condotta DN1200, la condotta DN1000 e in impianto nello stato di progetto.	38

1 PREMESSE

Il Consorzio di Imprese Pergenova Breakwater e il RTP di progettazione Ramboll UK-F&M Ingegneria è incaricato della progettazione esecutiva e realizzazione della nuova diga foranea del Porto di Genova nell'ambito del Bacino di Sampierdarena.

Di seguito sono illustrati gli obiettivi generali del progetto, lo scopo del presente documento e gli indirizzi progettuali del PFTE, relativamente alla individuazione e gestione delle interferenze che riguardano la nuova diga foranea e le condotte a mare.

1.1 Obiettivi del progetto e scopo del documento

L'obiettivo primario dell'intervento di realizzazione della nuova diga foranea è di consentire l'operatività portuale dei terminali del bacino di Sampierdarena in condizioni di sicurezza in relazione all'accesso delle grandi navi portacontainer. La configurazione della nuova diga foranea consentirà infatti le manovre di navigazione in sicurezza delle grandi navi di progetto, di lunghezza 400-450 m e larghezza 60-65 m, con riferimento in particolare all'accesso e uscita dalle aree portuali, l'evoluzione nell'avamposto, l'accosto e la partenza dai terminali, il transito nel canale interno.

La nuova diga, inoltre, dovrà consentire le operazioni ai terminali portuali in sicurezza in relazione allo scarico e carico delle merci e nel contempo l'ormeggio alle banchine delle navi, proteggendo le aree portuali interne dall'azione del moto ondoso, in modo da limitare le condizioni di non operatività.

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

Il presente documento riguarda le interferenze della nuova diga foranea del porto di Genova con le condotte a mare, e in particolare con la condotta di scarico dell'impianto di depurazione "Darsena", gestito da IRETI S.p.A.. Nei seguenti capitoli verrà illustrato lo stato di fatto delle tubazioni interferenti e degli impianti connessi, in termini di geometrie, materiali, configurazioni impiantistiche, portate caratteristiche. Saranno quindi illustrati i dimensionamenti delle nuove condotte e descritta la loro nuova configurazione nello stato di progetto.

1.2 Previsioni del PFTE

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica ha fornito la proposta di risoluzione delle interferenze di seguito illustrata.

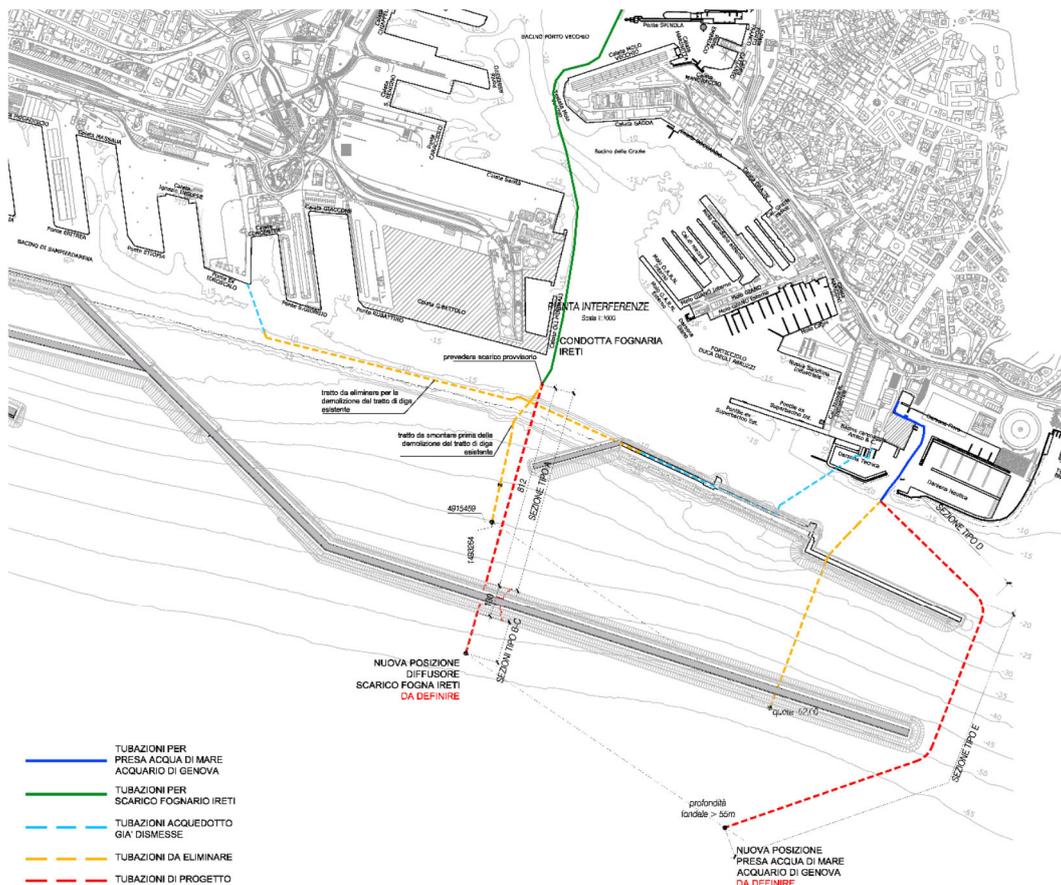


Figura 1-1: Planimetria delle ipotesi di risoluzione delle interferenze delle condotte a mare con le opere in progetto previste dal PFTE (fonte: Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena - Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica - Relazione tecnica generale, Maggio 2022).

Come è possibile apprezzare dalla Figura 1-1, per la condotta di scarico oggetto del presente documento il PFTE ha previsto di intercettare la condotta esistente a monte della esistente diga foranea e prolungarla oltre la diga di progetto (in conformità al parere espresso dalla Regione Liguria in Conferenza dei Servizi decisoria - parere n. 205995 dell'11 marzo 2022, prot. n. 33622/MITE del 16 marzo 2022), sostanzialmente senza deviare dall'orientamento attuale.

Il PFTE ha inoltre prospettato due differenti ipotesi di attraversamento della nuova diga foranea:

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

suggerendo la preferibilità della seconda alternativa rispetto alla prima, in quanto comporta minori carichi trasmessi alla condotta dalla nuova struttura ed è suscettibile di minori cedimenti del piano di fondazione delle tubazioni.

La seguente Figura 1-2 illustra le ipotesi di attraversamento delle nuova diga foranea previste dal PFTE.

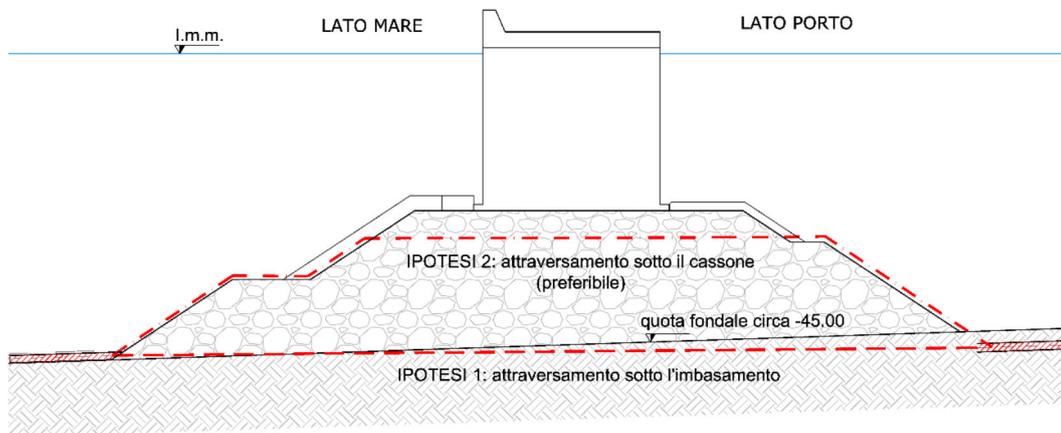


Figura 1-2: Condotta di scarico IRETI – ipotesi di risoluzione interferenza con la nuova diga foranea (fonte: Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena - Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica - Relazione tecnica generale, Maggio 2022).

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella redazione del progetto di risoluzione delle interferenze della nuova diga foranea con le condotte a mare sono state considerate le seguenti norme:

Lavori pubblici:

- D.Lgs 50 del 18.04.2016 e s.m.i. recante “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”;
- D.P.R. 207 del 5.10.2010 e s.m.i. recante “Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006 n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi, forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»”, per le parti ancora in vigore;
- D.M. 145 del 19.04. 2000 e s.m.i. “Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11/02/1994 n. 109 e successive modificazioni”.

Ambiente e paesaggio:

- D.Lgs 152 del 3.04.2006 e s.m.i. recante “Norme in materia ambientale”;
- D.M. 161 del 10.08.2012 recante “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo”;
- D.Lgs 42 del 22.01.2004 recante “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge n. 137 dd. 06.07.2002” e s.m.i.;
- Piano Regionale di Tutela delle Acque.

Strutture:

- D.M. 17.01.2018 recante “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”;

- Circolare Ministeriale 617 del 2.02.2009 recante “Istruzioni per l’applicazione delle nuove «Norme Tecniche per le Costruzioni» e s.m.i.;
- Legge 1086 del 5.11.1971 recante “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- L. 64 del 2.02.1974 recante “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

Tubazioni:

- Norma “*American Petroleum Institute (API) Specification for line pipe*” per tubazioni in pressione;
- Norma “*British Standard Specification for Carbon steel pipe flanges (over 24 inches nominal size) — For the petroleum industry (BS 3293:1960)*” per connessioni flangiate;
- Norma “*American Society of Mechanical Engineers (ASME) B16*” per connessioni flangiate.

Ogni altra norma anche se non citata interessante l’intervento oltre alle norme UNI e CEI di riferimento.

3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 Generalità

Come anticipato in premessa, 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 3-1 è illustrato l’andamento planimetrico delle tre condotte nello stato di fatto, in sovrapposizione alla planimetria delle opere in progetto per la nuova diga.

In particolare, l’interferenza dettata dalla presenza della tubazione di scarico IRETI e le caratteristiche della condotta e del relativo impianto di sollevamento sono descritte nel seguito del paragrafo.

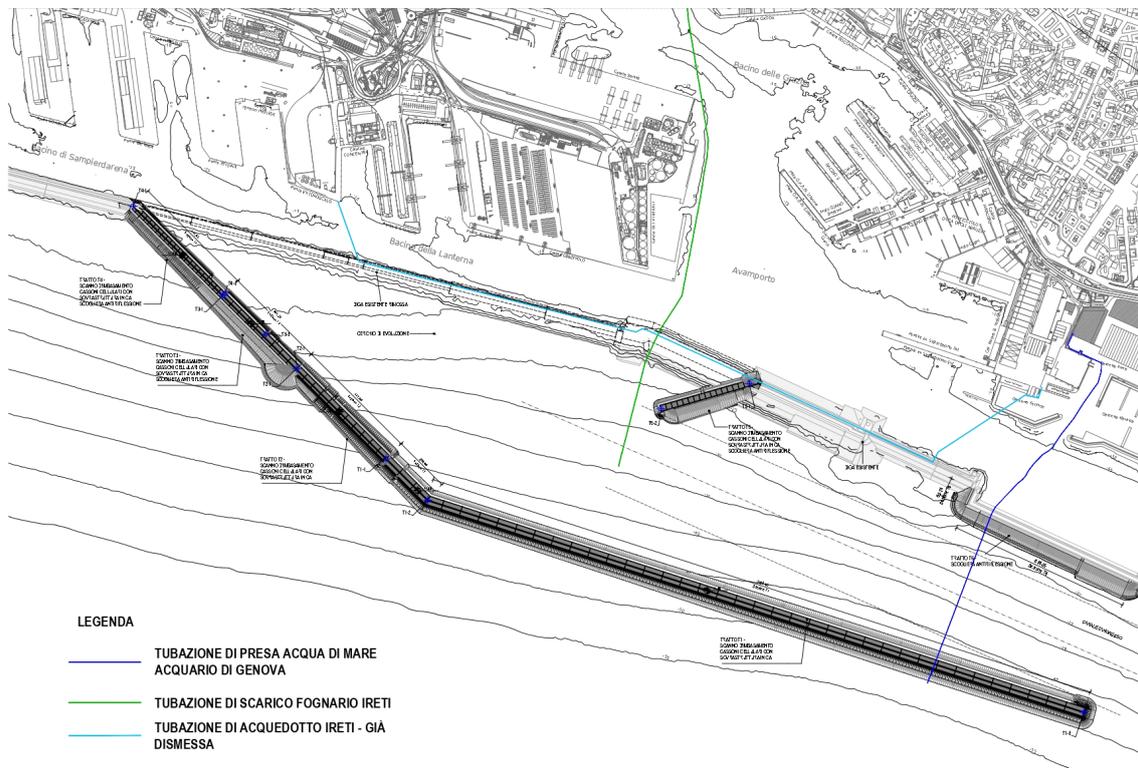


Figura 3-1: Planimetria delle interferenze delle condotte esistenti con le opere in progetto.

3.2 Caratteristiche dell'impianto di sollevamento e scarico

3.2.1 Generalità

Il depuratore di Darsena presenta, al termine del suo ciclo di trattamento, una vasca di sollevamento finale per lo scarico a mare del refluo.

La vasca di sollevamento finale, allo stato attuale è attrezzata con 4 pompe di rilancio ed ha fondo a quota -5.85 m s.l.m.. Da questa ha origine la condotta di scarico (DN 1000 mm) che convoglia i reflui trattati all'interno della condotta di scarico a mare (DN 1200 mm), oggetto del presente documento.

3.2.2 Portate scaricate a mare

Il bacino di utenza servito dall'impianto di Darsena risulta pari a circa 118'800 AE. Il carico insediativo complessivo, determinato allo scopo di tenere conto dei possibili incrementi futuri, risulta pari a circa 124'600 AE. Assumendo una dotazione idrica lorda pari a 250 l/ab/die, che rappresenta il valore medio riscontrato sul bacino di Genova, e un coefficiente di afflusso in fognatura pari a 0.8, si definisce una portata media oraria di tempo asciutto pari a 1.038 mc/h.

Nel rispetto della normativa regionale vigente la quantità da addurre a scarico previo trattamento biologico deve essere pari a tre volte la portata media oraria di tempo secco e quindi pari a 3.115 mc/h.

A fronte di quanto sopra, i dati di esercizio indicano che la portata media oraria in ingresso all'impianto risulta pari a circa 2.300 mc/h, con portata massima inviata al trattamento biologico pari a 3.500 mc/h, e che la portata massima convogliabile all'impianto risulta pari a 5.400 mc/h.

Per quanto sopra esposto, l'esistente condotta di scarico a mare dell'impianto è dimensionata con riferimento alla portata massima convogliabile all'impianto indipendentemente da quanto debba essere trattato biologicamente. La portata non inviata a trattamento biologico viene comunque pretrattata in testa all'impianto ed inviata in seguito alla stazione di sollevamento finale.

A titolo cautelativo, per tenere conto di incrementi di portata oggi non prevedibili, tale valore è incrementato del 20%. Le verifiche e i dimensionamenti della esistente condotta di scarico a mare sono stati pertanto effettuati per un valore di portata pari a 6.480 mc/h (1.800 l/s).

3.2.3 Layout impiantistico

La vasca di sollevamento finale è equipaggiata con 4 elettropompe, ciascuna con punto di funzionamento di portata $Q \approx 600$ l/s e prevalenza $H \approx 17$ m.

Le condotte, in uscita dalle pompe sono collegate con i 4 tratti di condotta DN 350 mm, innestate alla condotta DN 1000 mm esistente che a sua volta è collegata con la condotta di scarico a mare di diametro pari a 1200 mm. La logica di funzionamento del sollevamento finale è indipendente dalla logica dell'impianto. Il funzionamento del gruppo dipende dal livello in vasca mediante sensore piezocapacitivo e tutte le elettropompe sono munite di inverter.

La logica di funzionamento prevede che al raggiungimento del 100 % della prima pompa in funzione, all'aumentare del livello, entri in funzione anche la seconda pompa.

Analoga situazione avviene per la terza pompa, sino al raggiungimento della massima portata smaltibile. La quarta pompa costituisce riserva alle altre 3 pompe. Lo spegnimento delle elettropompe, in fase di diminuzione del livello, è sequenziale.

Nella seguente figura è illustrato il layout impiantistico.

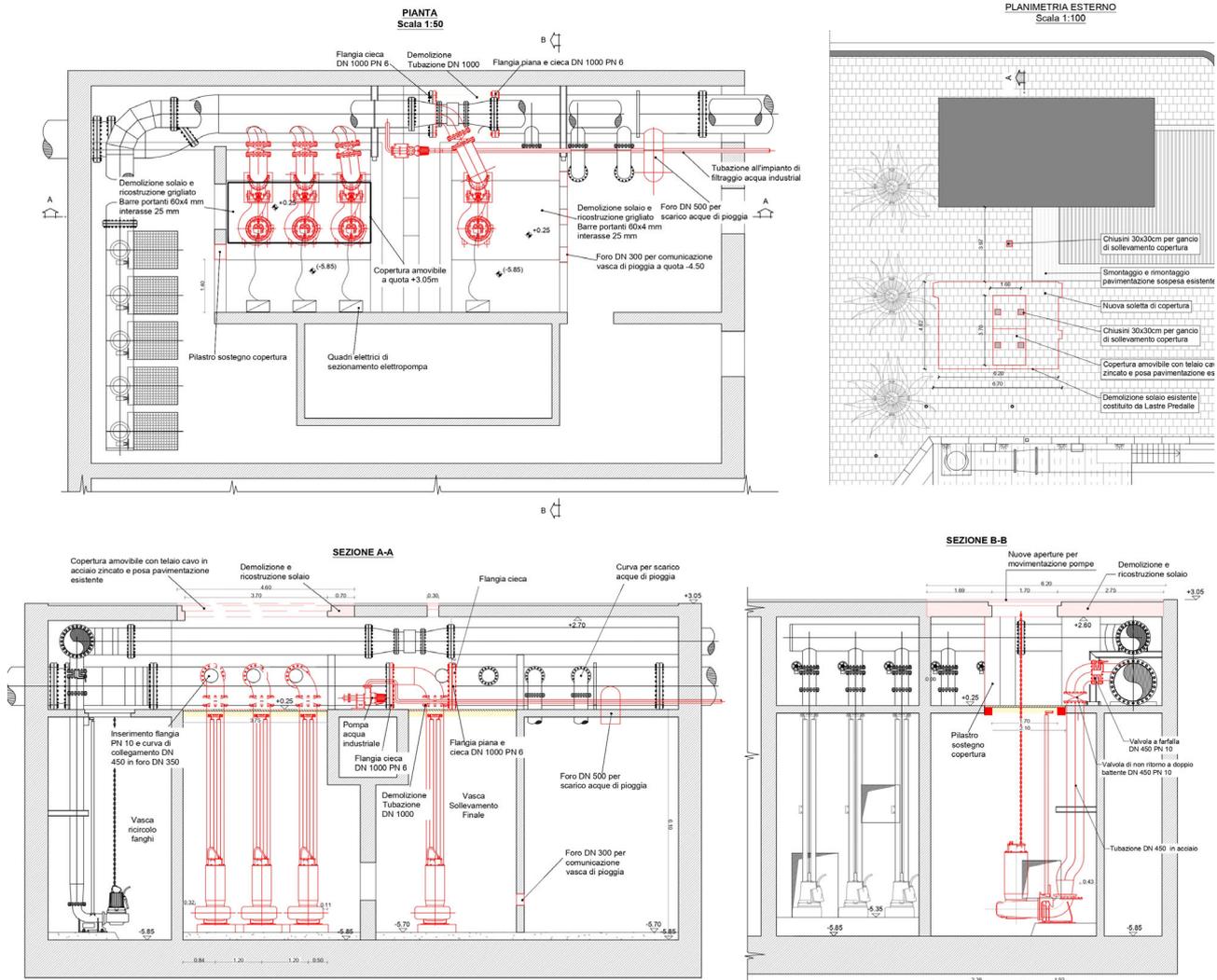


Figura 3-2: Layout dell'impianto di sollevamento finale (Fonte: Depuratore Darsena, impianto di sollevamento finale e opere migliorative – Progetto esecutivo – Relazione idraulica; IRETI, Giugno 2012).

3.2.4 Caratteristiche delle elettropompe

Come anticipato, all'interno dell'impianto sono presenti 4 elettropompe sommergibili per acque cariche, installate in parallelo con funzionamento contemporaneo massimo di 3 pompe e 1 di riserva.

Le elettropompe, munite di inverter, hanno un funzionamento dipendente dal livello e un campo di variabilità di portata compreso tra 200 l/s e 1800 l/s.

Nel sottostante grafico, oltre alla curva caratteristica dell'impianto, a titolo esemplificativo, sono riportate le curve di 1 pompa al 40 %, di 1 pompa al 60 %, di una pompa al 100 %, di 2 pompe al 100% e di 3 pompe al 100%.

La combinazione di 3 pompe munite di inverter permette un campo di variabilità di funzionamento completo tra i 240 l/s (portata di 1 pompa con funzionamento al 40 %) e 1800 l/s (portata di 3 pompa con funzionamento al 100 %).

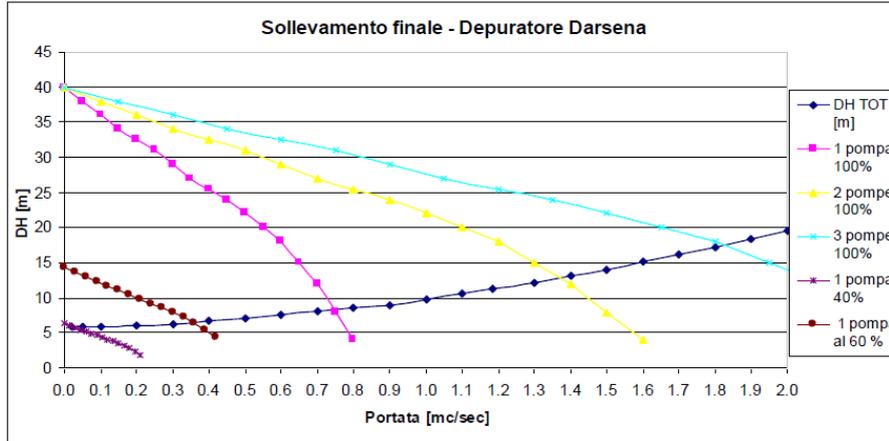


Figura 3-3: Curve caratteristiche delle elettropompe installate in impianto al variare del numero di pompe in funzione (Fonte: Depuratore Darsena, impianto di sollevamento finale e opere migliorative – Progetto esecutivo – Relazione idraulica; IRETI, Giugno 2012).

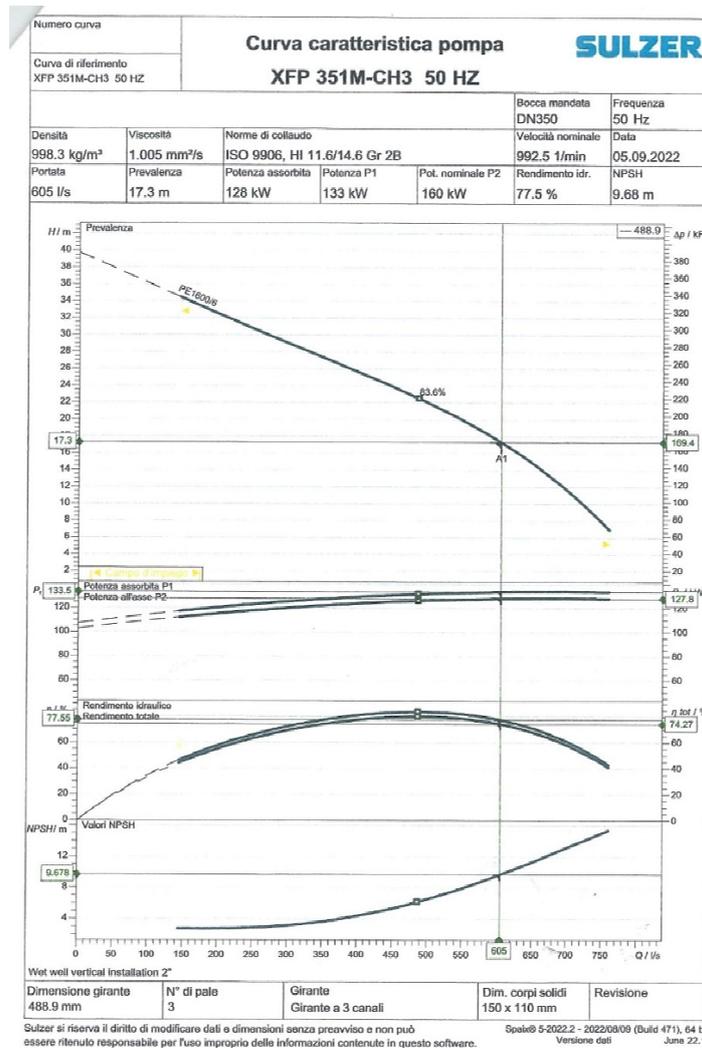


Figura 3-4: Curva caratteristica delle elettropompe installate in impianto (Fonte IRETI).

3.3 Caratteristiche della condotta sottomarina

3.3.1 Generalità

L'impianto di trattamento di acque di scarico di Genova – Darsena è dotato di condotta di scarico a mare DN 1200 mm di lunghezza complessiva pari a circa 2.750 m così suddivisi: 2.250 m all'interno del porto di Genova tra calata Darsena e la diga Foranea, 50 m di attraversamento della diga foranea e 450 m a mare oltre la diga foranea, di cui gli ultimi 150 m costituiti dal diffusore terminale. La condotta in esame ha funzione sia di scarico principale sia di scarico di emergenza.

3.3.2 Tracciato plano-altimetrico

La condotta sottomarina di scarico origina dall'impianto di sollevamento finale del depuratore di Darsena.

La tubazione è costituita tipicamente da stringhe da 48 m circa realizzate saldando 4 tubazioni DN 1200 mm in acciaio da 12 m con flange alle estremità.

Nel tratto a mare la condotta, dopo essere uscita dalla Darsena Comunale, costeggia ponte Parodi, raggiunge la calata di Molo Vecchio, dalla testata di Molo vecchio passando di fianco al Bacino di Evoluzione, si porta in prossimità di calata Olii Minerali parallelamente alla quale si sviluppa fino a raggiungere ed attraversare il canale portuale a ridosso della diga foranea.

La condotta risale quindi 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 3-7). Il tratto di interferenza con la diga esistente è stato realizzato con stringhe più corte di 48 m per seguire più agevolmente il profilo dell'opera.

La diga foranea esistente viene attraversata circa in corrispondenza della quota zero sul livello del mare.

All'uscita della protezione in scogli, la condotta è posata sul fondale fino alla batimetrica -30 m, da cui ha inizio il diffusore terminale di scarico. Questo 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 batimetrica -34.50 m.



Figura 3-5: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare allo stato di fatto.

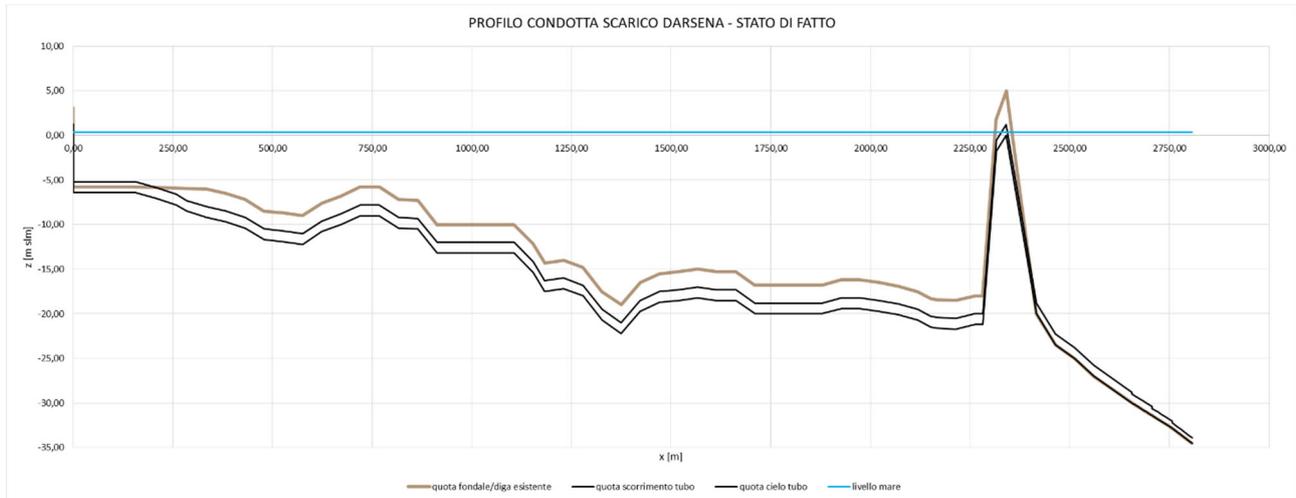


Figura 3-6: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di fatto.

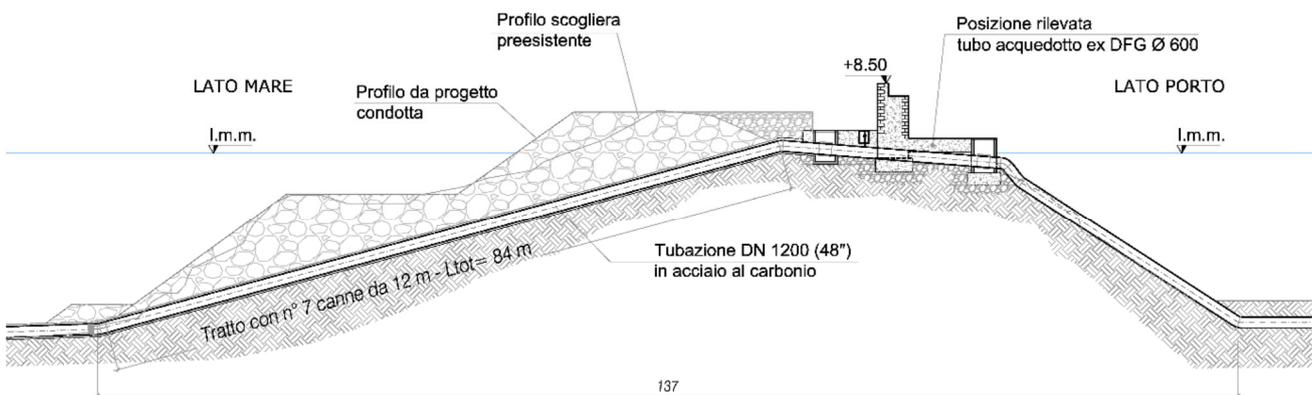


Figura 3-7: Attraversamento diga foranea esistente (Fonte IRETI).

3.3.3 Caratteristiche dimensionali e materiali

La condotta è costituita da tubazioni in acciaio, DN1200 mm, di spessore pari a 20 mm, dotate di un rivestimento interno in primer bituminoso ed un rivestimento esterno bituminoso pesante. Essa è inoltre dotata di un rivestimento in cls di spessore pari a 10 cm, armato con rete metallica, che svolge il duplice ruolo di presidio del rivestimento esterno bituminoso e di conferire un maggiore peso proprio alla condotta, garantendone una maggiore stabilità.

Il diffusore è costituito da tubazioni in acciaio di diametro progressivamente variabile DN1000 mm – DN 800 mm – DN 600 mm dotate di un rivestimento interno in primer bituminoso ed un rivestimento esterno bituminoso pesante. Sulle tubazioni costituenti il diffusore sono presenti 18 coppie di fori DN 100 mm. Al termine del diffusore è presente un foro terminale ricavato dal taglio della flangia DN 600 mm di chiusura.

La condotta è protetta contro la corrosione elettrochimica anche mediante l'applicazione di anodi sacrificali in lega di zinco.

Nel tratto a mare all'interno del porto, la condotta è interrata sul fondo marino garantendo un ricoprimento di 2 m rispetto alle quote del fondale. Nel tratto esterno alla diga foranea la tubazione è posata sul fondale marino esistente.

Di seguito si riportano alcuni dettagli della condotta e del diffusore terminale.

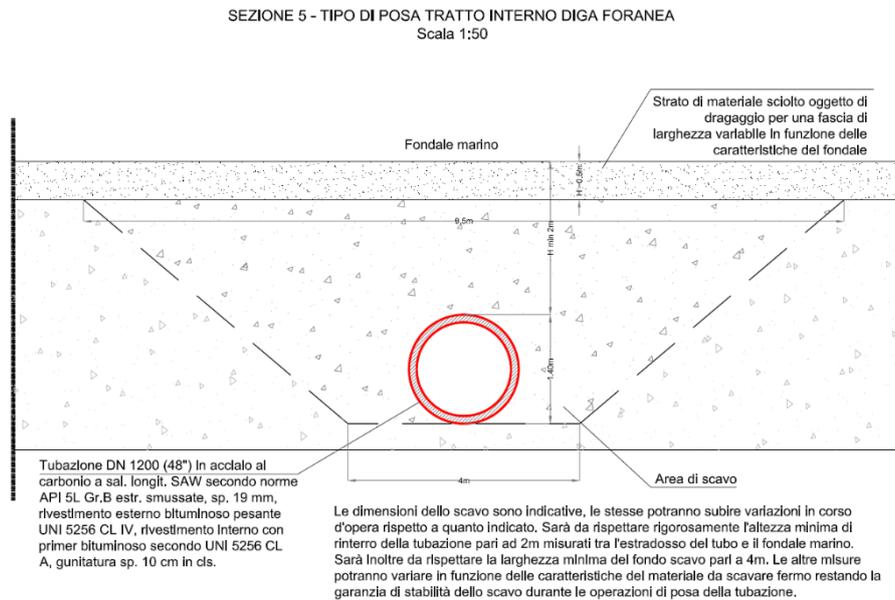


Figura 3-8: Sezione tipo di posa condotta esistente nel tratto interno diga foranea esistente (Fonte IRETI).

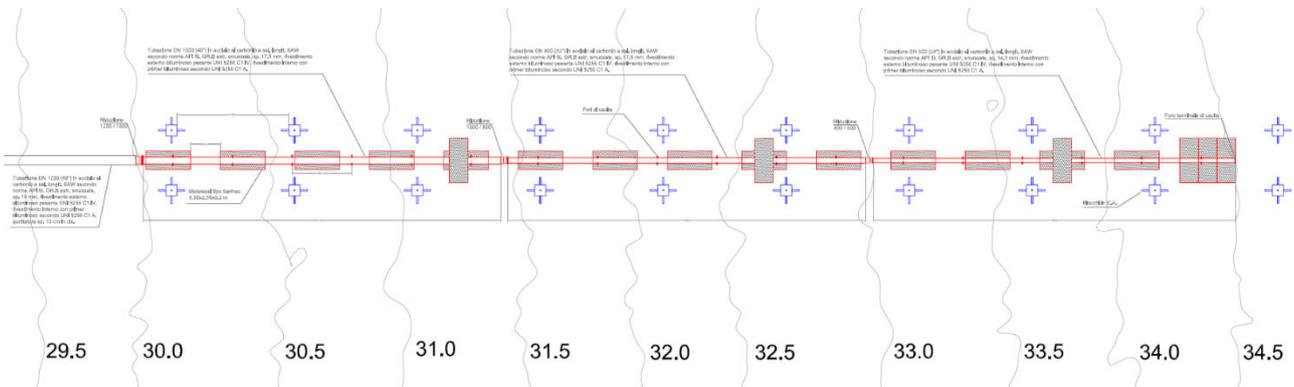


Figura 3-9: Planimetria diffusore di scarico esistente (Fonte IRETI).

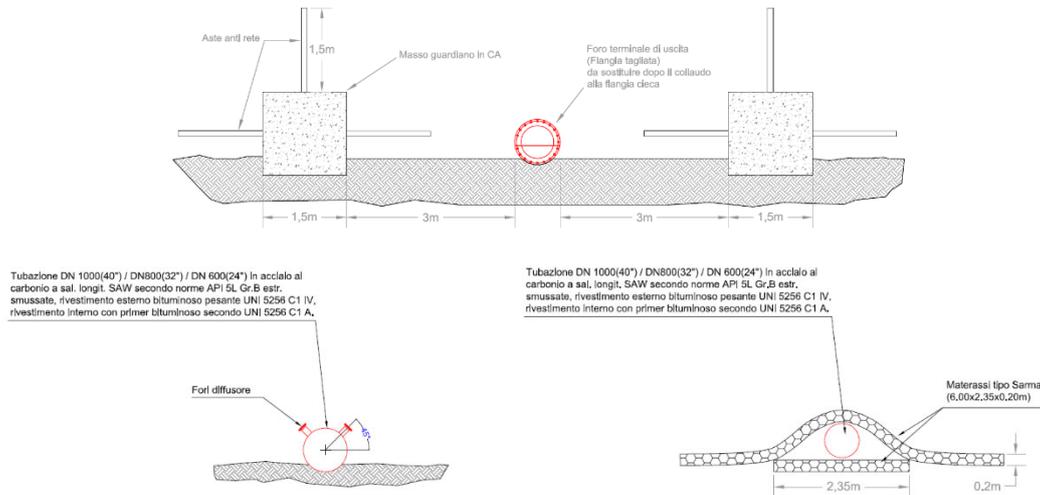


Figura 3-10: Particolari diffusore di scarico esistente (Fonte IRETI).

3.4 Caratteristiche delle acque di scarico

L'impianto di depurazione denominato "Genova Darsena sito in via Megollo Lercari – Comune di Genova" ha ottenuto, con Atto N. 1431/2021 del 30/06/2021, autorizzazione unica ambientale ai sensi del D.P.R.59/2013.

La suddetta autorizzazione unica ambientale autorizza lo scarico di acque reflue urbane derivante dall'impianto di depurazione con recapito in in acque superficiali marine – Mar Ligure nel punto di coordinate Gauss Boaga Longitudine E.1493263 e Latitudine N.4915459 nel rispetto dei limiti di Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. 152/06 in abbattimento percentuale, e dei limiti di Colonna I della Tabella 3 del medesimo allegato per tutti i parametri tabellari.

Si riportano di seguito le tabelle di cui sopra con i relativi limiti allo scarico.

Tabella 3-1: Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. 152/06. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.

Potenzialità impianto in A.E. (abitanti equivalenti)	2.000 – 10.000		>10.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Parametri (media giornaliera) (1)				
BOD5 (senza nitrificazione) mg/L (2)	≤ 25	70-90 (5)	≤ 25	80
COD mg/L (3)	≤ 125	75	≤ 125	75
Solidi Sospesi mg/L (4)	≤ 35 (5)	90 (5)	≤ 35	90

Tabella 3-2: Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. 152/06. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.

Numero parametro	SOSTANZE	unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in pubblica fognatura (*)
1	pH	-	5,5-9,5	5,5-9,5
2	Temperatura	°C	(1)	(1)

3	colore	-	non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore	-	non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani	-	assenti	assenti
6	Solidi sospesi totali (2)	mg/L	≤ 80	≤ 200
7	BOD5 (come O2) (2)	mg/L	≤ 40	≤ 250
8	COD (come O2) (2)	mg/L	≤ 160	≤ 500
9	Alluminio	mg/L	≤ 1	≤ 2,0
10	Arsenico	mg/L	≤ 0,5	≤ 0,5
11	Bario	mg/L	≤ 20	-
12	Boro	mg/L	≤ 2	≤ 4
13	Cadmio	mg/L	≤ 0,02	≤ 0,02
14	Cromo totale	mg/L	≤ 2	≤ 4
15	Cromo VI	mg/L	≤ 0,2	≤ 0,20
16	Ferro	mg/L	≤ 2	≤ 4
17	Manganese	mg/L	≤ 2	≤ 4
18	Mercurio	mg/L	≤ 0,005	≤ 0,005
19	Nichel	mg/L	≤ 2	≤ 4
20	Piombo	mg/L	≤ 0,2	≤ 0,3
21	Rame	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,4
22	Selenio	mg/L	≤ 0,03	≤ 0,03
23	Stagno	mg/L	≤ 10	-
24	Zinco	mg/L	≤ 0,5	≤ 1,0
25	Cianuri totali (come CN)	mg/L	≤ 0,5	≤ 1,0
26	Cloro attivo libero	mg/L	≤ 0,2	≤ 0,3
27	Solfuri (come S)	mg/L	≤ 1	≤ 2
28	Solfiti (come SO2)	mg/L	≤ 1	≤ 2
29	Solfati (come SO3) (3)	mg/L	≤ 1000	≤ 1000
30	Cloruri (3)	mg/L	≤ 1200	≤ 1200
31	Fluoruri	mg/L	≤ 6	≤ 12
32	Fosforo totale (come P) (2)	mg/L	≤ 10	≤ 10
33	Azoto ammoniacale (come NH4) (2)	mg /L	≤ 15	≤ 30
34	Azoto nitroso (come N) (2)	mg/L	≤ 0,6	≤ 0,6
35	Azoto nitrico (come N) (2)	mg /L	≤ 20	≤ 30
36	Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	≤ 20	≤ 40
37	Idrocarburi totali	mg/L	≤ 5	≤ 10
38	Fenoli	mg/L	≤ 0,5	≤ 1
39	Aldeidi	mg/L	≤ 1	≤ 2
40	Solventi organici aromatici	mg/L	≤ 0,2	≤ 0,4
41	Solventi organici azotati (4)	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,2
42	Tensioattivi totali	mg/L	≤ 2	≤ 4
43	Pesticidi fosforati	mg/L	≤ 0,10	≤ 0,10
44	Pesticidi totali (esclusi i fosforati) (5)	mg/L	≤ 0,05	≤ 0,05
	tra cui:			
45	- aldrin	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,01

46	- dieldrin	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,01
47	- endrin	mg/L	≤ 0,002	≤ 0,002
48	- isodrin	mg/L	≤ 0,002	≤ 0,002
49	Solventi clorurati (5)	mg/L	≤ 1	≤ 2
50	Escherichia coli (6)	UFC/100mL	Nota	
51	Saggio di tossicità acuta (7)		Il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 50% del totale	il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 80% del totale
1	pH	-	5,5-9,5	5,5-9,5
2	Temperatura	°C	(1)	(1)
3	colore	-	non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore	-	non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani	-	assenti	assenti
6	Solidi sospesi totali (2)	mg/L	≤ 80	≤ 200
7	BOD5 (come O2) (2)	mg/L	≤ 40	≤ 250
8	COD (come O2) (2)	mg/L	≤ 160	≤ 500
9	Alluminio	mg/L	≤ 1	≤ 2,0
10	Arsenico	mg/L	≤ 0,5	≤ 0,5
11	Bario	mg/L	≤ 20	-
12	Boro	mg/L	≤ 2	≤ 4
13	Cadmio	mg/L	≤ 0,02	≤ 0,02
14	Cromo totale	mg/L	≤ 2	≤ 4
15	Cromo VI	mg/L	≤ 0,2	≤ 0,20
16	Ferro	mg/L	≤ 2	≤ 4



4 DIMENSIONAMENTO DELLA NUOVA CONDOTTA DI SCARICO

In conformità con quanto indicato dal PFTE e prescritto dalla Conferenza dei Servizi, per la risoluzione dell'interferenza tra la condotta di scarico a mare e la nuova diga foranea si prevede di intercettare la condotta esistente a monte della esistente diga foranea e prolungarla oltre la diga di progetto.

Ai fini del dimensionamento della nuova condotta di scarico a mare è stato necessario, innanzi tutto, stabilire l'entità delle portate in gioco e definire con precisione l'ubicazione del nuovo punto di scarico.

Nell'esecuzione dei dimensionamenti idraulici, si è proceduto per prima cosa a ricostruire il funzionamento della condotta nello stato attuale in termini di regimi di portate e pressioni. Successivamente è stato verificato il funzionamento del sistema nello stato di progetto.

4.1 Ipotesi di lavoro

4.1.1 Portate di riferimento e condizioni al contorno

Riprendendo quanto illustrato al paragrafo 3.2.2, le portate di riferimento per i dimensionamenti idraulici sono illustrate nella seguente tabella.

Tabella 4-1: Portate assunte per i dimensionamenti idraulici

Scenario	Portata (mc/ora)	Portata (l/s)
Portata media oraria di tempo asciutto	1038	290
Portata media giornaliera in ingresso all'impianto	2300	640
Tre volte la portata media oraria di tempo asciutto	3114	865
Portata massima convogliabile all'impianto	5400	1500
Portata di progetto della condotta di scarico (120% della portata massima convogliabile in impianto)	6480	1800

La condizione al contorno assunta relativamente al mare è di alta marea, con livello pari a +0.35 m s.m.m..

4.1.2 Valutazioni sull'ubicazione del nuovo punto di scarico

In occasione della stesura del presente progetto esecutivo è stata studiata l'ubicazione del nuovo punto di scarico con l'obiettivo di allontanarlo dal punto di presa d'acqua marina dell'impianto di captazione a servizio dell'Acquario di Genova. A tal proposito, in occasione degli incontri tenuti tra gli scriventi e il gestore IRETI, si è stabilito di deviare il tracciato di progetto verso ponente rispetto a quanto previsto dal PFTE.

Nella definizione del nuovo punto di scarico si è tenuto conto dei possibili effetti di quest'ultimo sulla nuova presa d'acqua marina dell'Acquario di Genova. A tale scopo è stato realizzato uno studio per simulare il trasporto degli inquinanti, il quale ha permesso di confermare le ubicazioni definitive del nuovo scarico del depuratore e del nuovo punto di presa.

Di seguito si riportano alcuni estratti dello studio di cui sopra e i principali risultati dello stesso, rimandando per maggiori dettagli all'elaborato P3062_E-IN-G-0003_00, allegato al presente progetto esecutivo.

Tra gli obiettivi dello studio vi è la verifica la sussistenza di eventuali criticità in termini di possibile influenza, in misura non trascurabile, dello scarico della nuova condotta di depurazione IRETI e dello scarico della attuale condotta a mare del depuratore di Punta Vagno, posto più a levante.

Per verificare l'eventuale influenza degli scarichi di depurazione di cui sopra in corrispondenza dell'opera di presa dell'Acquario, è stato predisposto un modello del tipo "avvezione-dispersione", dinamicamente accoppiato ad un modello idrodinamico, simulando il rilascio di un tracciante con lo scopo di quantificare la percentuale di diluizione dell'effluente scaricato ad una certa distanza dagli scarichi, ed in particolare in corrispondenza del punto di presa dell'Acquario.

Per entrambe le condotte la portata scaricata è stata considerata costante per l'intera durata della simulazione. Per il nuovo scarico IRETI sono state considerate due diverse portate di scarico:

- portata scaricata in condizioni ordinarie: 3114 m³/h (865 l/s);
- portata massima della condotta di scarico: 6480 m³/h (1800 l/s);

mentre per lo scarico di Punta Vagno si fa riferimento ad una sola portata che è stata assunta, cautelativamente, pari a quella massima di progetto trattata al biologico in tempo di pioggia, stimata pari a circa 2500 m³/h (695 l/s).

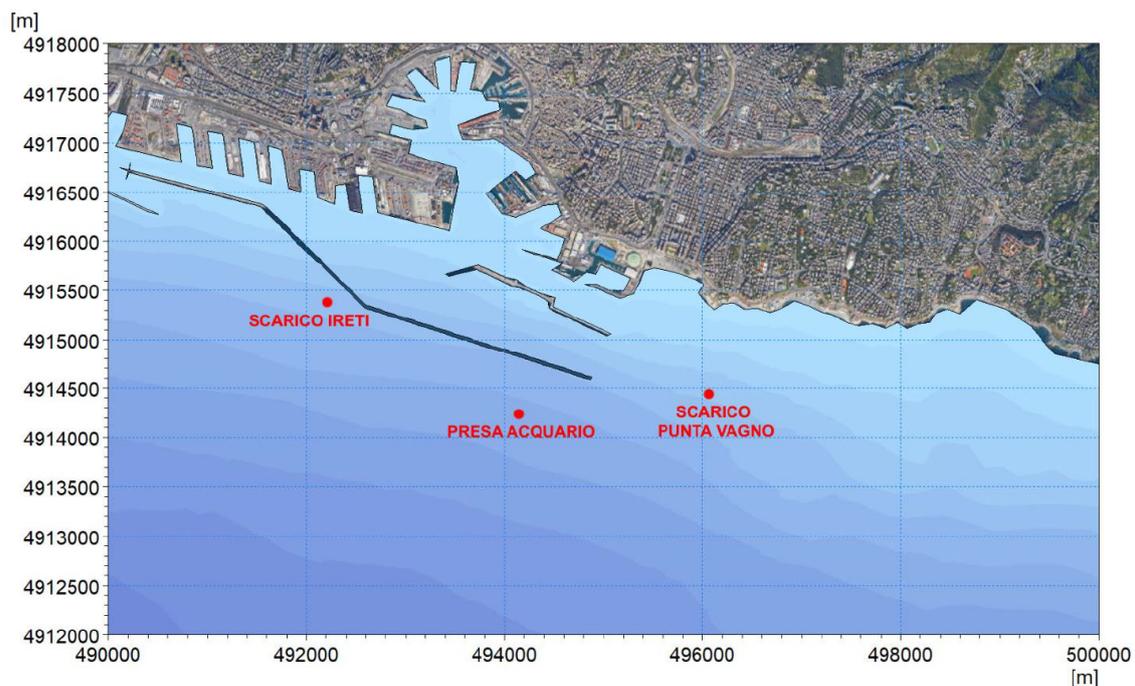


Figura 4-1: Individuazione dei punti di scarico della nuova condotta IRETI e del depuratore di Punta Vagno e dell'opera di presa dell'Acquario di Genova.

Il modello di dispersione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI proveniente dal porto e dallo scarico del depuratore di Punta Vagno ha permesso di calcolare, per ogni scenario idrodinamico, una mappa tempo-variante della percentuale di diluizione in tutto il dominio di calcolo e per ognuno dei livelli in cui è stata discretizzata la colonna d'acqua. I risultati sono stati opportunamente elaborati al fine di ottenere le mappe relative al 98-esimo percentile di diluizione, che indica, in ogni punto del dominio di calcolo, la percentuale di diluizione superata per il 98% del tempo nell'arco della finestra temporale presa a riferimento (30 giorni).

Le mappe dei risultati mettono in evidenza che durante il periodo invernale la variazione lungo la colonna d'acqua della concentrazione dell'effluente e, quindi, della percentuale di diluizione è piuttosto modesta: il pennacchio è ristretto al fondo e più esteso in superficie, ma negli strati superficiali la diluizione risulta maggiore rispetto agli strati più profondi. Al fondo la diluizione è minore sia perché lo scarico è localizzato sul fondo, sia perché le velocità di corrente sono minori e quindi il processo di avvezione sono più contenuti.

In estate il pennacchio, se si fa riferimento ad una percentuale di diluizione del 99.5% è molto più esteso al fondo e fino a metà colonna, rispetto agli strati più superficiali: in superficie la percentuale di diluizione risulta sempre superiore al 99.5%. Anche in questo caso le percentuali di diluizione più basse si riscontrano al fondo, nell'intorno dello scarico. La differente distribuzione della percentuale di diluizione lungo la verticale per il periodo invernale rispetto a quello estivo è dovuta prevalentemente alla diversa stratificazione: come già evidenziato, una forte stratificazione della colonna d'acqua, tipica della stagione estiva, comporta una tendenza al confinamento dell'effluente negli strati più profondi; questo effetto viene meno quando la colonna d'acqua è completamente rimescolata, come accade nella stagione invernale.

Gli andamenti descritti sono analoghi per le tre condizioni di scarico considerate; lo scenario che genera il pennacchio di effluente più esteso è quello relativo al nuovo scarico IRETI, per le condizioni di portata massima.

Confrontando i risultati ottenuti nel layout finale A e finale B della diga si osserva che, a causa di un differente campo idrodinamico locale, la forma e l'estensione del pennacchio di diluizione sono diversi nelle due configurazioni, ma l'andamento sopra descritto, in termini di distribuzione verticale del pennacchio di diluizione è analogo.

Le mappe mostrano che in tutti gli scenari studiati e per tutti i livelli verticali, la percentuale di diluizione in corrispondenza della presa dell'acquario è molto elevata, sempre superiore al 99.5%. Per meglio valutare le condizioni di concentrazione del tracciante (rappresentativo dell'effluente scaricato) in corrispondenza dell'opera di presa, sono state estratte le percentuali di diluizione raggiunte in corrispondenza della coordinata del punto di presa dell'acquario durante tutto il periodo di simulazione, in tutti gli scenari studiati, e a tre diversi livelli: al fondo, in superficie e a metà colonna. Questa analisi ha messo in evidenza che in generale la percentuale di diluizione riscontrata è molto elevata, sempre superiore al 99.6%. La diluizione dell'effluente è lievemente inferiore in superficie, mentre al fondo e a metà colonna le percentuali di diluizione sono pressoché sempre superiori al 99.95%. In superficie, in inverno le percentuali di diluizione sono in generale un poco più ridotte rispetto al mese estivo, a causa dell'assenza dell'effetto di confinamento e delle maggiori velocità di corrente. In ogni caso si verificano valori minimi di diluizione di circa 99.60% e di 99.80%, nel caso di portata rispettivamente massima e ordinaria dallo scarico IRETI, e di circa 99.70% per lo scarico del depuratore di Punta Vagno.

Si riportano di seguito alcune immagini estratte dallo studio in esame che mostrano la percentuale di diluizione dell'effluente, relative al layout finale A e al nuovo scarico del depuratore Darsena di IRETI con funzionamento a portata massima (1800 l/s), differenziate per scenario invernale e scenario estivo. Per la rappresentazione grafica dei risultati completi si rimanda all'elaborato P3062_E-IN-G-0003_00, allegato al presente progetto esecutivo.

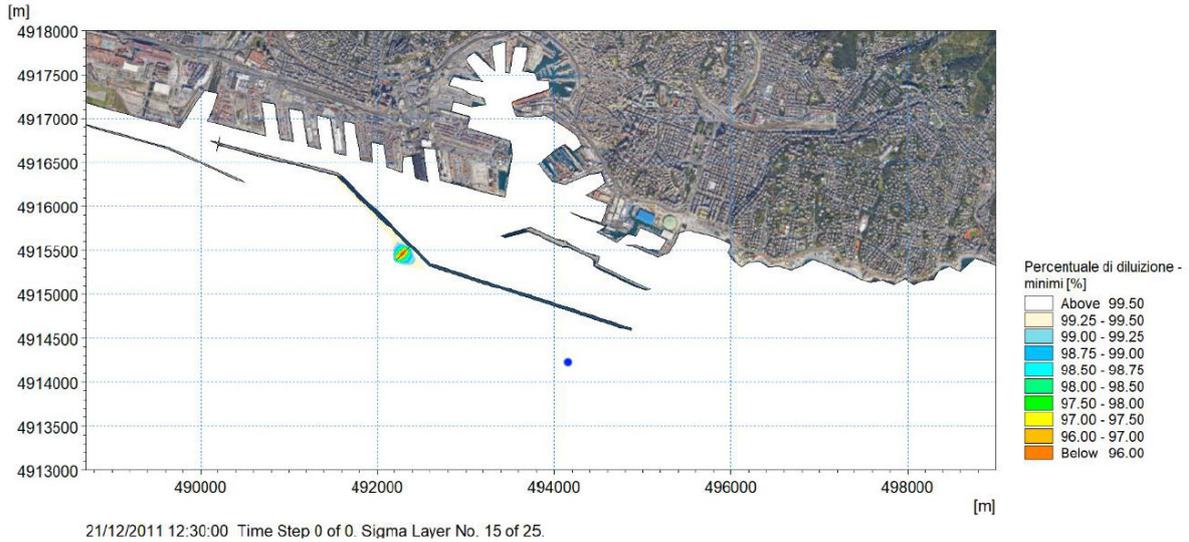


Figura 4-2: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) al fondo nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

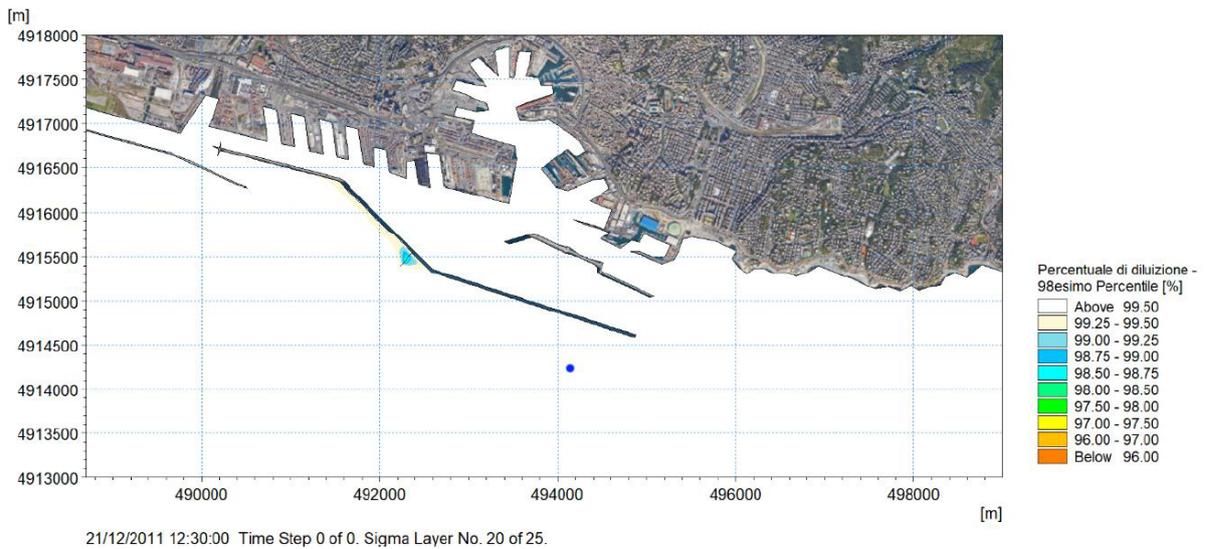


Figura 4-3: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) a metà colonna nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

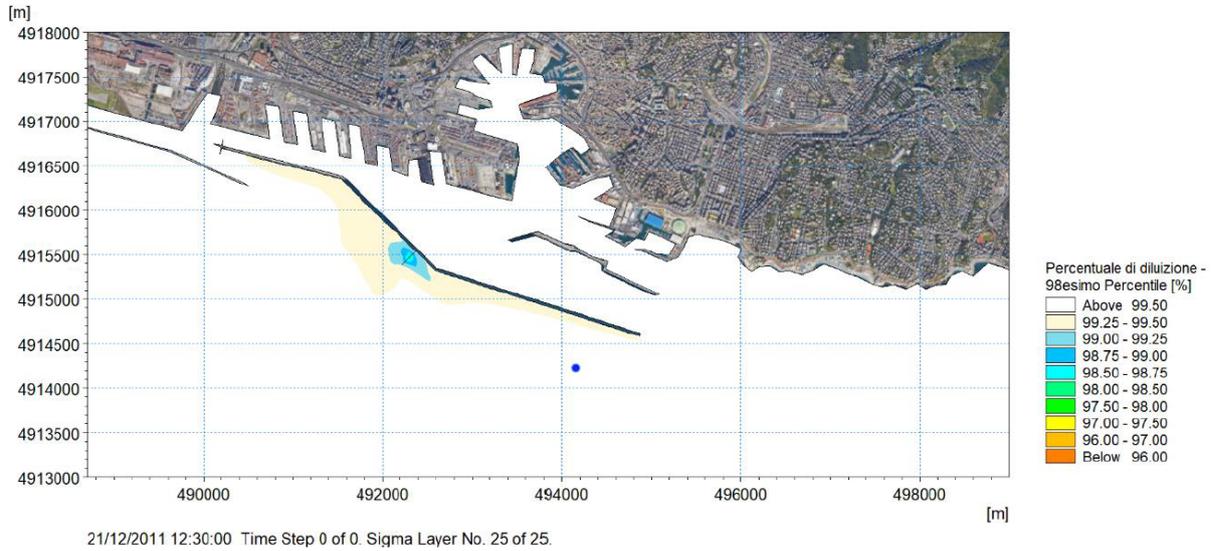


Figura 4-4: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) in superficie nello scenario idrodinamico invernale e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

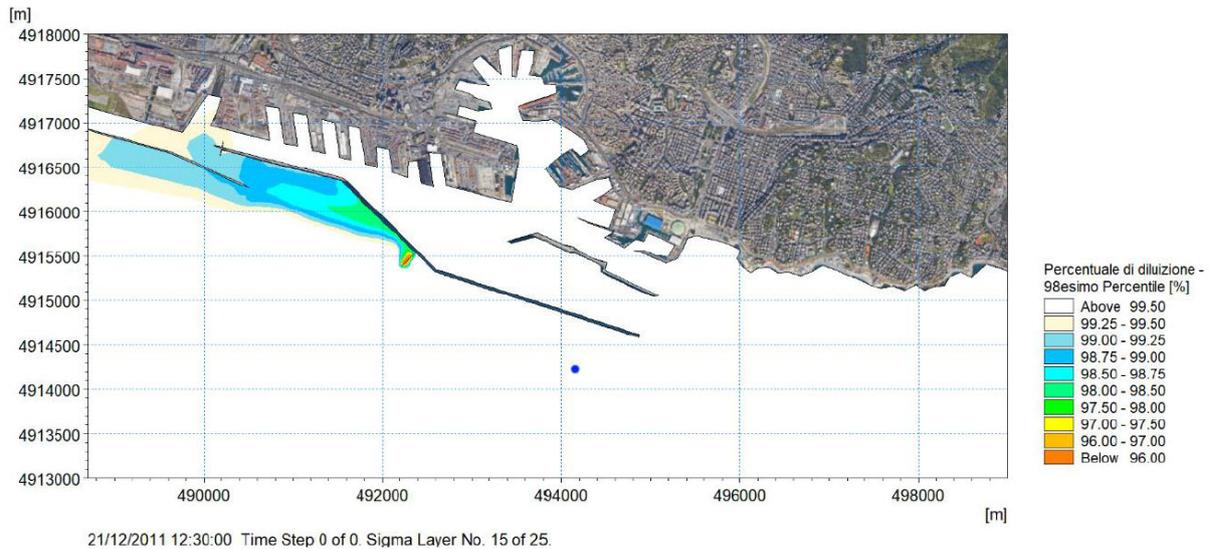


Figura 4-5: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) al fondo nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

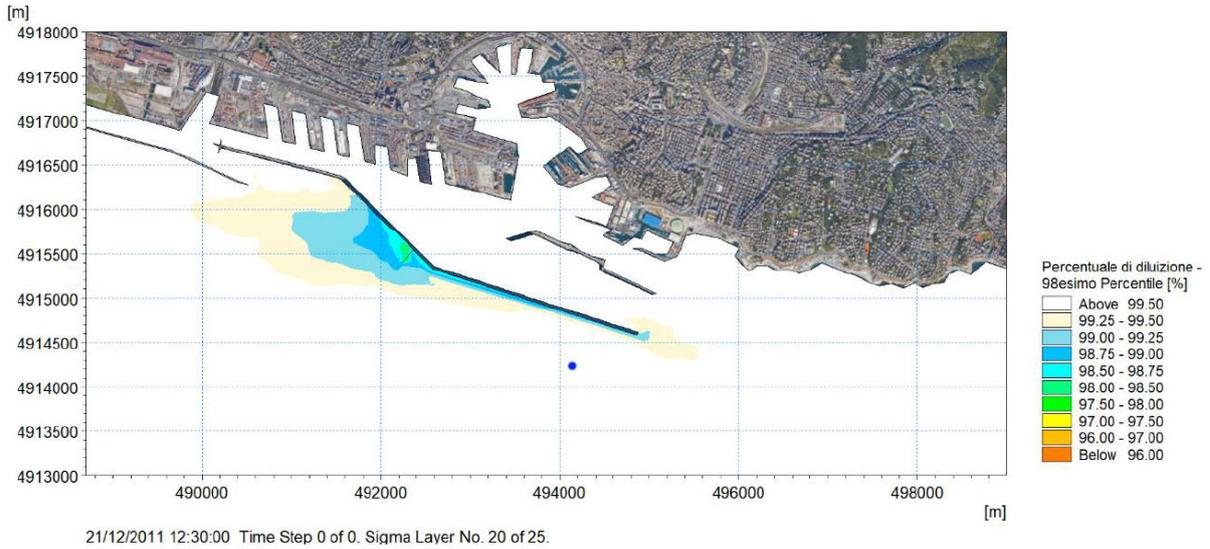


Figura 4-6: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) a metà colonna nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

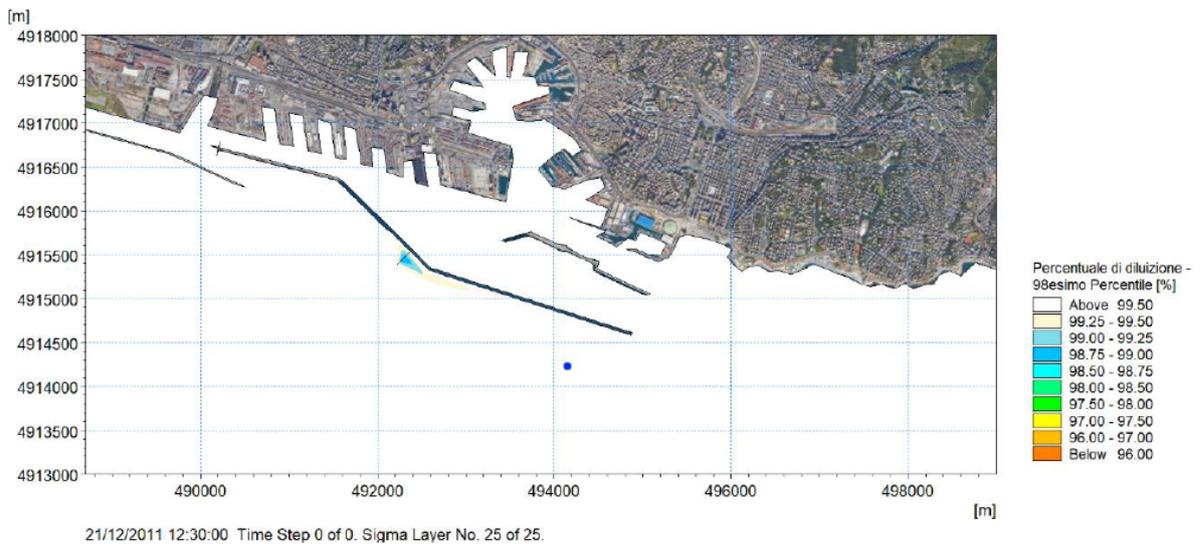


Figura 4-7: Mappa del 98esimo percentile di diluizione dell'effluente in uscita dal nuovo scarico IRETI (linea nera) in superficie nello scenario idrodinamico estivo e portata scaricata massima, nel layout finale A. Il punto blu indica l'opera di presa dell'Acquario di Genova

In riferimento all'opera di presa a mare dell'Acquario, lo studio ha permesso di verificare la sussistenza di eventuali criticità in termini di potenziale influenza, in misura non trascurabile, dello scarico della nuova condotta di depurazione IRETI (prevista in nuova configurazione terminale al largo della nuova diga) e dello scarico della attuale condotta a mare del depuratore di Punta Vagno, posto più a Levante.

I risultati del modello di dispersione dell'effluente hanno evidenziato l'elevatissimo rapporto di diluizione che in tutte le condizioni meteomarine e stagionali si riscontra in corrispondenza dell'opera di presa dell'Acquario. In particolare, la diluizione si mantiene pressoché sempre su valori superiori al 99.7%.

Alle considerazioni sopra riportate è seguita la definizione del nuovo punto di scarico e, di conseguenza, il nuovo tracciato progettuale, di cui si riporta di seguito una illustrazione schematica (Figura 4-8).

Il nuovo punto terminale del diffusore di scarico ha le seguenti coordinate:

- N=4915407
- E=1492247
- Z=-45 m s.m.m.

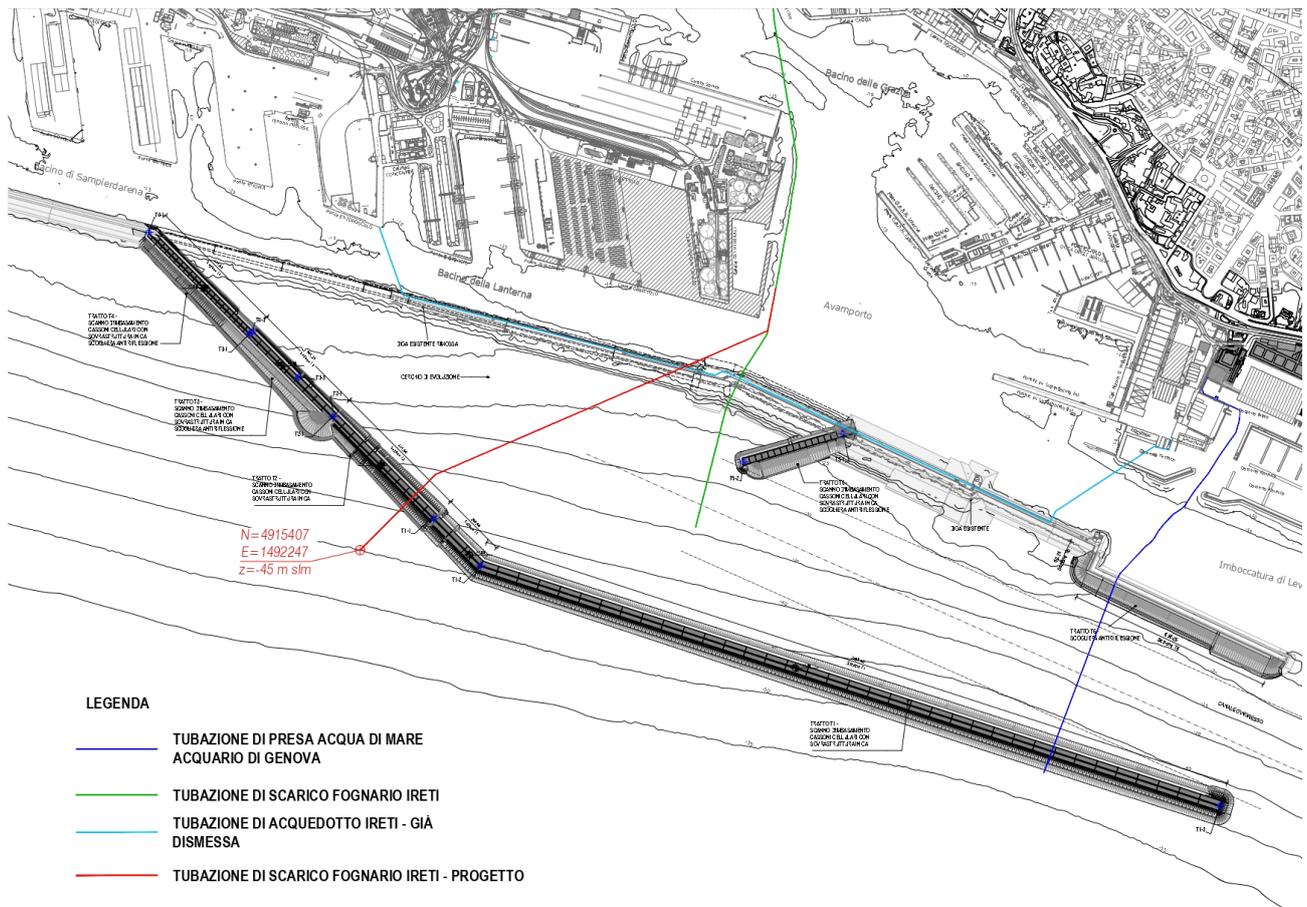


Figura 4-8: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare di progetto.

4.2 Verifiche e dimensionamenti idraulici

Innanzitutto è stato ricostruito il funzionamento dell'attuale sistema di scarico, pervenendo a risultati del tutto in linea con quanto indicato nelle seguenti fornite da IRETI:

- Relazione idraulica allegata al progetto esecutivo del "Depuratore Darsena – Impianto di sollevamento finale e opere migliorative" (cod. prog. P070-11);
- Relazione tecnica allegata al progetto esecutivo del "Depuratore Darsena – Condotta di scarico a mare – Lotto 2014-15" (cod. doc. P/ATO/5788/13).

Successivamente è stato verificato il funzionamento del sistema allo stato di progetto.

Per la verifica del funzionamento allo stato di fatto sono stati considerati i seguenti dati:

CONDIZIONI AL CONTORNO:

- Massimo livello di marea: +0,35 m slm;

IMPIANTO:

- Portata massima smaltita: 1800 l/s;
- Numero di pompe in funzione: 3;
- Numero di pompe di riserva: 1;
- Portata sollevata da ciascuna pompa: 600 l/s;
- Minimo livello acqua in impianto: -4,70 m slm;
- Diametro mandate pompe: 450 mm;
- Diametro premente in uscita: 1000 mm;

CONDOTTA SOTTOMARINA:

- Portata massima smaltita: 1800 l/s;
- Lunghezza condotta sottomarina dall'impianto al diffusore: 2656 m;
- Diametro condotta sottomarina dall'impianto al diffusore: 1200 mm;
- Massima quota tubazione di scarico: +1,80 m slm (in corrispondenza della diga esistente);
- Scabrezza condotta: $K_s=90 \text{ m}^{1/3}\cdot\text{s}^{-1}$ (acciaio saldato in esercizio);

DIFFUSORE:

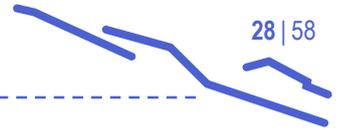
- Area foro terminale: 0,048 mq;
- Portata in uscita foro terminale: 260 l/s;
- Diametro fori diffusore: 100 mm;
- Numero fori diffusore: $18 \times 2 = 36$ fori;
- Lunghezze e diametri diffusore:
 - o Tratto di valle: DN 600 mm; L=48 m;
 - o Tratto centrale: DN 800 mm; L= 48 m;
 - o Tratto di monte: DN 1200 mm; L=48 m.

Per il calcolo della prevalenza totale richiesta alle pompe si è partiti dalla prevalenza residua allo sbocco finale del diffusore, si sono sommate le perdite di carico lungo il diffusore e quindi le perdite di carico lungo la condotta DN 1200, lungo la condotta DN 1000 e lungo le mandate delle pompe.

Le perdite di carico continue e concentrate lungo il diffusore e lungo le condotte componenti il sistema di scarico sono state calcolate secondo le formulazioni di seguito illustrate.

Perdite continue

$$\Delta H_L = \frac{v^2}{k_s^2 R_H^{4/3}} L;$$



Con v velocità in condotta (m/s), k_s coefficiente di Gauckler – Strickler ($m^{1/3} s^{-1}$), RH raggio idraulico (m) e L lunghezza della condotta (m).

Perdite concentrate

$$\Delta H_c = \sum k_i \frac{v^2}{2g};$$

Con v velocità in condotta (m/s), k_i coefficiente dipendente dal tipo di perdita i cui valori sono riportati in Tabella 4-2

Perdite totali

$$\Delta H_{tot} = \Delta H_{geo} + (\Delta H_L + \Delta H_c)_{mandata} + (\Delta H_L + \Delta H_c)_{premente}$$

con ΔH_{geo} prevalenza geodetica.

Tabella 4-2: Coefficienti di perdita utilizzati nei calcoli di dimensionamento e verifica delle condotte a mare.

k perdita d'imbocco	0.5
k perdita sbocco	1
k perdita in corrispondenza di curve 90°	0.8
k perdita in corrispondenza di curve < 90°	0.15

I risultati ottenuti sono di seguito illustrati.

Tabella 4-3: Prevalenza residua allo sbocco del diffusore.

portata out foro terminale	260
Cq	0,60
area foro terminale	0,048 mq
prevalenza residua sbocco	4,100 m
ks tubi	90
diametro fori diffusore	100,0 mm
area fori diffusore	0,008 mq
area coppia fori diffusore	0,016 mq

Allo sbocco del diffusore, la prevalenza residua necessaria a garantirne il funzionamento è pari a 4,10 m.



Tabella 4-4: Perdite di carico lungo il diffusore allo stato di fatto.

coppia di fori	sviluppo	diametro	quota scorrimento	area tubo	area fori	portata out (totale)	velocità out	portata totale nel tubo	velocità nel tubo	perdite	carico
	0,00	1200	-30,00	1,13	0	0	0	1800,00	1,59	0,026	4,80
	0,00	1000	-30,00	0,79	0,02	0,00	0,00	1800,00	2,29	0,000	4,77
1	7,14	1000	-30,20	0,79	0,02	88,52	5,84	1711,48	2,18	0,027	4,77
2	14,29	1000	-30,40	0,79	0,02	88,28	5,83	1623,20	2,07	0,024	4,75
3	21,43	1000	-30,60	0,79	0,02	88,05	5,81	1535,15	1,96	0,021	4,72
4	28,57	1000	-30,80	0,79	0,02	87,85	5,80	1447,30	1,84	0,019	4,70
5	35,71	1000	-31,00	0,79	0,02	87,67	5,79	1359,62	1,73	0,017	4,68
6	42,86	1000	-31,20	0,79	0,02	87,52	5,78	1272,10	1,62	0,015	4,66
cambio diametro	50,00	1000	-31,40	0,79	0,02	0,00	0,00	1272,10	1,62	0,015	4,65
	50,00	800	-31,40	0,50	0,02	0,00	0,00	1272,10	2,53	0,065	4,63
7	57,14	800	-31,60	0,50	0,02	86,62	5,72	1185,48	2,36	0,042	4,57
8	64,29	800	-31,80	0,50	0,02	86,22	5,69	1099,26	2,19	0,036	4,53
9	71,43	800	-32,00	0,50	0,02	85,88	5,67	1013,38	2,02	0,031	4,49
10	78,57	800	-32,20	0,50	0,02	85,59	5,65	927,79	1,85	0,026	4,46
11	85,71	800	-32,40	0,50	0,02	85,34	5,63	842,45	1,68	0,021	4,43
12	92,86	800	-32,60	0,50	0,02	85,14	5,62	757,31	1,51	0,017	4,41
cambio diametro	100,00	800	-32,80	0,50	0,02	0,00	0,00	757,31	1,51	0,017	4,40
	100,00	600	-32,80	0,28	0,02	0,00	0,00	757,31	2,68	0,082	4,38
13	107,14	600	-33,04	0,28	0,02	84,00	5,55	673,31	2,38	0,063	4,30
14	114,29	600	-33,29	0,28	0,02	83,39	5,50	589,92	2,09	0,048	4,23
15	121,43	600	-33,53	0,28	0,02	82,91	5,47	507,01	1,79	0,036	4,19
16	128,57	600	-33,77	0,28	0,02	82,56	5,45	424,46	1,50	0,025	4,15
17	135,71	600	-34,01	0,28	0,02	82,31	5,43	342,15	1,21	0,016	4,13
18	142,86	600	-34,26	0,28	0,02	82,15	5,42	260,00	0,92	0,009	4,11
	150,00	600	-34,50	0,28	0,05	260,00	5,42	0,00	0,00	0,000	4,10

Lungo il diffusore, con il funzionamento attuale, si realizza una perdita di carico massima di 70 cm.

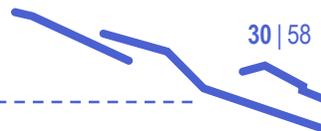
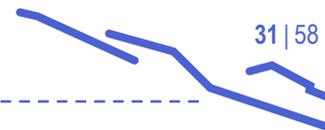


Tabella 4-5: Perdite di carico lungo la condotta DN1200, la condotta DN1000 e in impianto.

Portata di progetto - Qtot [l/s]	1800,00
Qtot (m ³ /s)	1,800
N. pompe in funzione	3
Q _{per pompa} (m ³ /s)	0,6000
livello minimo in impianto	-4,7000
quota massima tubazione di scarico	1,8000
ΔH tot (m)	7,45
k imbocco	0,5
k sbocco	1
k curve 90°	0,80
k curve < 90°	0,15
K valvola palla	1
k valvole	0,3

perdite in mandata			perdite in premente (primo tratto DN 1000)			perdite in premente (condotta di scarico DN 1200)		
perdite continue in mandata			perdite continue in premente			perdite continue in premente		
Q	m ³ /s	0,600	Q	m ³ /s	1,800	Q	m ³ /s	1,800
D	m	0,45	Di	m	1	Di	m	1,181
L	m	5,95	L	m	10,00	L	m	2656,21
ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90	ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90	ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90
A	m ²	0,16	A	m ²	0,79	A	m ²	1,10
v	m/s	3,77	v	m/s	2,29	v	m/s	1,64
ΔH₁	m	0,193	ΔH₃	m	0,041	ΔH₃	m	4,504
perdite concentrate in mandata			perdite concentrate in premente			perdite concentrate in premente		
Q	m ³ /s	0,600	Q	m ³ /s	1,800	Q	m ³ /s	1,800
D	m	0,45	D	mm	1	D	mm	1,181
v	m/s	3,77	v	m/s	2,29	v	m/s	1,64
imbocco	0	0	imbocco	0	0	imbocco	1	0,5
sbocco	1	1	sbocco	0	0	sbocco	0	0
curva a 90°	1	0,8	curva a 90°	0	0	curva a 90°	3	2,4
curva < 90°	0	0	curva < 90°	2	0,30	curva < 90°	16	2,42
valvola di NR	1	0,3	valvola di NR	0	0	valvola di NR	0	0
saracinesca	1	0,3	saracinesca	0	0	saracinesca	0	0
giunto	0	0	giunto	1	0,3	giunto	2	0,6
ΔH₂	m	1,741	ΔH₄	m	0,161	ΔH₄	m	0,814
1,933			0,202			5,318		

Lungo la condotta e in corrispondenza dell'impianto, con il funzionamento attuale, si realizza una perdita di carico complessiva massima di 7,45 m.



Sulla base delle perdite di carico determinate secondo quanto illustrato in Tabella 4-4 e Tabella 4-5, si è proceduto alla ricostruzione della linea piezometrica allo stato di fatto. In particolare, partendo dal carico residuo al termine del diffusore e sommando le perdite di carico fino all'impianto si ottiene il massimo livello piezometrico che si instaura in testa al sistema.

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga esistente	livello mare	piezometrica
impianto	-10,00	0,25	1,25	3,05	0,35	12,60
	0,00	0,25	1,25	3,05	0,35	11,53
condotta sottomarina	0,00	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,47
	2,35	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,38
	20,98	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,29
	55,43	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,20
	100,04	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,12
	140,85	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	10,03
	156,41	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,94
	210,26	-7,10	-5,90	-5,85	0,35	9,86
	258,55	-7,80	-6,60	-5,90	0,35	9,77
	284,78	-8,50	-7,30	-5,95	0,35	9,68
	334,92	-9,20	-8,00	-6,00	0,35	9,59
	382,93	-9,70	-8,50	-6,50	0,35	9,51
	430,93	-10,40	-9,20	-7,20	0,35	9,42
	478,92	-11,70	-10,50	-8,50	0,35	9,33
	527,14	-11,90	-10,70	-8,70	0,35	9,25
	575,35	-12,20	-11,00	-9,00	0,35	9,16
	623,39	-10,80	-9,60	-7,60	0,35	9,07
	671,70	-10,00	-8,80	-6,80	0,35	8,98
	719,78	-9,00	-7,80	-5,80	0,35	8,90
	768,08	-9,00	-7,80	-5,80	0,35	8,81
	816,37	-10,40	-9,20	-7,20	0,35	8,72
	864,46	-10,50	-9,30	-7,30	0,35	8,63
	912,59	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	8,55
960,71	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	8,46	
1009,05	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	8,37	
1057,32	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	8,29	
1105,65	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	8,20	
1153,67	-15,35	-14,15	-12,15	0,35	8,11	
1182,61	-17,50	-16,30	-14,30	0,35	8,02	
1230,39	-17,20	-16,00	-14,00	0,35	7,94	
1278,42	-18,00	-16,80	-14,80	0,35	7,85	

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga esistente	livello mare	piezometrica
	1326,53	-20,70	-19,50	-17,50	0,35	7,76
	1374,35	-22,20	-21,00	-19,00	0,35	7,68
	1422,35	-19,70	-18,50	-16,50	0,35	7,59
	1470,28	-18,70	-17,50	-15,50	0,35	7,50
	1518,28	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	7,41
	1566,18	-18,20	-17,00	-15,00	0,35	7,33
	1614,05	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	7,24
	1662,13	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	7,15
	1710,13	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	7,07
	1758,13	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,98
	1806,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,89
	1854,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,80
	1878,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,72
	1926,13	-19,40	-18,20	-16,20	0,35	6,63
	1974,14	-19,40	-18,20	-16,20	0,35	6,54
	2022,14	-19,70	-18,50	-16,50	0,35	6,46
	2070,14	-20,10	-18,90	-16,90	0,35	6,37
	2118,14	-20,70	-19,50	-17,50	0,35	6,28
	2151,69	-21,50	-20,30	-18,30	0,35	6,19
	2166,13	-21,60	-20,40	-18,40	0,35	6,11
	2214,13	-21,70	-20,50	-18,50	0,35	6,02
	2262,14	-21,20	-20,00	-18,00	0,35	5,93
	2281,69	-21,20	-20,00	-18,00	0,35	5,85
	2315,43	-1,75	-0,55	1,80	0,35	5,76
	2340,43	0,00	1,20	5,00	0,35	5,67
	2416,22	-20,00	-18,80	-20,00	0,35	5,58
	2464,21	-23,50	-22,30	-23,50	0,35	5,50
	2512,21	-25,00	-23,80	-25,00	0,35	5,41
	2560,22	-27,00	-25,80	-27,00	0,35	5,32
	2608,22	-28,50	-27,30	-28,50	0,35	5,23
	2656,21	-30,00	-28,80	-30,00	0,35	5,15
diffusore	2656,21	-30,00	-29,00	-30,00	0,35	5,12
	2663,35	-30,20	-29,20	-30,20	0,35	5,12
	2670,50	-30,40	-29,40	-30,40	0,35	5,10
	2677,64	-30,60	-29,60	-30,60	0,35	5,07
	2684,78	-30,80	-29,80	-30,80	0,35	5,05
	2691,92	-31,00	-30,00	-31,00	0,35	5,03
	2699,07	-31,20	-30,20	-31,20	0,35	5,01

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga esistente	livello mare	piezometrica
	2706,21	-31,40	-30,40	-31,40	0,35	5,00
	2706,21	-31,40	-30,60	-31,40	0,35	4,98
	2713,35	-31,60	-30,80	-31,60	0,35	4,92
	2720,50	-31,80	-31,00	-31,80	0,35	4,88
	2727,64	-32,00	-31,20	-32,00	0,35	4,84
	2734,78	-32,20	-31,40	-32,20	0,35	4,81
	2741,92	-32,40	-31,60	-32,40	0,35	4,78
	2749,07	-32,60	-31,80	-32,60	0,35	4,76
	2756,21	-32,80	-32,00	-32,80	0,35	4,75
	2756,21	-32,80	-32,20	-32,80	0,35	4,73
	2763,35	-33,04	-32,44	-33,04	0,35	4,65
	2770,50	-33,29	-32,69	-33,29	0,35	4,58
	2777,64	-33,53	-32,93	-33,53	0,35	4,54
	2784,78	-33,77	-33,17	-33,77	0,35	4,50
	2791,92	-34,01	-33,41	-34,01	0,35	4,48
	2799,07	-34,26	-33,66	-34,26	0,35	4,46
	2806,21	-34,50	-33,90	-34,50	0,35	4,45

Si osserva che la piezometrica massima che è necessario garantire in testa al sistema è pari a +12,60 m slm (+0,35 + 4,10 + 0,70 + 7,45 = 12,60 m slm).

Ciò comporta la necessità per le pompe di garantire una prevalenza, calcolata rispetto al minimo livello idrico in impianto (-4,70 m slm), pari a: $H_{tot} = 12,60 - (-4,70) = 17,30$ m.

Il risultato ottenuto conferma il punto di lavoro dell'impianto di sollevamento allo stato di fatto, con tre pompe operanti a 600 l/s e 17,30 m di prevalenza.

Si riporta di seguito il profilo longitudinale della condotta di scarico allo stato di fatto, completo di linea piezometrica per lo scenario di massima portata (Q=1800 l/s).

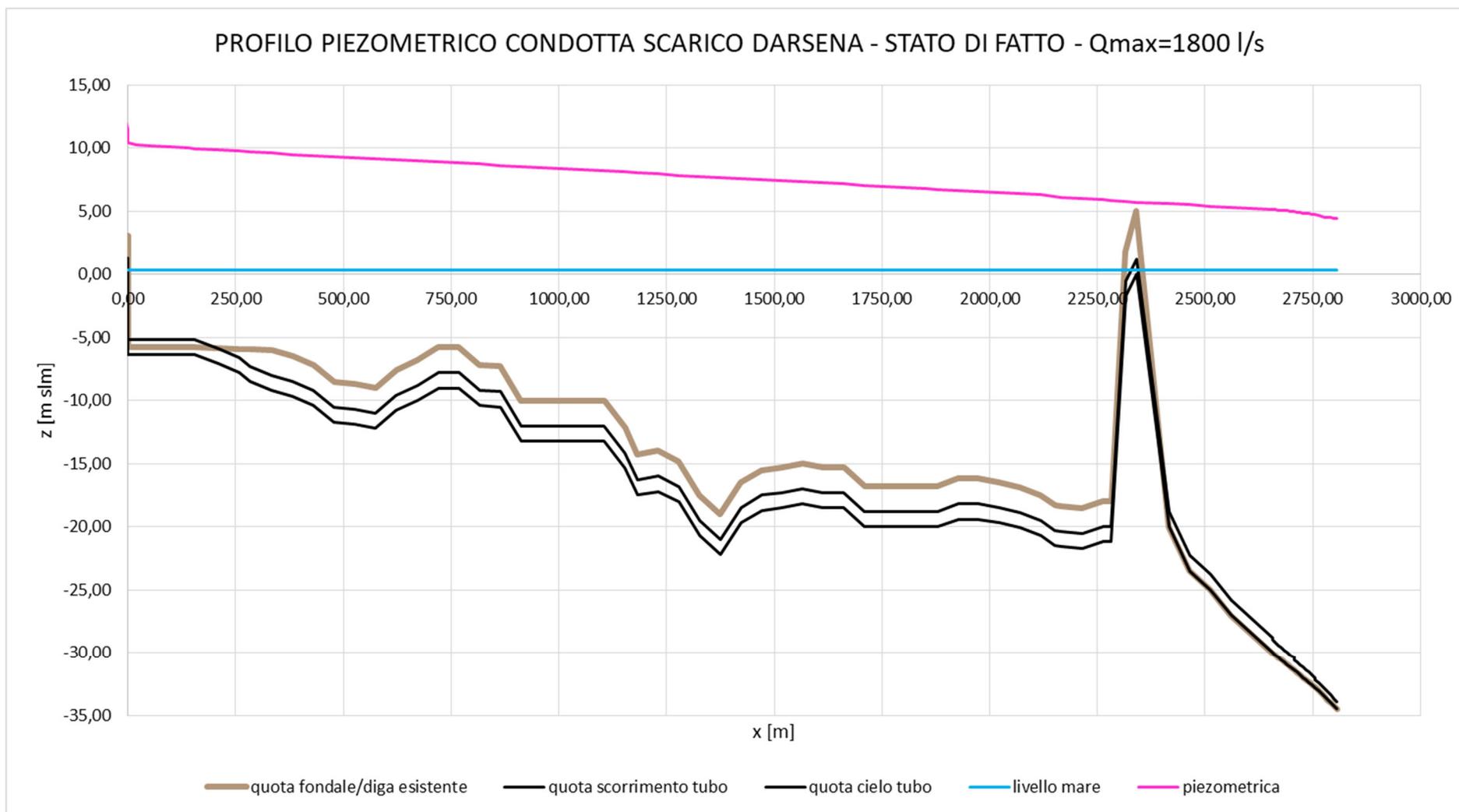
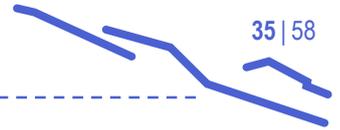


Figura 4-9: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di fatto con relativa piezometria alla portata massima scaricata (1800 l/s).



Adottando lo stesso schema di calcolo illustrato per la verifica del funzionamento del sistema allo stato di fatto, si è proceduto alla verifica del funzionamento allo stato di progetto.

In tale scenario, la condotta esistente sarà intercettata in prossimità della Calata Olii Minerali e deviata verso ponente fino ad attraversare la nuova diga foranea. Il nuovo punto terminale di scarico verrà a trovarsi alla batimetrica -45,00 m s.m.m..

La nuova condotta avrà diametro DN 1200 mm e diffusore di diametro progressivamente variabile DN 1000 mm – 800 mm – 600 mm. Le tre tratte del diffusore avranno lunghezza di 48 m ciascuna. La luce terminale avrà area 0,060 mq, i fori di uscita saranno 36 (18 coppie) e avranno diametro 125 mm.

In particolare, per la verifica del funzionamento allo stato di progetto sono stati considerati i dati di seguito illustrato. In grassetto sono indicati i parametri del sistema che sono stati variati rispetto allo stato di fatto.

CONDIZIONI AL CONTORNO:

- Massimo livello di marea: +0,35 m slm;

IMPIANTO:

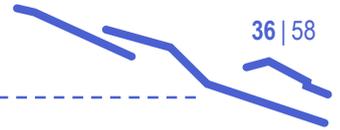
- Portata massima smaltita: 1800 l/s;
- Numero di pompe in funzione: 3;
- Numero di pompe di riserva: 1;
- Portata sollevata da ciascuna pompa: 600 l/s;
- Minimo livello acqua in impianto: -4,70 m slm;
- Diametro mandate pompe: 450 mm;
- Diametro premente in uscita: 1000 mm;

CONDOTTA SOTTOMARINA:

- Portata massima smaltita: 1800 l/s;
- **Lunghezza condotta sottomarina dall'impianto al diffusore: 3470 m;**
- Diametro condotta sottomarina dall'impianto al diffusore: 1200 mm;
- **Massima quota tubazione di scarico: -28,00 m slm (attraversamento entro lo scanno di imbasamento della nuova diga);**
- Scabrezza condotta: $K_s=90 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ (acciaio saldato in esercizio);

DIFFUSORE:

- **Area foro terminale: 0,025 mq;**
- **Portata in uscita foro terminale: 89,5 l/s;**
- **Diametro fori diffusore: 125 m;**
- Numero fori diffusore: $18 \times 2 = 36$ fori;
- Lunghezze e diametri diffusore:
 - o Tratto di valle: DN 600 mm; L=48 m;
 - o Tratto centrale: DN 800 mm; L= 48 m;
 - o Tratto di monte: DN 1200 mm; L=48 m.



Per il calcolo della prevalenza totale richiesta alle pompe si è partiti dalla prevalenza residua allo sbocco finale del diffusore, si sono sommate le perdite di carico lungo il diffusore e quindi le perdite di carico lungo la condotta DN 1200, lungo la condotta DN 1000 e lungo le mandate delle pompe.

I risultati sono di seguito illustrati.

Tabella 4-6: Prevalenza residua allo sbocco del diffusore nello stato di progetto.

portata out foro terminale		89,5
Cq		0,60
area foro terminale		0,025 mq
prevalenza residua sbocco		1,861 m
ks tubi		90
diametro fori diffusore		125,0 mm
area fori diffusore		0,012 mq
area coppia fori diffusore		0,025 mq

Allo sbocco del diffusore, la prevalenza residua necessaria a garantirne il funzionamento è pari a 1,86 m.

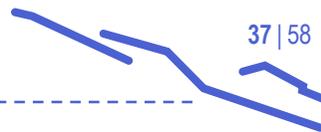


Tabella 4-7: Perdite di carico lungo il diffusore allo stato di progetto.

coppia di fori	sviluppo	diametro	quota scorrimento	area tubo	area fori	portata out (totale)	velocità out	portata totale nel tubo	velocità nel tubo	perdite	carico
	0,00	1200	-40,70	1,13	0	0	0	1800,00	1,59	0,026	2,39
	0,00	1000	-40,70	0,79	0,02	0,00	0,00	1800,00	2,29	0,000	2,36
1	7,14	1000	-40,90	0,79	0,02	100,81	4,11	1699,19	2,16	0,026	2,36
2	14,29	1000	-41,10	0,79	0,02	100,25	4,09	1598,94	2,04	0,023	2,33
3	21,43	1000	-41,30	0,79	0,02	99,75	4,07	1499,20	1,91	0,020	2,31
4	28,57	1000	-41,50	0,79	0,02	99,30	4,05	1399,89	1,78	0,018	2,29
5	35,71	1000	-41,70	0,79	0,02	98,92	4,03	1300,97	1,66	0,015	2,27
6	42,86	1000	-41,90	0,79	0,02	98,58	4,02	1202,39	1,53	0,013	2,26
cambio diametro	50,00	1000	-42,10	0,79	0,02	0,00	0,00	1202,39	1,53	0,013	2,24
	50,00	800	-42,10	0,50	0,02	0,00	0,00	1202,39	2,39	0,058	2,23
7	57,14	800	-42,30	0,50	0,02	96,72	3,94	1105,68	2,20	0,037	2,17
8	64,29	800	-42,50	0,50	0,02	95,90	3,91	1009,78	2,01	0,030	2,14
9	71,43	800	-42,70	0,50	0,02	95,21	3,88	914,56	1,82	0,025	2,11
10	78,57	800	-42,90	0,50	0,02	94,65	3,86	819,92	1,63	0,020	2,08
11	85,71	800	-43,10	0,50	0,02	94,19	3,84	725,73	1,44	0,016	2,06
12	92,86	800	-43,30	0,50	0,02	93,83	3,82	631,90	1,26	0,012	2,04
cambio diametro	100,00	800	-43,50	0,50	0,02	0,00	0,00	631,90	1,26	0,012	2,03
	100,00	600	-43,50	0,28	0,02	0,00	0,00	631,90	2,24	0,057	2,02
13	107,14	600	-43,71	0,28	0,02	91,95	3,75	539,96	1,91	0,040	1,96
14	114,29	600	-43,93	0,28	0,02	90,99	3,71	448,96	1,59	0,028	1,92
15	121,43	600	-44,14	0,28	0,02	90,33	3,68	358,63	1,27	0,018	1,89
16	128,57	600	-44,36	0,28	0,02	89,91	3,66	268,72	0,95	0,010	1,88
17	135,71	600	-44,57	0,28	0,02	89,67	3,66	179,06	0,63	0,004	1,87
18	142,86	600	-44,79	0,28	0,02	89,56	3,65	89,50	0,32	0,001	1,86
	150,00	600	-45,00	0,28	0,02	89,50	3,65	0,00	0,00	0,000	1,86

Lungo il diffusore, con il funzionamento previsto allo stato di progetto, si realizzerà una perdita di carico massima di 53 cm.

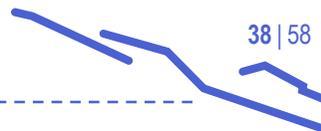
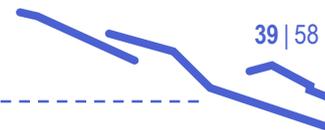


Tabella 4-8: Perdite di carico lungo la condotta DN1200, la condotta DN1000 e in impianto nello stato di progetto.

Portata di progetto - Qtot [l/s]	1800,00
Qtot (m ³ /s)	1,800
N. pompe in funzione	3
Q _{per pompa} (m ³ /s)	0,6000
livello minimo in impianto	-4,7000
quota massima tubazione di scarico	1,8000
ΔH tot (m)	8,92
k imbocco	0,5
k sbocco	1
k curve 90°	0,80
k curve < 90°	0,15
K valvola palla	1
k valvole	0,3

perdite in mandata			perdite in premente (primo tratto DN 1000)			perdite in premente (condotta di scarico DN 1200)		
perdite continue in mandata			perdite continue in premente			perdite continue in premente		
Q	m ³ /s	0,600	Q	m ³ /s	1,800	Q	m ³ /s	1,800
D	m	0,45	Di	m	1	Di	m	1,181
L	m	5,95	L	m	10,00	L	m	3470,91
ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90	ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90	ks	m ^{1/3} /s ⁻¹	90
A	m ²	0,16	A	m ²	0,79	A	m ²	1,10
v	m/s	3,77	v	m/s	2,29	v	m/s	1,64
ΔH₁	m	0,193	ΔH₂	m	0,041	ΔH₃	m	5,885
perdite concentrate in mandata			perdite concentrate in premente			perdite concentrate in premente		
Q	m ³ /s	0,600	Q	m ³ /s	1,800	Q	m ³ /s	1,800
D	m	0,45	D	mm	1	D	mm	1,181
v	m/s	3,77	v	m/s	2,29	v	m/s	1,64
imbocco	0	0	imbocco	0	0	imbocco	1	0,5
sbocco	1	1	sbocco	0	0	sbocco	0	0
curva a 90°	1	0,8	curva a 90°	0	0	curva a 90°	3	2,4
curva < 90°	0	0	curva < 90°	2	0,30	curva < 90°	16	2,42
valvola di NR	1	0,3	valvola di NR	0	0	valvola di NR	0	0
saracinesca	1	0,3	saracinesca	1	0,3	saracinesca	0	0
giunto	0	0	giunto	1	0,3	giunto	2	0,6
ΔH₂	m	1,741	ΔH₄	m	0,242	ΔH₄	m	0,814
1,933			0,283			6,699		

Lungo la condotta e in corrispondenza dell'impianto, con il funzionamento previsto allo stato di progetto, si realizza una perdita di carico complessiva massima di 8,92 m.



Sulla base delle perdite di carico determinate secondo quanto illustrato in Tabella 4-7 e Tabella 4-8, si è proceduto alla ricostruzione della linea piezometrica allo stato di progetto. In particolare, partendo dal carico residuo al termine del diffusore e sommando le perdite di carico fino all'impianto si ottiene il massimo livello piezometrico che si instaura in testa al sistema dopo il prolungamento della condotta di scarico a mare.

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga di progetto	livello mare	piezometrica
impianto	-10,00	0,25	1,25	3,05	0,35	11,65
	0,00	0,25	1,25	3,05	0,35	10,54
condotta sottomarina esistente	0,00	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,43
	2,35	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,35
	20,98	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,27
	55,43	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,19
	100,04	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,11
	140,85	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	9,03
	156,41	-6,40	-5,20	-5,80	0,35	8,95
	210,26	-7,10	-5,90	-5,85	0,35	8,87
	258,55	-7,80	-6,60	-5,90	0,35	8,79
	284,78	-8,50	-7,30	-5,95	0,35	8,71
	334,92	-9,20	-8,00	-6,00	0,35	8,63
	382,93	-9,70	-8,50	-6,50	0,35	8,55
	430,93	-10,40	-9,20	-7,20	0,35	8,47
	478,92	-11,70	-10,50	-8,50	0,35	8,39
	527,14	-11,90	-10,70	-8,70	0,35	8,30
	575,35	-12,20	-11,00	-9,00	0,35	8,22
	623,39	-10,80	-9,60	-7,60	0,35	8,14
	671,70	-10,00	-8,80	-6,80	0,35	8,06
	719,78	-9,00	-7,80	-5,80	0,35	7,98
	768,08	-9,00	-7,80	-5,80	0,35	7,90
	816,37	-10,40	-9,20	-7,20	0,35	7,82
	864,46	-10,50	-9,30	-7,30	0,35	7,74
	912,59	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	7,66
	960,71	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	7,58
	1009,05	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	7,50
1057,32	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	7,42	
1105,65	-13,20	-12,00	-10,00	0,35	7,34	
1153,67	-15,35	-14,15	-12,15	0,35	7,26	
1182,61	-17,50	-16,30	-14,30	0,35	7,17	
1230,39	-17,20	-16,00	-14,00	0,35	7,09	
1278,42	-18,00	-16,80	-14,80	0,35	7,01	

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga di progetto	livello mare	piezometrica
	1326,53	-20,70	-19,50	-17,50	0,35	6,93
	1374,35	-22,20	-21,00	-19,00	0,35	6,85
	1422,35	-19,70	-18,50	-16,50	0,35	6,77
	1470,28	-18,70	-17,50	-15,50	0,35	6,69
	1518,28	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	6,61
	1566,18	-18,20	-17,00	-15,00	0,35	6,53
	1614,05	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	6,45
	1662,13	-18,50	-17,30	-15,30	0,35	6,37
	1710,13	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,29
	1758,13	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,21
	1806,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,13
	1854,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	6,04
	1878,14	-20,00	-18,80	-16,80	0,35	5,96
	1926,13	-19,40	-18,20	-16,20	0,35	5,88
	1974,14	-19,40	-18,20	-16,20	0,35	5,80
	2022,14	-19,70	-18,50	-16,50	0,35	5,72
	2070,14	-20,10	-18,90	-16,90	0,35	5,64
	2118,14	-20,70	-19,50	-17,50	0,35	5,56
	2151,69	-21,50	-20,30	-18,30	0,35	5,48
	2166,13	-21,60	-20,40	-18,40	0,35	5,40
	2214,13	-21,70	-20,50	-18,50	0,35	5,32
	2262,14	-21,20	-20,00	-18,00	0,35	5,24
	2281,69	-21,20	-20,00	-18,00	0,35	5,16
condotta sottomarina di progetto	2329,69	-21,98	-20,78	-18,78	0,35	5,08
	2377,69	-22,76	-21,56	-19,56	0,35	5,00
	2425,69	-23,53	-22,33	-20,33	0,35	4,91
	2473,69	-24,31	-23,11	-21,11	0,35	4,83
	2521,69	-25,09	-23,89	-21,89	0,35	4,75
	2569,69	-25,87	-24,67	-22,67	0,35	4,67
	2617,69	-26,64	-25,44	-23,44	0,35	4,59
	2665,69	-27,42	-26,22	-24,22	0,35	4,51
	2713,69	-28,20	-27,00	-25,00	0,35	4,43
	2761,69	-29,03	-27,83	-25,83	0,35	4,35
	2809,69	-29,87	-28,67	-26,67	0,35	4,27
	2857,69	-30,70	-29,50	-27,50	0,35	4,19
	2905,69	-31,53	-30,33	-28,33	0,35	4,11
	2953,69	-32,37	-31,17	-29,17	0,35	4,03
	3001,69	-33,20	-32,00	-30,00	0,35	3,95

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga di progetto	livello mare	piezometrica
	3049,69	-34,13	-32,93	-30,93	0,35	3,87
	3097,69	-35,06	-33,86	-31,86	0,35	3,78
	3145,69	-35,99	-34,79	-32,79	0,35	3,70
	3193,69	-36,92	-35,72	-33,72	0,35	3,62
	3241,69	-37,85	-36,65	-34,65	0,35	3,54
	3259,69	-38,20	-37,00	-35,00	0,35	3,46
	3284,95	-38,65	-37,45	-35,45	0,35	3,38
	3334,97	-37,00	-35,80	-37,00	0,35	3,30
	3349,97	-29,00	-27,80	-29,00	0,35	3,22
	3357,71	-29,00	-27,80	-25,00	0,35	3,14
	3410,72	-29,00	-27,80	-25,00	0,35	3,06
	3417,72	-29,00	-27,80	-29,00	0,35	2,98
	3436,49	-39,85	-38,65	-39,85	0,35	2,90
	3446,95	-40,00	-38,80	-40,00	0,35	2,82
	3470,91	-40,70	-39,50	-40,70	0,35	2,74
diffusore di progetto	3470,91	-40,70	-39,70	-40,70	0,35	2,71
	3478,05	-40,90	-39,90	-40,90	0,35	2,71
	3485,19	-41,10	-40,10	-41,10	0,35	2,68
	3492,34	-41,30	-40,30	-41,30	0,35	2,66
	3499,48	-41,50	-40,50	-41,50	0,35	2,64
	3506,62	-41,70	-40,70	-41,70	0,35	2,62
	3513,76	-41,90	-40,90	-41,90	0,35	2,61
	3520,91	-42,10	-41,10	-42,10	0,35	2,59
	3520,91	-42,10	-41,30	-42,10	0,35	2,58
	3528,05	-42,30	-41,50	-42,30	0,35	2,52
	3535,19	-42,50	-41,70	-42,50	0,35	2,49
	3542,34	-42,70	-41,90	-42,70	0,35	2,46
	3549,48	-42,90	-42,10	-42,90	0,35	2,43
	3556,62	-43,10	-42,30	-43,10	0,35	2,41
	3563,76	-43,30	-42,50	-43,30	0,35	2,39
	3570,91	-43,50	-42,70	-43,50	0,35	2,38
	3570,91	-43,50	-42,90	-43,50	0,35	2,37
	3578,05	-43,71	-43,11	-43,71	0,35	2,31
	3585,19	-43,93	-43,33	-43,93	0,35	2,27
	3592,34	-44,14	-43,54	-44,14	0,35	2,24
3599,48	-44,36	-43,76	-44,36	0,35	2,23	
3606,62	-44,57	-43,97	-44,57	0,35	2,22	
3613,76	-44,79	-44,19	-44,79	0,35	2,21	

	dist	quota scorrimento tubo	quota cielo tubo	quota terreno/diga di progetto	livello mare	piezometrica
	3620,91	-45,00	-44,40	-45,00	0,35	2,21

Si osserva che la piezometrica massima che è necessario garantire in testa al sistema è pari a +11,65 m slm (+0,35 + 1,86 + 0,52 + 8,92 = 11,65 m slm).

Ciò comporta la necessità per le pompe di garantire una prevalenza, calcolata rispetto al minimo livello idrico in impianto (-4,70 m slm), pari a: $H_{tot} = 11,65 - (-4,70) = 16,35$ m.

Il risultato ottenuto permette di osservare che allo stato di progetto, con il sistema configurato come sopra descritto, il punto di lavoro richiesto all'impianto in condizioni di massima portata sarà caratterizzato da una prevalenza massima inferiore rispetto a quella dello stato attuale, con tre pompe operanti a 600 l/s e 16,35 m di prevalenza massima. Ciò è possibile grazie alla nuova configurazione del diffusore, che permetterà di ridurre le perdite di carico che si realizzano nell'ultimo tratto del sistema.

Si può pertanto concludere che non si rendono necessari adeguamenti delle pompe, che anche allo stato di progetto saranno in grado di scaricare a mare le portate trattate dall'impianto di depurazione di Darsena.

Si riporta di seguito il profilo longitudinale della condotta di scarico allo stato di progetto, completo di linea piezometrica per lo scenario di massima portata (Q=1800 l/s).

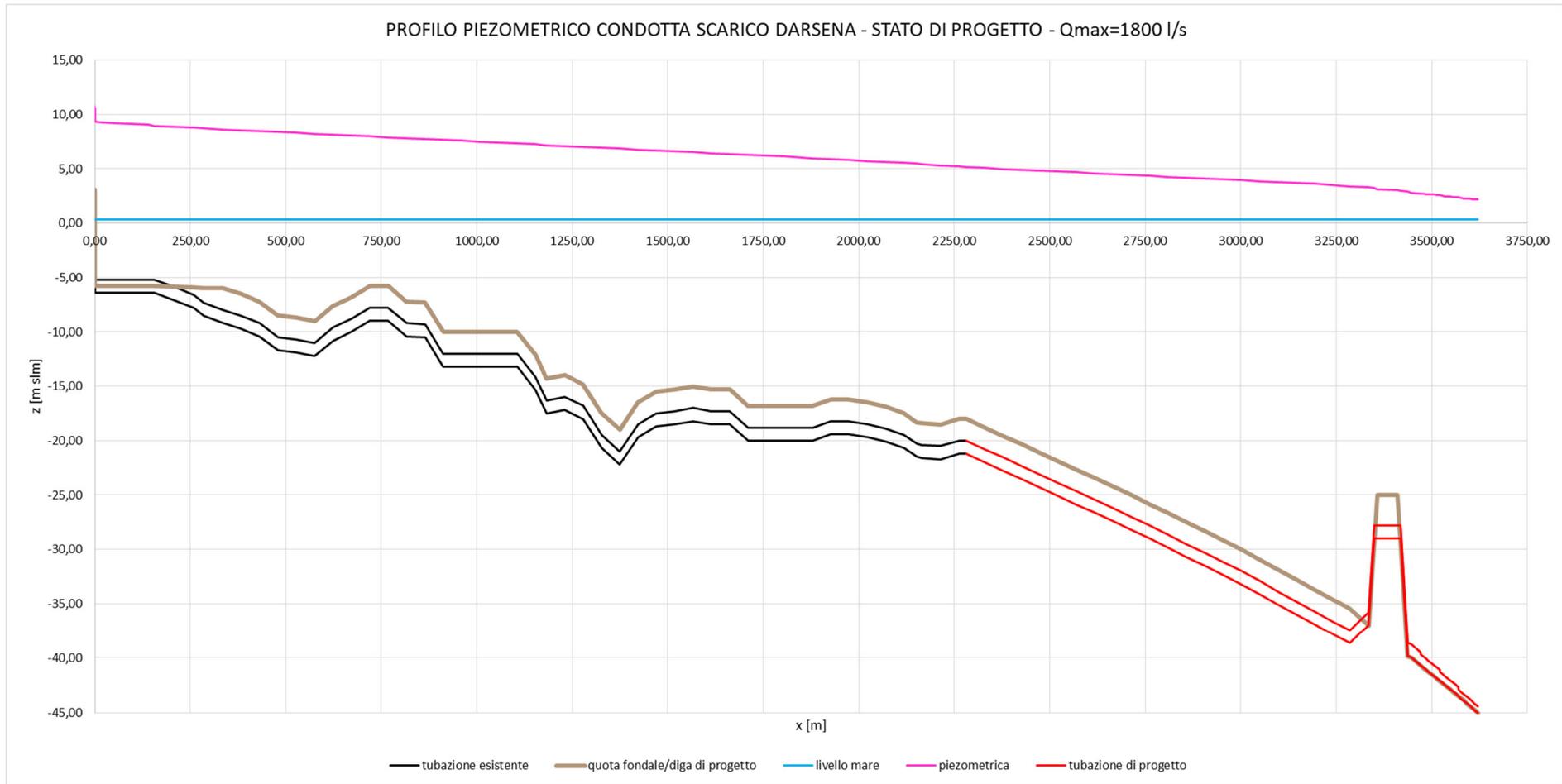


Figura 4-10: Profilo longitudinale condotta a mare allo stato di progetto con relativa piezometria alla portata massima scaricata (1800 l/s).

5 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

Per il riposizionamento dello scarico definitivo, in conformità al parere espresso dalla Regione Liguria in Conferenza dei Servizi decisoria (parere n. 205995 dell'11 marzo 2022, prot. n. 33622/MITE del 16 marzo 2022) si prevede di prolungare la condotta di scarico e spostare il diffusore oltre la nuova diga.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate le scelte tecniche adottate per la progettazione della nuova condotta di scarico a mare.

5.1.1 Tracciato plano-altimetrico di progetto

Come già illustrato al paragrafo 4.1.2, in occasione della stesura del presente progetto esecutivo è stata studiata l'ubicazione del nuovo punto di scarico con l'obiettivo di allontanarlo dal punto di presa d'acqua marina dell'impianto di captazione a servizio dell'acquario di Genova. A tal proposito, in occasione degli incontri tenuti tra gli scriventi e il gestore IRETI, si è stabilito di deviare il tracciato di progetto verso ponente rispetto a quanto previsto dal PFTE.

A tali considerazioni è seguita la definizione del nuovo punto di scarico e, di conseguenza, il nuovo tracciato progettuale, di cui si riporta di seguito una illustrazione schematica (Figura 5-1).

Il nuovo punto terminale del diffusore di scarico ha le seguenti coordinate:

- N=4915407
- E=1492247
- Z=-45 m s.m.m.

Il punto iniziale del tracciato di progetto è stato determinato tenendo in considerazione i lavori di prossima realizzazione, oggetto di altro appalto, di deviazione della condotta di scarico esistente di fronte alla calata Olii Minerali. Il punto iniziale del tracciato di progetto coinciderà con il punto terminale del by-pass di calata Olii Minerali, le cui coordinate sono le seguenti:

- N=4916210
- E=4916210
- Z=-21.25 m s.m.m.

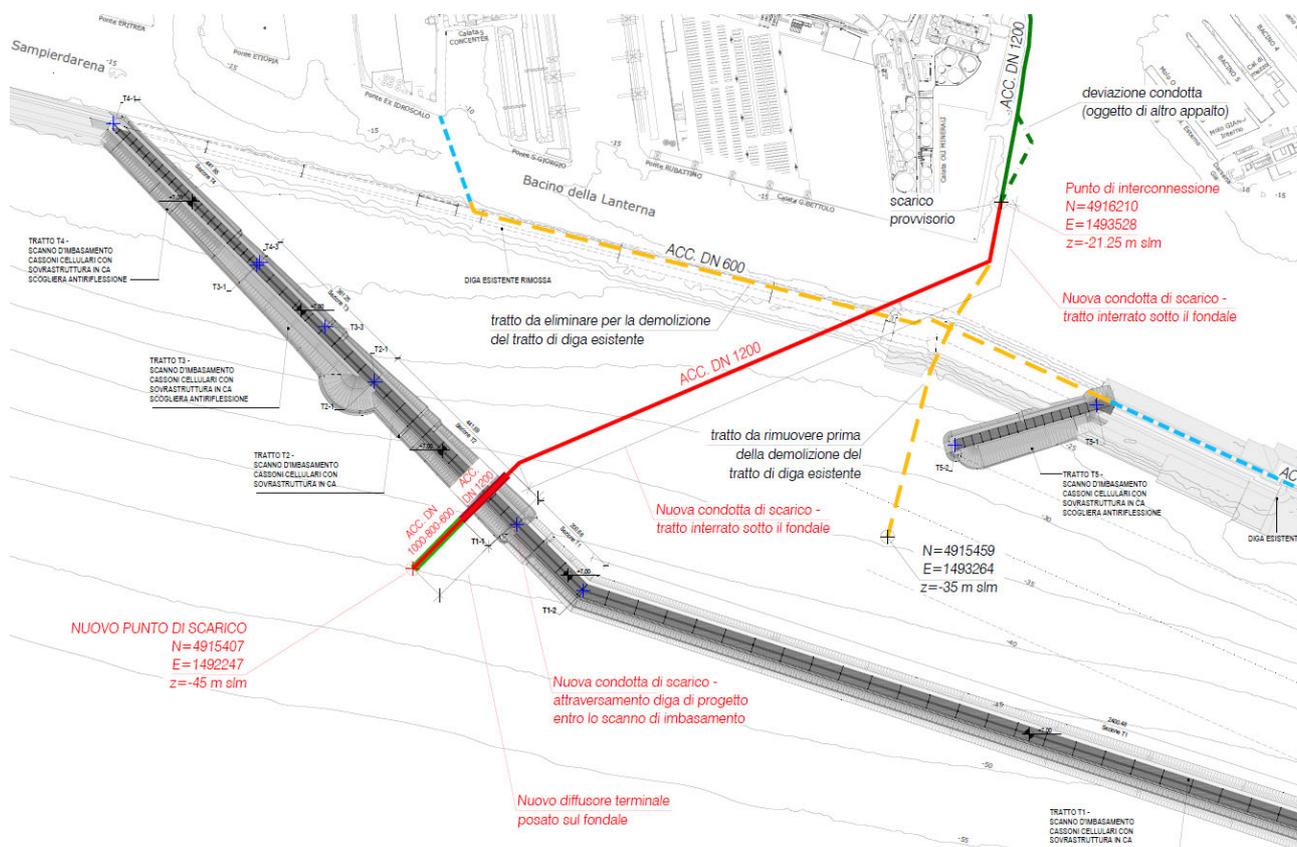


Figura 5-1: Tracciato planimetrico della condotta di scarico a mare di progetto.

Fissato l'andamento planimetrico della nuova condotta, il tracciato altimetrico di progetto è stato determinato tenendo in considerazione i seguenti vincoli:

- Nel tratto compreso tra il porto e la nuova diga foranea la condotta di scarico è interrata sotto il fondale, con un ricoprimento minimo di 2 m;
- Nel tratto al largo della nuova diga foranea la condotta di scarico è appoggiata al fondale;
- L'attraversamento della nuova diga foranea è previsto all'interno dello scanno di imbasamento;
- La tubazione è costituita tipicamente da stringhe da 48 m circa realizzate saldando 4 tubazioni DN 1200 mm in acciaio da 12 m con flange alle estremità.

Ne consegue il profilo longitudinale di progetto di seguito illustrato.

5.1.2 Caratteristiche tecniche della nuova condotta

Per la realizzazione della nuova condotta di scarico a mare si prevede l'utilizzo di tubazioni DN 1200 (DN 48") in acciaio al carbonio saldate longitudinalmente SAW, diametro esterno 1219 mm, spessore 19 mm, secondo norme API 5L Gr. B, estremità smussate per saldature di testa, rivestimento esterno bituminoso pesante secondo norme UNI 5256 CI IV, rivestimento interno in primer bituminoso secondo norme UNI 5256 CI A, fornite di certificati EN 10204 3.1.

È prevista la gunitatura in calcestruzzo dello spessore di 10 cm, densità media di 2400 kg/mc, armata con rete elettrosaldata (diametro filo = 6 mm, maglia della rete 200 x 200 mm).

Per il diffusore si prevedono tubazioni DN 1000 (DN 40"), diametro esterno 1016 mm, spessore minimo 17.5 mm, DN 800 (DN 32"), diametro esterno 812.8 mm, spessore minimo 17.5 mm e DN 600 (DN 24"), diametro esterno 610 mm, spessore minimo 14.3 mm, in acciaio al carbonio saldate longitudinalmente SAW, conformi alle Norme API 5L Gr. B, estremità smussate per saldature di testa, rivestimento esterno bituminoso pesante secondo norme UNI 5256 CI IV, rivestimento interno in primer bituminoso secondo norme UNI 5256 CI A, fornite di certificati EN 10204 3.1.

I giunti saranno del tipo con saldatura testa a testa con lembi smussati; per consentire la saldatura dei tubi le estremità dovranno essere non rivestite per una lunghezza di 150 mm. Le tubazioni dovranno essere esenti da laminazioni e difetti e tutte le saldature dovranno essere controllate in continuo con ultrasuoni o metodi equivalenti secondo le norme citate.

Alla fine delle operazioni di saldatura tra le barre dovrà essere applicato, previa accurata pulizia e spazzolatura meccanica del giunto, il rivestimento esterno in bitume e dovrà essere ripristinato il rivestimento esterno in cemento o altro materiale idoneo.

La tubazione sarà costituita tipicamente da stringhe da 48 m circa realizzate saldando 4 tubazioni DN 1200 mm in acciaio da 12 m con flange alle estremità. Dove necessario potranno essere impiegate stringhe di lunghezza inferiore, costituite saldando 2 o 3 tubazioni DN 1200 mm in acciaio da 12 mm.

Per quanto i collegamenti flangiati tra le stringhe, o in corrispondenza delle curve, si prevede l'impiego dei seguenti pezzi speciali:

- flange Welding Neck, accoppiabili a flange PN 16, conformi alle norme B.S.3293, classe 150 lb, in acciaio tipo A105 o equivalente, per tubazioni da 48"; diametro esterno = 1219.2 mm; spessore minimo = 19 mm;
- flange Lap Joint Stub End (flange mobili), accoppiabili a flange PN16, conformi alle norme B.S.3293, classe 150 lb, in acciaio A105 o equivalente, con faccia in accordo alle relative flange Welding Neck, per tubazioni da 48"; diametro esterno = 1219.2 mm; spessore minimo = 19 mm;
- bocchelli a collare lungo, classe 150 lb, in acciaio A105 o equivalente, ricavati da tubo in acciaio API 5L Gr B, per flange mobili di cui sopra;
- guarnizioni in neoprene rivestite in acciaio inox AISI 316L o di altro materiale in grado comunque di garantire analoghe prestazioni;
- curve a saldare DN 1200 (48"), in acciaio ASTM A 234 WPB, spessore minimo pari a 19 mm, angoli da 45° e 90°, raggio di curvatura pari a 1.5 D, saldate a guscio con controllo RX sull'intera saldatura.

5.1.3 Sezioni tipo

Ad esclusione dell'attraversamento della nuova diga foranea, per il quale si rimanda al paragrafo 5.1.4, si identificano due distinte sezioni tipo di posa:

- Sezione tipo 1: con condotta interrata sotto il fondale, nel tratto compreso tra il porto e la nuova diga; tale sezione tipo di posa prevede l'esecuzione di uno scavo del fondale di forma trapezia avente le seguenti caratteristiche:
 - o Base minore = 4 m;
 - o Pendenza sponte = 2/3;
 - o Altezza minima = 3.42 m, in modo da garantire un ricoprimento minimo di 2 m sull'estradosso della condotta.

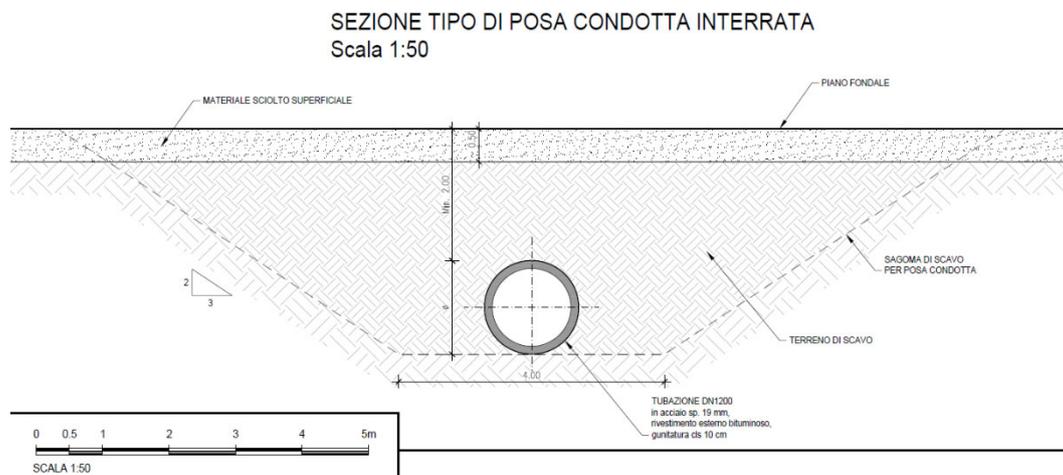


Figura 5-3: Sezione tipo di posa con condotta interrata.

- Sezione tipo 2: con condotta appoggiata al fondale, al largo della nuova diga; in tale caso la condotta sarà munita di materassi tipo "Sarmac" con funzione di protezione e appesantimento, e protetta lateralmente da massi guardiani con aste anti-rete.

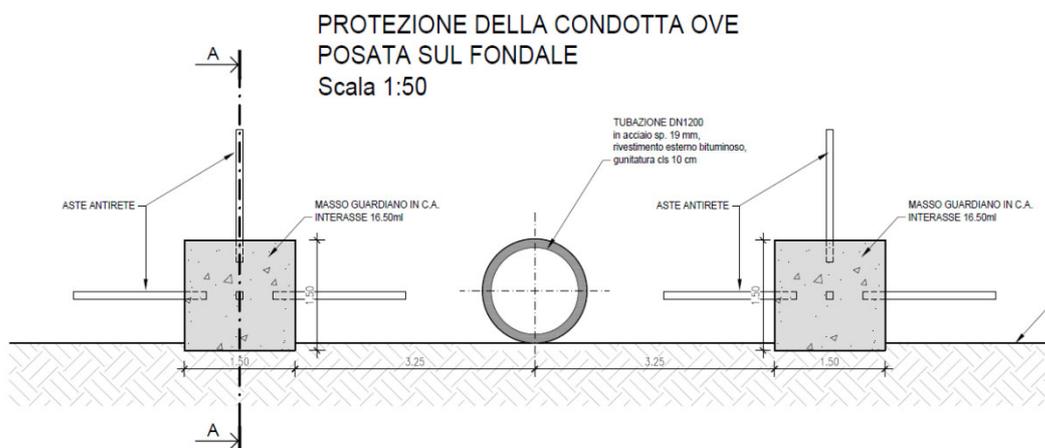


Figura 5-4: Sezione tipo di posa con condotta appoggiata al fondale.

5.1.4 Attraversamento della nuova diga foranea

La diga foranea di progetto sarà attraversata dalla nuova condotta di scarico a mare in corrispondenza della sezione T2.

Per l'attraversamento saranno impiegate tubazioni DN 1200 mm, diametro esterno 1219 mm, spessore 19 mm, con gunitatura in calcestruzzo dello spessore di 10 cm.

L'attraversamento avverrà entro lo scanno di imbasamento, inferiormente al cassone cellulare prefabbricato.

L'attraversamento della diga di progetto può essere suddiviso in tre parti:

- Prima parte: risalita lato porto, con posa della condotta in aderenza alla scarpata dello scanno di imbasamento e interposizione di materassi tipo "Sarmac" tra la condotta e il tout-venant costituente lo scanno; il doppio cambio di direzione sarà realizzato con due curve altimetriche da 35° e 34° circa; in corrispondenza della mezzeria della condotta sarà posizionato un giunto di compensazione del tipo a doppio soffietto DN 1200 mm per fare fronte ad eventuali deviazioni connesse ad assestamenti dello scanno di imbasamento;
- Seconda parte: tratto centrale a sviluppo orizzontale; in tale tratto la condotta, di sviluppo pari a circa 53 m circa, sarà alloggiata, a mezzo di appositi collari distanziatori, entro un contro-tubo in acciaio DN 1800 mm, spessore 30 mm, lungo 52 m, a sua volta annegato entro un blocco di protezione in calcestruzzo armato, di dimensioni trasversali 4,20 m x 4,20 m e lunghezza 50 m; alle estremità del tratto centrale di tubazione a sviluppo orizzontale saranno installati due giunti antisfilamento flangiati DN 1200 mm;
- Terza parte: discesa lato mare, con posa della condotta in aderenza alla scarpata dello scanno di imbasamento, interposizione di materassi tipo "Sarmac" tra la condotta e il tout-venant costituente lo scanno, interposizione di materassi tipo "ABCMS" tra la condotta e il sovrastante rivestimento in massi naturali; il doppio cambio di direzione sarà realizzato con due curve altimetriche da 32° e 34° circa; in corrispondenza della mezzeria della condotta sarà posizionato un giunto di compensazione del tipo a doppio soffietto DN 1200 mm per fare fronte ad eventuali deviazioni connesse ad assestamenti dello scanno di imbasamento.

La posa della condotta di esercizio all'interno del controtubo verrà eseguita successivamente alla posa del controtubo stesso e del relativo blocco di protezione di calcestruzzo, una volta esauriti gli assestamenti dello scanno di imbasamento e del cassone.

Le seguenti figure illustrano il dettaglio dell'attraversamento della diga foranea di progetto.



SEZIONE ATTRAVERSAMENTO DIGA
 Scala 1:200

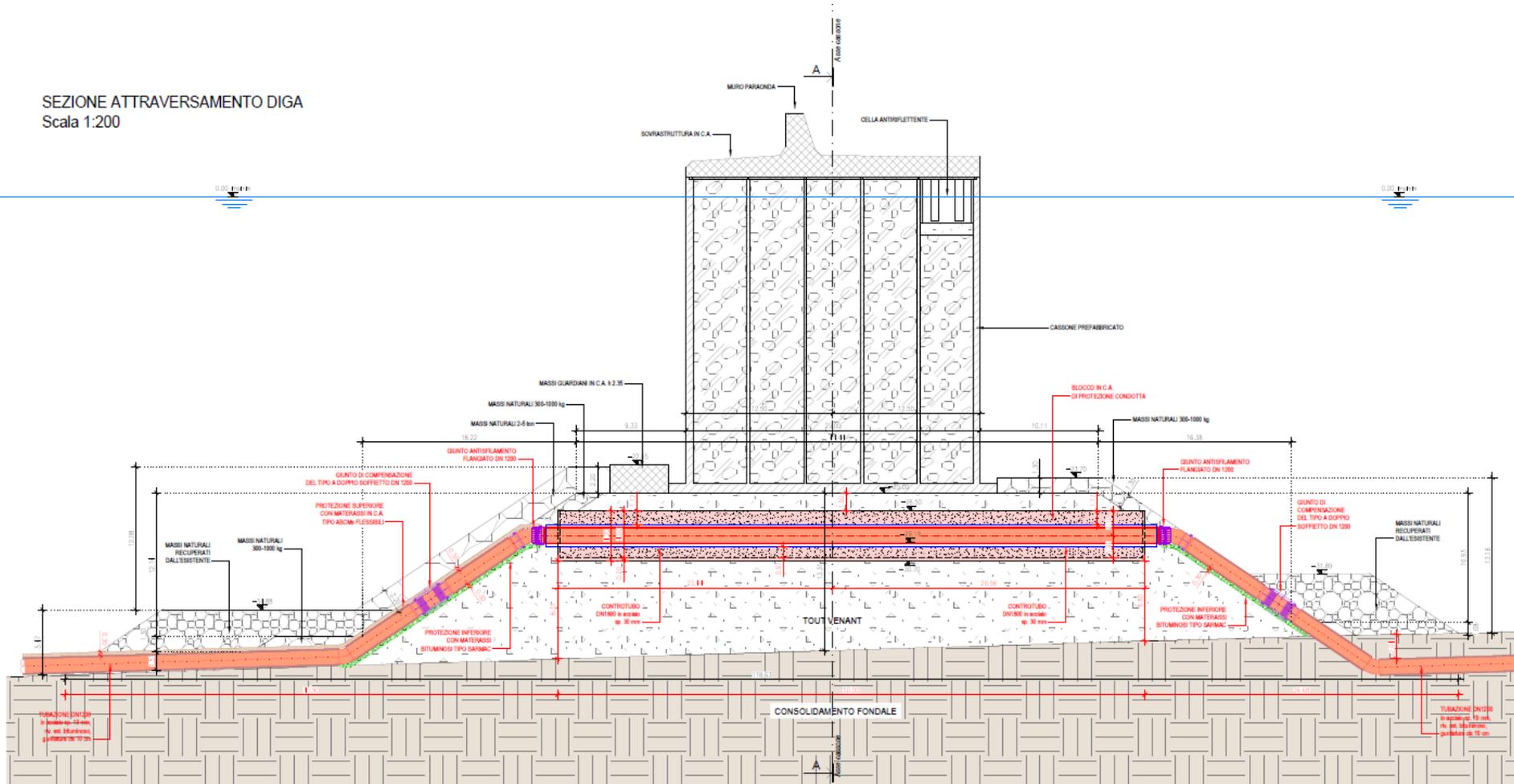


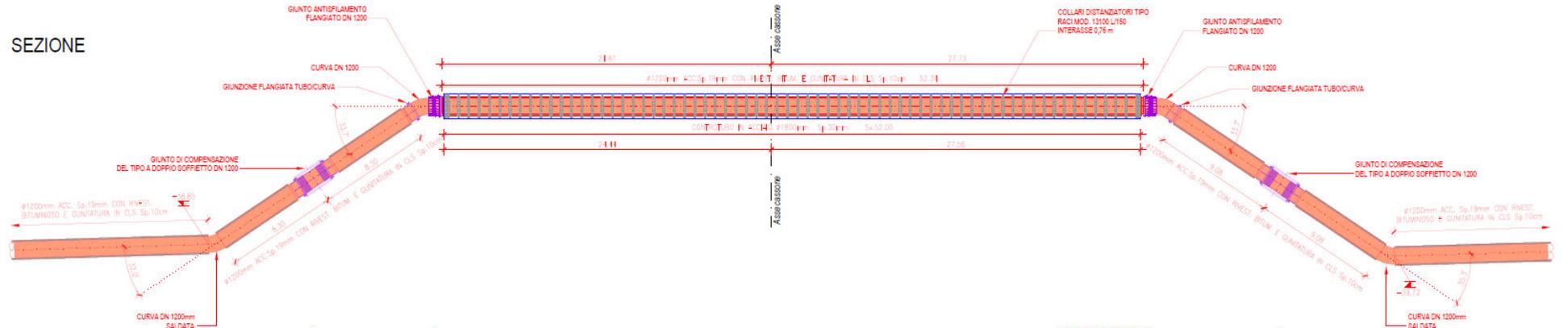
Figura 5-5: Sezione di attraversamento della nuova diga foranea.



DETTAGLIO CONDOTTA DI PROGETTO

 Scala 1:200

SEZIONE



PIANTA

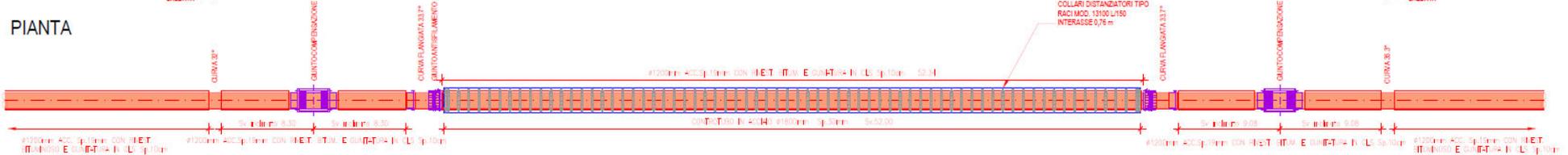


Figura 5-6: Dettaglio condotta di progetto in corrispondenza dell'attraversamento della nuova diga foranea.

5.1.5 Diffusore

Il diffusore di scarico della condotta di progetto è costituito da tre stringhe di tubazioni in acciaio, ciascuna di lunghezza pari a 48 m, e di diametro progressivamente decrescente da DN 1000 mm, a DN 800 mm, a DN 600 mm.

Su ciascuna delle tre stringhe sono ricavate sei coppie di fori del diametro di 125 mm, per un totale di 36 fori.

Il diffusore termina con un foro avente area pari a 0,025 m, ottenuto mediante il taglio a misura della flangia cieca di chiusura.

Tra le tubazioni costituenti il diffusore e il fondale saranno interposti dei materassi di tipo “Sarmac”. Gli stessi saranno posti anche superiormente alla condotta con funzione di zavorra.

Lungo i due lati del diffusore saranno posati massi guardiani in c.a. dotati di aste anti rete.

Si riporta di seguito un estratto della tavola di dettaglio del diffusore.

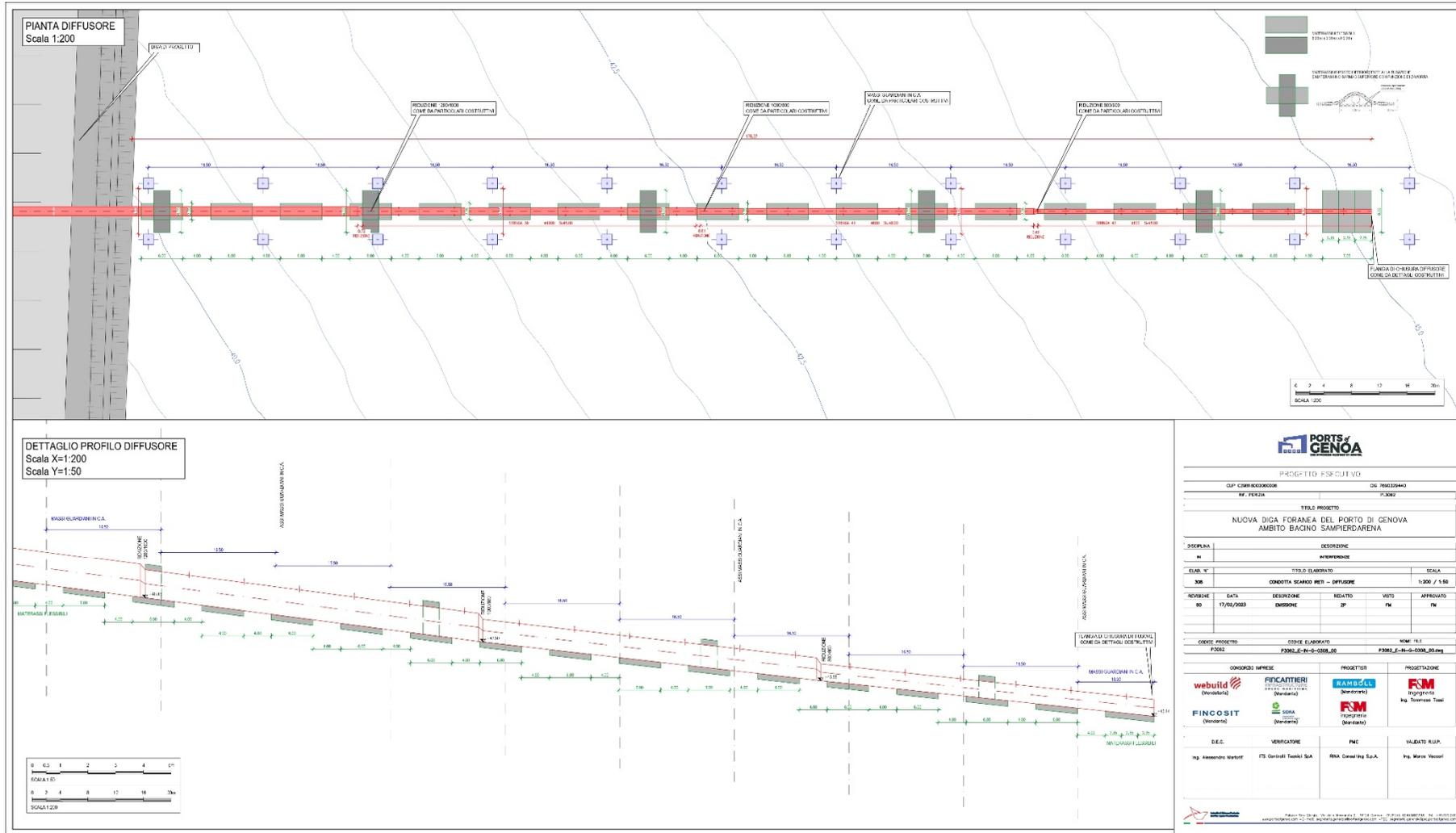
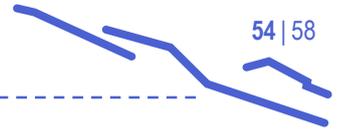


Figura 5-7: Dettaglio diffusore.



5.1.6 Protezione catodica

La condotta sarà protetta mediante l'applicazione di anodi sacrificali in lega di zinco aventi caratteristiche come indicato di seguito. Essi saranno saldati direttamente sulla tubazione in acciaio da cui sarà stato preventivamente rimosso il rivestimento bituminoso.

Di seguito è illustrato il calcolo di dimensionamento del sistema di protezione catodica.

Generalità

La protezione catodica è una tecnica elettrochimica di prevenzione dalla corrosione, applicata ai materiali metallici posti a contatto con ambienti aggressivi aerati aventi un' apprezzabile conducibilità elettrica. Si attua facendo circolare una corrente continua fra un elettrodo (anodo), posto nell'ambiente, e la superficie della struttura da proteggere (catodo). La corrente, provocando l'abbassamento del potenziale del materiale metallico, riduce la velocità di corrosione, fino al suo arresto. Nello specifico si realizzerà la circolazione di tale corrente con l'utilizzo di anodi galvanici.

Riferimenti normativi

La progettazione del sistema di protezione catodica di cui trattasi è stata eseguita in conformità alle vigenti disposizioni di Legge, Normative UNI-CEI, UNI-EN-ISO, Linee guida APCE. Si richiamano di seguito le principali:

- Norma UNI EN 12495: Protezione catodica per strutture fisse offshore di acciaio.
- Norma UNI EN ISO 15257:2017: Protezione catodica - Livelli di competenza del personale nel campo della protezione catodica.

Dati di input

Struttura da proteggere

La struttura principale da proteggere è una tubazione DN 1200 (48") le cui caratteristiche sono di seguito elencate:

- Diametro Nominale: 1200 (48")
- Diametro Esterno: 1219 mm
- Materiale: Acciaio EN L415MB
- Lunghezza: 1576 m
- Spessore: 19 mm
- Rivestimento: bitume pesante (UNI 5256 CI A)
- Spessore Rivestimento: 2,5 mm (min.)
- Profondità Interramento: 2,5 m

Sono inoltre previste tre tubazioni DN 1000 – 800 – 600 mm in acciaio al carbonio, costituenti il diffusore di scarico, con rivestimento esterno bituminoso con le seguenti dimensioni:

- DN 1000 (DN 40") lunghezza = 50 m;
- DN 800 (DN 32") lunghezza = 50 m;
- DN 600 (DN 24") lunghezza = 50 m.

Vita di progetto

Il sistema di protezione catodica è progettato per garantire condizioni di protezione per una durata di 30 anni.

Resistività di progetto

Per il dimensionamento dei dispersori dei sistemi di PC a corrente impressa della linea, il valore di resistività assunto è 25 $\Omega \cdot m$.

Potenziale di corrosione libera

In accordo con quanto prescritto dalle norme applicabili, si assume il seguente valore di potenziale di corrosione libera E_{corr} (riferito a un elettrodo di riferimento di argento/cloruro di argento): potenziale di corrosione libera per le superfici in acqua di mare pari a -0,45 V.

Potenziale di protezione

In accordo con quanto prescritto dalle norme applicabili, si assume il seguente valore di potenziale (riferito a un elettrodo di riferimento di argento/cloruro d'argento): potenziale di protezione per le superfici in acqua di mare pari a -0,80 V ÷ -1,10 V.

Densità di corrente di protezione

La densità di corrente di protezione è stata stimata in riferimento al prospetto A.3 della normativa UNI EN 12495:

A.3 Densità di corrente di progetto per la protezione di acciaio nudo in sedimenti marini (temperatura ambiente)

prospetto A.2 Densità di corrente di progetto in sedimenti marini

Densità di corrente (mA/m^2)		
Valore iniziale	Valore di mantenimento	Valore di ripolarizzazione
25	20	20

Assumeremo, in maniera conservativa, una densità di corrente per la protezione, pari a 20 mA/mq (acciaio nudo).

Dimensionamento del sistema di protezione catodica

Ai fini del dimensionamento del sistema di protezione catodica ad anodi galvanici, per garantire la durata progettuale si prevede l'installazione di anelli di anodi a panetto distanziati di circa 48 metri l'uno dall'altro, nello specifico:

- N° 30 anelli di anodi di zinco a panetto formati da N° 20 anodi ciascuno (lungo tutta la condotta DN 1200);
- N° 1 anello di anodi di zinco a panetto formato da N° 16 anodi (al termine della condotta DN 1000 del diffusore);
- N° 1 anello di anodi zinco a panetto formato da N° 13 anodi (al termine della condotta DN 800 del diffusore),
- N° 1 anello di anodi di zinco a panetto formato da N° 10 anodi (al termine della condotta DN 600 del diffusore).

Considerato il peso del singolo anodo di 14 Kg, la massa anodica totale sarà di 8946 Kg.

Fabbisogno di corrente di protezione

Nella Tabella seguente, si riporta il valore di fabbisogno di corrente di protezione necessario ad assicurare lo stato di protezione al trentesimo anno per l'intero tratto di condotta.

$$I = S \times J$$

Dove:

- S Superficie struttura collegata
- J Densità di corrente media di protezione assunta pari a: 20 mA/mq

Diametro (m)	Lunghezza (m)	Rivestimento	Superficie da proteggere (m ²)	Densità di corrente (mA/m ²)	Corrente di protezione (A)
1,2	1430	Bitume	5388,240	20	107,77
1	48	Bitume	150,720	20	3,01
0,8	48	Bitume	120,576	20	2,41
0,6	48	Bitume	90,432	20	1,81
Corrente di protezione totale (A)					115,00

Calcolo della resistenza degli anodi di zinco

Per il calcolo della resistenza verso acqua di mare (espressa in ohm), è stata applicata la formula:

$$R_a = \frac{0,315\rho}{\sqrt{A}}$$

dove:

ρ resistività dell'ambiente = 25 $\Omega \cdot m$

A area della superficie esposta in mq

La resistenza totale dell'intera massa anodica è di 0,80 Ω .

Durata degli anodi di zinco

La durata degli anodi galvanici è determinata mediante la seguente formula:

$$L = \frac{Wu}{EI_m}$$

Dove:

L: durata effettiva dell'anodo in anni;

W: peso netto degli anodi in Kg;

u: fattore di utilizzo, che può essere compreso tra 0,70 e 0,95;

E: velocità di consumo del materiale anodico espresso in Kg per Ampere per anno;

Im: corrente di mantenimento durante la durata di vita in Ampere.

Considerato un fattore di utilizzo medio pari a 0,83, una erogazione di corrente media di mantenimento pari a 20 mA, la durata della massa anodica risulta essere pari a 33 anni.

Tale dato, risultando superiore alla vita di progetto prefissata, conferma che la geometria costruttiva e la massa anodica considerata in progetto è sufficiente e la corrente media considerata permette la polarizzazione catodica della condotta.

Tutti i calcoli effettuati sono riferiti, come da normativa UNI EN 12495, ad acciaio nudo posato in acqua di mare. Tali calcoli sono cautelativi quindi la durata reale della massa anodica sarà senz'altro superiore ai 30 anni calcolati.

Ripristino dei rivestimenti

Dopo il montaggio degli anodi si dovrà eseguire il ripristino a regola d'arte del rivestimento bituminoso e del giunto con cemento o altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

Caratteristiche degli anodi

Gli anodi sacrificali utilizzati per la protezione catodica della condotta a mare saranno in lega di zinco conformi alla specifica U.S. Mil. Spec. A18001-H con capacità di corrente di 780 Ah/kg, potenziale - 1100 Mv, peso specifico 7.14 g/cmc, delle dimensioni di 495x95x50 mm con peso netto (escluso quello degli inserti in acciaio) di 14 kg/cadauno.

6 DISMISSIONE E RIMOZIONE DELLA CONDOTTA ESISTENTE

La condotta esistente sarà rimossa durante le operazioni di demolizione della esistente diga foranea. I materiali di risulta dovranno essere trattati in conformità alla normativa vigente in materia ambientale e conferiti a discarica autorizzata.

7 GESTIONE DELLA FASE TRANSITORIA

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.

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.

Il punto individuato per lo scarico provvisorio è ubicato di fronte alla calata Olii Minerali. In particolare, lo scarico provvisorio dovrà essere realizzato all'estremità terminale del by-pass delle condotte di scarico funzionale ai lavori di rifacimento della calata Olii Minerali, oggetto di altra progettazione.

Lo scarico provvisorio potrà essere costituito da un tee con estremità adattabili e derivazione flangiata, alla quale sarà collegato un tronchetto di tubazione di scarico che emergerà dal fondale. Le modalità di realizzazione dello

scarico provvisorio saranno essere concordate tra IRETI e l'impresa affidataria dei lavori di completamento di calata Olii Minerali.

8 ASPETTI AUTORIZZATIVI

L'autorizzazione per il nuovo scarico, la quale verosimilmente si configurerà come una revisione di quella in essere, dovrà essere richiesta da IRETI in quanto titolare della condotta.