

Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale

PROGETTO DEFINITIVO PER LE OPERE DI URBANIZZAZIONE DELL'AREA A SERVIZIO DEL TERMINAL CROCIERE LOCALITA' PORTO CORSINI, RAVENNA

OGGETTO

VASCA DI ACCUMULO ACQUA POTABILE
ELABORATI GRAFICI
RELAZIONE IDRAULICA

FILE

06AP22_PD_02.02_R00

CODICE

02.02

SCALA

Varie

| Rev. | Data | Causale |
|------|------------|-----------|
| 0 | Agosto '22 | Emissione |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

dott. ing. Fabio Maletti
Autorità di Sistema Portuale
Via Antico Squero, 31
48122 Ravenna, RA

COORDINAMENTO GENERALE:



Acqua Ingegneria srl

arch. Annalisa Barbieri
(progettista integratore)
Acqua Ingegneria S.r.l.
via A. Zani 7, 48122 Ravenna, RA
www.acquaingegneria.it

PROGETTO:



Acqua Ingegneria srl

ing. Andrea Canel
ing. Riccardo Arvedi
Acqua Ingegneria S.r.l.
via A. Zani 7, 48122 Ravenna, RA
www.acquaingegneria.it

Timbro e firma (per Acqua Ingegneria):

INDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.1 | Normativa tecnica | 4 |
| 3 | DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO..... | 5 |
| 4 | CRITERI DI PROGETTAZIONE | 5 |
| 5 | ASSUNZIONI E DATI DI INPUT | 6 |
| 6 | PUNTO DI PRESA E CONNESSIONE ALLA VASCA..... | 7 |
| 7 | DIMENSIONAMENTO VASCA DI ACCUMULO E LOCALE POMPE | 9 |
| 8 | DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO | 11 |
| 8.1 | Dimensionamento pompe | 11 |
| 8.2 | Dimensionamento casse d'aria..... | 12 |
| 9 | PUNTO DI CONSEGNA IN BANCHINA..... | 14 |
| 10 | VERIFICA STATICA DELLE CONDOTTE | 15 |
| 11 | CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI..... | 16 |
| 12 | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 18 |
| | APPENDICE A – DIMENSIONAMENTO IDRAULICO | |
| | APPENDICE B – VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI..... | |

1 PREMESSA

L'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico centro settentrionale (AdSP) ha incaricato Acqua Ingegneria della progettazione definitiva del sistema di approvvigionamento di acqua potabile per le navi da crociera in previsione dei lavori di urbanizzazione dell'area di Porto Corsini (RA). Le opere previste a cavallo tra i 2 stralci in cui è suddivisa l'area.



Fig.1.1 – Vista d'insieme degli stralci di progetto

Gli incarichi per questo stadio della progettazione prevedevano componenti paesaggistiche, morfologiche, impiantistiche e infrastrutturali dell'area volte al recupero e allo sviluppo del

turismo croceristico ed economico dell'area di Porto Corsini e dell'intera zona adriatica nell'intorno di Ravenna.

Nello specifico, la presente relazione si occupa solo degli aspetti idraulici della vasca. Negli elaborati consegnati è presente anche una relazione strutturale, gli elaborati grafici e le parti relative al computo metrico estimativo e disciplinare delle opere.

2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa tecnica

Le opere idrauliche sono progettate con riferimento alle seguenti normative:

- **UNI EN 1092** – Flange e loro giunzioni - Flange circolari per tubazioni, valvole, raccordi e accessori.
- **UNI EN 12201** - Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE).
- **UNI EN 124** – Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali.
- **UNI EN 1295** - Progetto strutturale di tubazioni interrato sottoposte a differenti condizioni di carico.
- **UNI EN 805** - Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici.
- **UNI EN 1074** - Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica.
- **UNI EN 558** - Valvole industriali - Scartamenti delle valvole metalliche impiegate su condotte flangiate.
- **UNI EN 545** - Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua.
- **UNI EN 12842** - Raccordi di ghisa sferoidale per sistemi di tubazioni di PVC-U o PE - Requisiti e metodi di prova.
- **UNI EN 13831** - Vasi di espansione chiusi a diaframma per impianti ad acqua.
- **UNI EN 14901** - Tubi, raccordi e accessori in ghisa sferoidale - Requisiti e metodi di prova per rivestimenti organici di raccordi ed accessori in ghisa sferoidale - Parte 1: Rivestimento epossidico (rinforzato)
- **UNI EN 10224** - Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi - Condizioni tecniche di fornitura.
- **DM 12 Dicembre 1985** – Norme Tecniche relative alle tubazioni.
- **D.M. 174 Ministero della Salute del 6/4/2004** - Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

Il Progetto *Opere di Urbanizzazione dell'area a servizio del Terminal Crociere a Porto Corsini di Ravenna* include l'incarico di progettazione definitiva della vasca di accumulo per approvvigionamento idrico alle navi da crociera.

Queste, durante la loro sosta nel Terminal Crociere, devono poter essere in grado di rifornirsi di acqua potabile. Tuttavia, il rifornimento non è automatico ma avviene solo se il sistema di produzione di acqua interno alla nave risulta malfunzionante.

Il sistema previsto da HERAtech definiva l'approvvigionamento massimo in 800 m³/giorno per nave fino ad un massimo di due navi in una finestra temporale diurna di 8 ore. Tale dato è stato mantenuto in questa fase progettuale.

Le opere oggetto di questo sistema quindi includono:

- Punto di stacco dalla rete pubblica e tubazioni di adduzione alla vasca
- Vasca di accumulo (dotata di No.2 compartimenti) e locale pompe
- Impianto pompaggio per l'approvvigionamento di acqua dolce
- Connessione con tubazione esistente in banchina

Sono anche stati prodotti degli elaborati grafici (06AP22_PD_03.01_r00, 06AP22_PD_03.02_r00 e 06AP22_PD_03.03_r00) che sono parte integrante di questa consegna.

Le opere sono state coordinate da Acqua Ingegneria con gli altri progettisti dello Stralcio 1 e Stralcio 2. Nello specifico la collocazione di tale vasca è stata definita nella sua attuale posizione nella riunione No. 8 del 28/07/2022 (Acqua Ingegneria, 2022) e il tracciato della tubazione dalla vasca alla banchina ha incontrato parere favorevole dal progettista delle strutture del Terminal (RINA) nella riunione di aggiornamento del 11/08/2022.

4 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Per le opere in oggetto sono stati considerati i seguenti criteri di progettazione.

| Elemento di progettazione | Riferimento |
|--|---|
| Verifica statica tubazioni - ovalizzazione | < 2,75% per DN250 ghisa < 6% per DN280 polietilene |
| Verifica statica tubazioni - cedimenti | < 25mm |

| | |
|---|---------|
| Velocità massima nelle condotte in pressione | < 2 m/s |
| Franco di sicurezza nella vasca al grado di massimo riempimento | 200mm |

5 ASSUNZIONI E DATI DI INPUT

Come menzionato precedentemente, Acqua Ingegneria ha mantenuto i dati volumetrici che erano stati definiti dalla relazione del progetto di fattibilità (HERAtech, 2020). Questi vengono riportati qui sotto:

- a) Richiesta acqua: 800 m³/giorno per nave
- b) Numero massimo di navi contemporaneamente presenti al terminal: 2
- c) Finestra temporale di approvvigionamento: 8 ore (diurna)
- d) Finestra temporale di riempimento vasca: dalle h. 22.00 alle h. 06.00 (notturna)

In aggiunta sono state fatte le seguenti assunzioni:

- a) Portata massima transitabile dalla vasca ai punti di approvvigionamento delle navi: 240 m³/ora (120 m³/ora per ogni nave)
- b) Uso esclusivo della vasca per rifornimento navi: non sono previsti in questo computo volumi d'acqua di altro uso (ad esempio irriguo o antincendio), questi avranno le proprie infrastrutture che saranno progettate da terzi
- c) Riutilizzo della tubazione esistente dall'ingresso della banchina fino ai punti di consegna alle navi (DN225 in polietilene).
- d) Disconnessione della tubazione esistente in polietilene dalla tubazione che si estende lungo la banchina: si prevede di mantenere la sezione di tubo DN225 fino alla futura struttura di vigilanza mezzi militari e ricovero barche.
- e) Punto di consegna dell'acqua potabile in banchina: +0m dal p.c. (+2,50m s.l.m.m.) ad una distanza di circa 120m dall'inizio della stessa (circa metà della sua estensione longitudinale).
- f) Pressione residua fornita alle navi: ca. 1,5 bar.
- g) Esclusione del dimensionamento dei quadri elettrici: non è previsto in questa relazione il dimensionamento dei quadri elettrici a servizio del sistema di pompaggio della vasca di accumulo.

I punti c) e d) sopra, sono stati discussi per mezzo e-mail con l'AdSP che non ha presentato obiezioni.

Il punto e) presenta uno dei fattori di rischio della presente progettazione, in quanto non è stato possibile ottenere indicazioni precise per quanto riguarda i dettagli di allaccio della tubazione esistente in banchina con le navi da crociera.

I dati di input forniti da AdSP e dagli altri gruppi di progettazione del presente progetto sono stati:

- Progetto Definitivo (tavole e relazioni) – *Opere di Urbanizzazione dell'area del Terminal Crociere a Porto Corsini* – datato 18.10.2018 – Seconda emissione
- Disegno As-Built della rete antincendio e di acqua potabile 20150505 - *Cartobase_Layout.dwg* – datato 19.05.2010
- Disegno As-Built della rete antincendio e di acqua potabile *URB 01-03 Urbanizzazione Rev.3.dwg* - datato 19.05.2010
- Disegno As-Built della rete antincendio e di acqua potabile *URB AsfaltoPontile ViabPC Rev.1.dwg* - datato 19.05.2010
- Disegno As-Built della rete antincendio e di acqua potabile *URB.01 PlanImp Rev.1.dwg* - datato 19.05.2010
- Disegno As-Built della rete antincendio e di acqua potabile *URB.01 PlanImp Rev.2.dwg* - datato 19.05.2010

6 PUNTO DI PRESA E CONNESSIONE ALLA VASCA

La derivazione dalla rete pubblica viene proposta in prossimità dell'allaccio della rete antincendio e di acqua potabile a servizio del nuovo terminal (cerchio rosso in figura sotto).

La soluzione è prevista con un raccordo a *T* flangiato DN250 in ghisa sferoidale PN(PFA)16. Viene previsto un relativo pozzetto di ispezione – con una valvola a saracinesca DN250 e relativo giunto di smontaggio a valle dell'intercettazione.

Non ci sono informazioni relative al tipo di giunto della tubazione esistente (si assume un giunto a bicchiere), di conseguenza sono previsti anche due giunti di connessione tra tubazione esistente e pezzo a *T* flangiato.

Essendo il tratto terminale della rete pubblica non sono previste problematiche per la rete locale; tuttavia, all'atto della realizzazione ci dovrà essere un coordinamento per ridurre al minimo (o escludere) l'interruzione dell'approvvigionamento idrico nella zona.

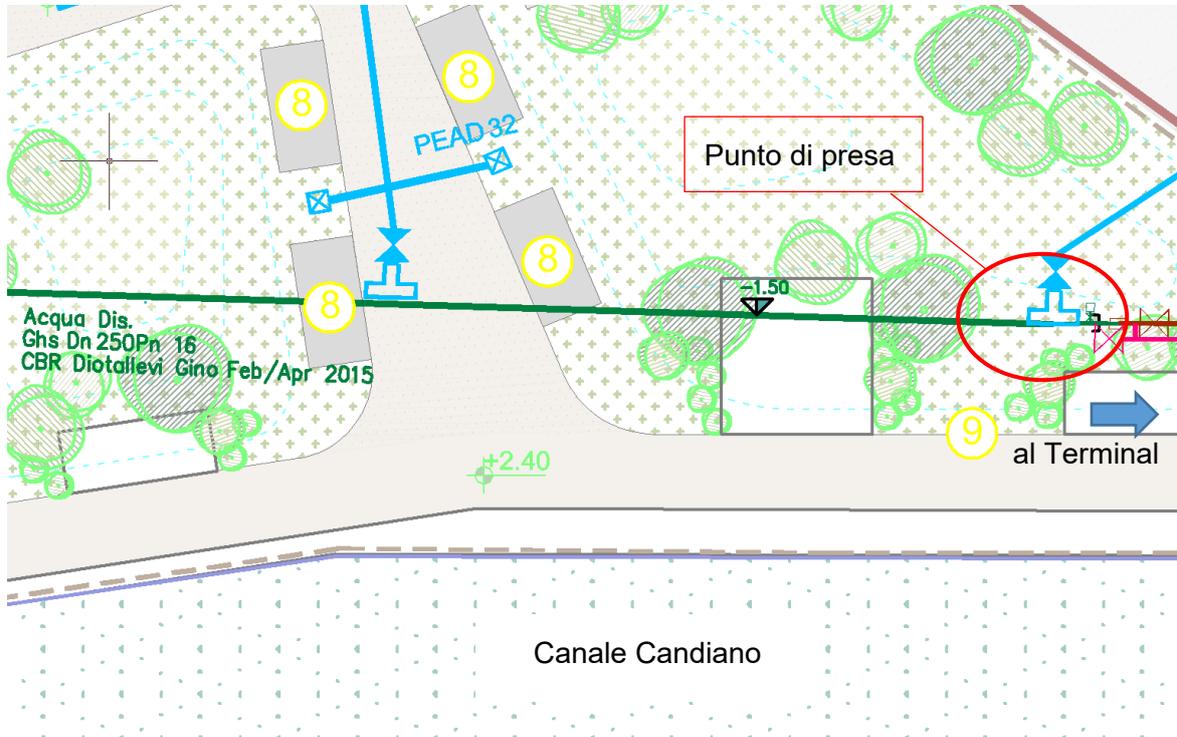


Fig. 6.1 – Schema del punto di presa

La nuova tubazione in ghisa sferoidale –DN250 PN (PFA)16 si estende fino alla vasca di accumulo per circa 125m (all'interno dello Stralcio 1). Immediatamente a monte della vasca, la tubazione si divide in No. 2 tubazioni di circa 50m in ghisa sferoidale DN250 PN(PFA)16 che si connettono con i due compartimenti della vasca stessa. Le tubazioni in ghisa devono essere rivestite con lega Zn-Al 400 gr/m² per evitare la corrosione causata dalla potenziale presenza di acqua marina.

La biforcazione in due tubi avviene in una camera di ispezione profonda all'incirca 2m dal piano campagna. Al suo interno sono previste No. 2 valvole a saracinesca e No.2 giunti di smontaggio.

Si prevede di installare aste telescopiche di manovra per le valvole in modo da poterle operare dal piano campagna. A corredo di ciò, i chiusini della camera di ispezione avranno delle aperture rettangolari sollevabili.

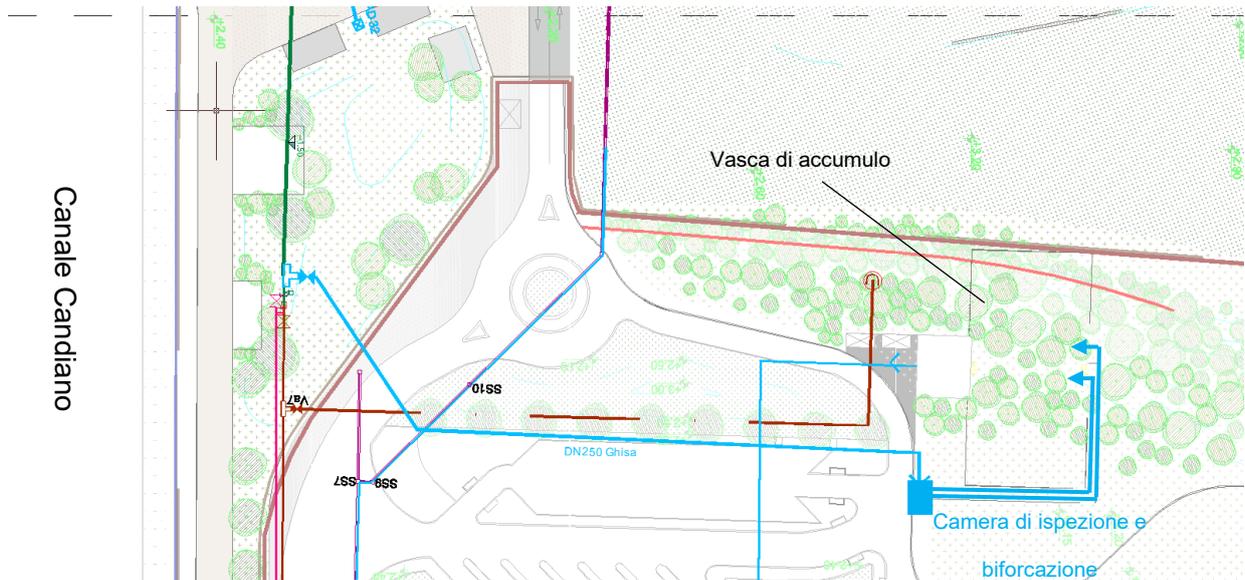


Fig. 6.2 Tracciato della derivazione fino alla vasca di accumulo (DN250 Ghisa)

I principali dati tecnici sono sotto riportati:

| Elemento | Valore |
|--|--|
| Profondità minima di posa tubazione | 1,2m dal p.c. (cielo tubo) per aree asfaltate 1,0m dal p.c. (cielo tubo) per aree verdi |
| Domanda idrica media per ricarica vasca (assunto 8 ore) | 56 l/s |
| Velocità media prevista nella tubazione | 1,1 – 1,2 m/s |

Il dettaglio della verifica statica si può trovare al capitolo 9 e in Appendice B.

Per maggiori informazioni si vedano gli elaborati grafici.

7 DIMENSIONAMENTO VASCA DI ACCUMULO E LOCALE POMPE

La localizzazione della vasca è stata concordata e condivisa da tutti i progettisti coinvolti nello Stralcio 1 e Stralcio 2 del progetto. Nello specifico si è deciso di accorpare i locali tecnici fuori terra (nel rispetto del RUE del Comune di Ravenna) in una zona dello Stralcio 1 tra la guardiania e la banchina e si prevede il piano di calpestio dei locali ad una quota di 20cm superiore al piano della strada.

La vasca di accumulo è stata progettata con due compartimenti separati in modo da poter effettuare la manutenzione su un compartimento alla volta e poter utilizzare l'altro senza interruzione di servizio.

Al di sopra della vasca si prevede un ricoprimento di 1m per consentire la piantumazione delle specie arboree del Parco.

Sono previsti dei setti in cemento armato internamente alla vasca e dei pozzetti di aggettamento per facilitare la presa verso il locale pompe.

In ogni compartimento sono previsti due accessi (diametralmente opposti) per le attività di manutenzione ed estrazione del volume morto d'acqua.

Il locale pompe risulta strutturalmente connesso con la vasca e si estende in altezza fuori terra per un valore di 3m dal p.c. La parte fuori terra ospiterà il quadro elettrico e le casse d'aria nonché una struttura elettromeccanica con rotaia che servirà per estrarre le pompe presenti sul fondo del locale e portarle al p.c. in caso di manutenzione programmata.

Le principali dimensioni della vasca e del locale tecnico sono sotto riportate:

| Elemento | Valore |
|---|----------------------|
| Larghezza totale dei compartimenti | 41,50m |
| Lunghezza totale dei compartimenti | 21,00m |
| Altezza utile totale dei compartimenti | 2,60m |
| Area utile di un compartimento | 378,00m ² |
| Quota di fondo dei compartimenti | -4,10m dal p.c. |
| Quota di fondo del pozzetto di aggettamento | -4,40m dal p.c. |
| Quota liquida minima in un compartimento | -3,85m dal p.c. |
| Quota liquida massima in un compartimento | -1,70m dal p.c. |
| Franco di sicurezza all'interno dei compartimenti | 200mm |
| Volume utile di un compartimento per accumulo acqua | 812,70m ³ |
| Larghezza totale del locale pompe | 11,00m |
| Lunghezza totale del locale pompe | 9,40m |

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Quota di fondo del locale pompe | -4,40m dal p.c. |
| Altezza tetto locale pompe | +3,00m dal p.c. |

Per maggiori informazioni si vedano i relativi elaborati grafici *06AP22_PD_03.01_r00* e *06AP22_PD_03.02_r00*.

8 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

8.1 Dimensionamento pompe

Il sistema di pompaggio è previsto con No.2 pompe installate a secco e No.1 pompa di riserva, queste sono previste a velocità variabile.

Il sistema di pompe, tubazioni, giunti e valvole è previsto al piano interrato con tubazioni DN200 e DN250 PN(PFA)16. Il materiale prevalente è l'acciaio con le apparecchiature in ghisa sferoidale.

Il sistema di tubazioni prevede la possibilità isolare ogni compartimento della vasca, consentendo l'approvvigionamento alle navi anche da un singolo compartimento quando sono in corso attività di manutenzione nell'adiacente.

Il calcolo della prevalenza totale (e quindi la selezione delle pompe) ha tenuto conto del tracciato a valle fino alla banchina. Questo è previsto in DN280 PE100-RC SDR11 per un'estensione di circa 240m. Da quel punto in poi la nuova tubazione si allaccia alla esistente DN225 PE80 SDR17 con opportuni giunti (per ulteriori dettagli si legga paragrafo 9).

I principali dati tecnici considerati nel dimensionamento dell'impianto di pompaggio sono:

| Elemento | Valore |
|---|--------|
| Altezza geodetica (ΔH_g) | 3,85m |
| Scabrezza assoluta della tubazione in PE100-RC (ϵ) | 0,02mm |
| Coefficiente di perdita di sbocco (k_s) | 1,00 |
| Coefficiente di perdita di imbocco (k_i) | 0,50 |
| Coefficiente di perdita di curva (90°) – (k_c) | 0,20 |
| Coefficiente di perdita di valvola (aperta) – (k_v) | 0,12 |

| | |
|---|--|
| Coefficiente di perdita di elemento di riduzione (k_r) | 0,05 |
| Minima sommergezza pompa in ingresso a pompa | 0,25m da centro diametro |
| Profondità minima di posa tubazione | 1,20m dal p.c. (cielo tubo). N.B.: locali approfondimenti fino a 2,50m dal p.c. sono richiesti in prossimità delle interferenze con le fognature bianche e nere |
| Portata massima di adduzione (come da punta a) del paragrafo 5) | 240 m ³ /ora (0,066 m ³ /s) |
| Velocità media prevista nella nuova condotta | 1,6m/s |

La selezione della pompa è ricaduta su un gruppo di 20,6 kW con efficienza del 75% e NPSH 3,89m. I giunti e le apparecchiature all'interno del locale pompe permettono di isolare ogni singola pompa e facilitarne la manutenzione e smontaggio. Le valvole sono state previste con aste di manovra fino al piano di calpestio del locale per facilitare le operazioni di apertura/chiusura.

Per ulteriori dettagli relativamente al locale pompe, si possono trovare i calcoli in Appendice A.

8.2 Dimensionamento casse d'aria

Nel presente progetto si prevede l'utilizzo di casse d'aria per ovviare a problematiche risultanti dal fenomeno del colpo d'ariete.

Le principali cause del colpo d'ariete sono:

- improvvise variazioni del prelievo,
- avvio delle pompe,
- spegnimento delle pompe,
- chiusura e apertura rapida degli organi di sezionamento,
- operazioni di lavaggio e svuotamento delle condotte,
- svuotamento di serbatoi d'alimentazione.

Nel caso in esame l'evento più gravoso e imprevedibile per l'impianto è l'arresto improvviso per guasto tecnico/perdita di potenza.

Lo spegnimento completo della pompa provoca una decelerazione e, di conseguenza, una depressione che si propaga con una velocità che dipende dalle caratteristiche del fluido e delle tubature. La pressione negativa può provocare gravi danni: la deformazione e la rottura dei tubi, lo spostamento delle guarnizioni e l'ingresso di sostanze contaminanti attraverso i punti di perdita.

Al fine di evitare tali fenomeni si prevede l'installazione di due casse d'aria (una di riserva in caso si debba effettuare la manutenzione sulla prima) che sono collegate alla mandata delle pompe. Ogni cassa d'aria è sezionabile dalla tubazione di mandata con una valvola a saracinesca DN100 in ghisa sferoidale.

L'installazione si prevede al piano di calpestio del locale pompe, in modo da poter renderne più agevole la manutenzione e l'installazione.

Le casse d'aria prescelte sono quelle di 750 litri di forma cilindrica con le seguenti misure:

| Elemento | Dimensione |
|---------------------|--------------|
| Diametro | 760mm |
| Altezza totale | 1,86m |
| Diametro di innesto | 2" (50,80mm) |

E' stata effettuata un analisi alle differenze finite che calcola a piccoli intervalli di tempo (1s)

I principali dati di input per la simulazione sono sotto riportati:

| Elemento | Valore |
|---|--------------------|
| Volume iniziale d'aria nella cassa | 0,25m ³ |
| Indice di resistenza della trasformazione (n) | 1,41 (adiabatica) |
| Celerità di propagazione dell'onda | 308 m/s |
| Tempo propagazione dell'onda | 2,3s |

La manovra in caso di arresto improvviso risulta chiaramente brusca, vengono di conseguenza calcolati i valori delle sovrappressioni e le equivalenti variazioni di volume tramite la formula:

$$Y_s \times W_s^n = Y \times W^n$$

Dove:

Y_s : carico piezometrico assoluto in condizioni statiche (m)

W_s : Volume dell'aeriforme in condizioni statiche (m³)

Y : carico piezometrico assoluto (m)

W : Volume dell'aeriforme (m^3)

n : Indice di resistenza (-)

Il valore di volume massimo risulta uguale a $0,60m^3$; si conferma quindi che 750 litri sono sufficienti. Per ulteriori dettagli relativamente alle casse d'aria, si possono trovare i calcoli in Appendice A.

9 PUNTO DI CONSEGNA IN BANCHINA

Relativamente alla consegna in banchina, si prevede di posare una nuova tubazione in polietilene (PE100-RC DN280 SDR11 PN(PFA)16) dal locale pompe fino all'estremità Ovest della stessa dove la nuova si connette con l'esistente in PE (DN225). L'estensione della nuova è di circa 240m (definito *tratto 1*), l'esistente è assunta pari a 120m (definito *tratto 2* - vedasi punto e) del paragrafo 5). Il tracciato prevede di attraversare l'area parcheggi e di aggirare a sud l'area dell'edificio principale. Dopo consultazione con il progettista del Terminal, non si sono riscontrate particolari problematiche con questo tracciato (RINA, 2022).

La tubazione deve essere provvista di uno strato protettivo in alluminio stagno per la natura potenzialmente contaminata del terreno da idrocarburi (AdSP, 2022) e per la presenza di probabile ingressione di acqua marina.

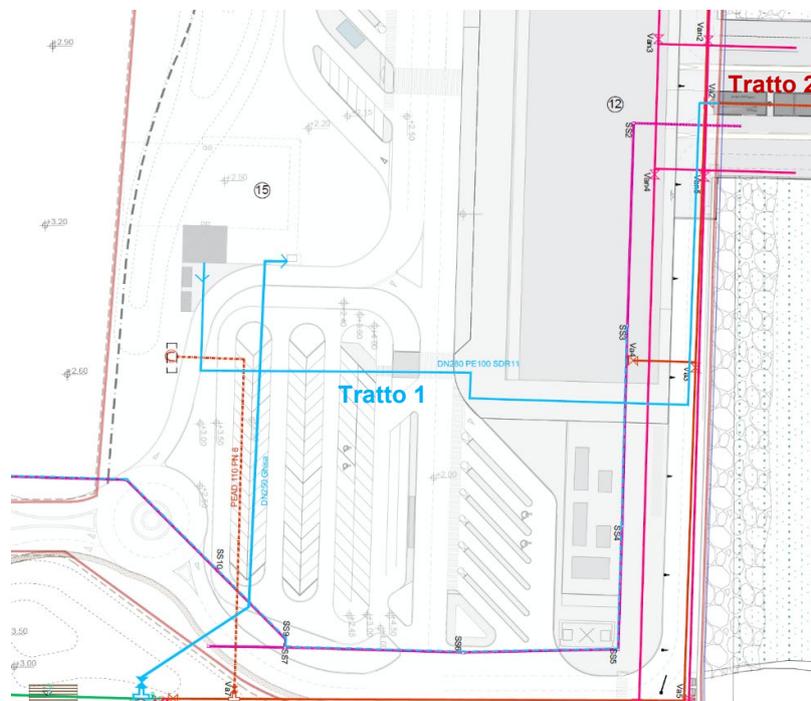


Fig.9.1 – Vista d'insieme del tratto di connessione tra vasca e banchina

L'ultimo tratto prima della connessione viene posata al di sotto delle linee di acqua potabile e antincendio esistenti con un abbassamento locale.

La connessione con la tubazione esistente è prevista con un pozzetto d'ispezione e una serie di giunti speciali in ghisa sferoidale flangiati. Si prevede inoltre la disconnessione della tubazione esistente dalla rete per consentire il collegamento della nuova. Nell'area sono presenti altre linee ma rimuovendo l'esistente valvola a saracinesca, è possibile posare un pozzetto 1,8m x 1,4m tra le linea di fogna e di illuminazione.

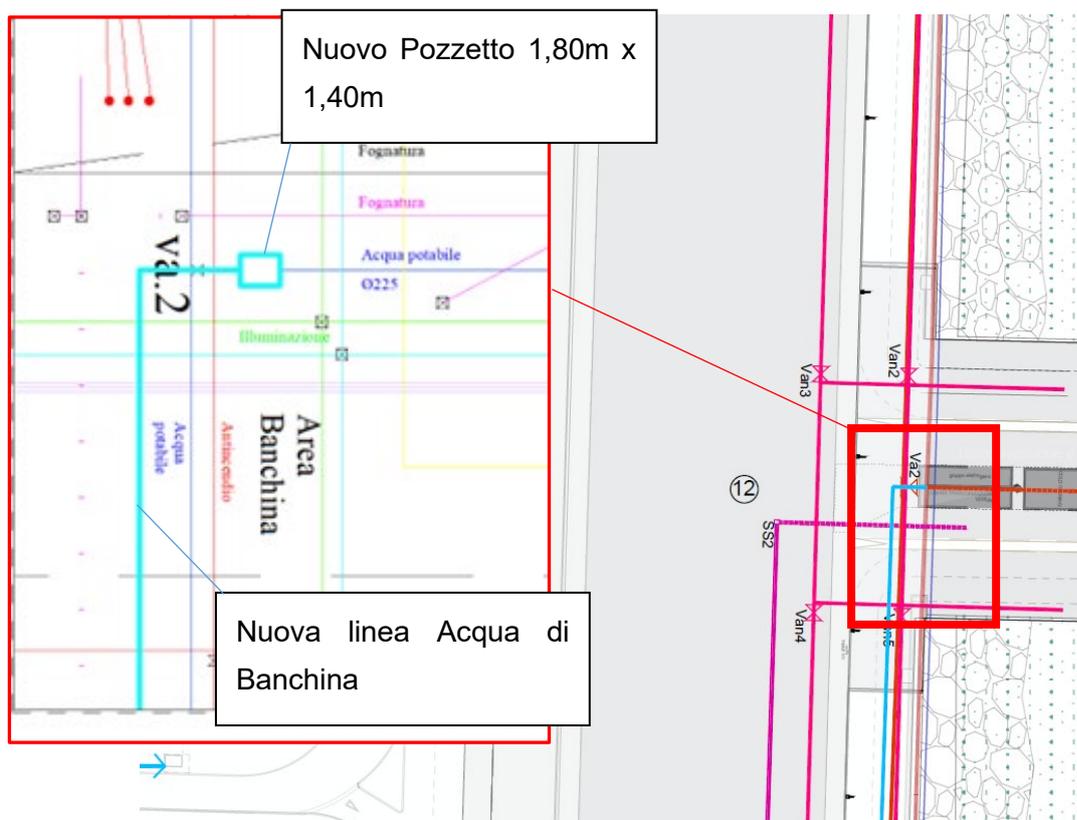


Fig. 9.2 – Vista d'insieme del punto di allaccio e vista con altri sottoservizi (estratto editato)

Per ulteriori dettagli, si vedano gli elaborati grafici.

Nel caso il progetto preveda il rifacimento dei sottoservizi presenti in banchina, la connessione con la tubazione proveniente dalla vasca di accumulo dovrà essere spostata e rettificata.

10 VERIFICA STATICA DELLE CONDOTTE

Sulla base dei tracciati proposti è stata eseguita la verifica statica delle condotte in Ghisa sferoidale e polietilene (PE100-RC SDR11). Si è considerata la normativa comunitaria EN 1295,

EN545 e EN9295. I carichi considerati sono stati quello del traffico ordinario e del peso del terreno sovrastante.

Il terreno nativo è stato valutato sulla base dei risultati dei sondaggi realizzati per la caratterizzazione dei terreni (Songeo, 2021). Questi evidenziano il terreno come a predominanza sabbiosa, limosa e argillose con talvolta ritrovamenti di terreno vegetale. Si sono quindi scelti parametri del terreno nativo molto cautelativi (< 1 MPa per Modulo di elasticità del terreno). La trincea è stata prevista con 0,8m di larghezza con sabbie omogenee con meno del 12% di parte fine. Lo spessore dello strato sottostante il tubo è previsto di 150mm minimo. Si prevede un addensamento della sabbia pari al 90% della prova Proctor modificata.

I risultati hanno evidenziato che le quote di posa prescelte (sommità tubo a minimo 1,2m dal p.c. per le aree asfaltate e 1,0m dal p.c. per le aree verdi) sono sufficiente per evitare fenomeni di eccessiva ovalizzazione o cedimento.

Nei pressi di interferenze con altri sottoservizi, le tubazioni devono essere posate con un locale approfondimento lasciando uno spessore di circa 30cm tra fondo tubazione di fognatura e sommità tubazione di acqua potabile.

Per ulteriori dettagli si veda l'Appendice B.

11 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

A seguito dell'incarico ricevuto da AdSP, Acqua Ingegneria ha provveduto al dimensionamento idraulico e strutturale della vasca di accumulo di acqua potabile per approvvigionamento delle navi da crociera. L'incarico si limitava a questi due elementi escludendo la componente impiantistica elettrica.

il posizionamento della vasca e il tracciato delle relative tubazioni di connessione con la rete pubblica e la banchina sono stati definiti dal coordinamento tra tutte le parti interessate nella progettazione dello Stralcio 1 d Stralcio 2. La progettazione e la scelta dei parametri progettuali hanno rispettato le norme comunitarie (cap. 2) e i valori di riferimento disponibili nella letteratura specifica di settore.

Sono stati mantenuti i dati di portata e volume da assicurare per le navi da crociera che erano stati definiti nel progetto di fattibilità (HERAtech, 2020).

Visto il riscontro di potenziale contaminazione da idrocarburi si suggerisce l'uso della tubazione in PE100-RC con uno strato protettivo di alluminio stagno. Qualora ci fosse la possibilità di

effettuare ulteriori analisi nella zona ed escludere contaminazione in prossimità dello scavo della trincea, anche una tubazione PE100-RC standard risulterebbe accettabile.

La tubazione in ghisa sferoidale viene prescritta con un rivestimento esterno di Zinco-Alluminio da 400 gr/m² per evitare la corrosione causata dall'acqua marina.

I dati relativi alla tubazione esistente in banchina sono limitati. In particolare, né il tracciato né le geometrie delle manichette di attacco alle navi sono pervenute ad oggi. Queste rappresentano un elemento di rischio che potrebbe far variare i calcoli relativi al sistema di pompaggio.

In fase di progettazione esecutiva, si ritiene necessario ricevere i disegni dello stato di fatto delle infrastrutture presenti nella banchina od eventualmente effettuare un rilievo dettagliato della zona, nonché ottenere le autorizzazioni e pareri relativi alle componenti impiantistiche in accordo con le norme del RUE del Comune di Ravenna.

12 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

HERAtech (2020), VASCA DI ACCUMULO TERMINAL CROCIERE PORTO CORSINI (RA)

Comune di Ravenna - Area Economia e Territorio (2009), Regolamento Urbanistico Edilizio – RUE5 – Norme Tecniche di Attuazione.

AdSP (2022), Opere di Urbanizzazione dell'area a servizio del Terminal Crociere a Porto Corsini di Ravenna – Documenti e Tavole

AdSP (2022), Opere di Urbanizzazione dell'area a servizio del Terminal Crociere a Porto Corsini di Ravenna, Analisi di Rischio Sanitaria ed Ambientale.

Songeo (2021), ATTUAZIONE DEL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE REPORT TECNICO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE Rev. 1.

Acqua Ingegneria (2022), VERBALE DI RIUNIONE DI COORDINAMENTO PROGETTO PARCO DELLE DUNE – in loco

RINA (2022), Call aggiornamento AcquaIng-RINA, e-mail di riassunto 11/08/2



Acqua Ingegneria S.r.l.
Via G. Antonio Zani, 7 – 48122 Ravenna

APPENDICE A – DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Terminal Crociere - Presa da rete pubblica

| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| richiesta | 0,056 m ³ /s | Vol riempibile (10pm - 6am) | 1612,8 m ³ |
| velocità media | 1,135 m/s | | |
| diametro tubo IN | 250,70399 mm | | |

Terminal Crociere - Punto di Recapito

| | | | | |
|-----|-------------------|----------|----------------|----------|
| Q | Q | Diametro | Area | Velocità |
| L/S | m ³ /s | m | m ² | m/s |
| | 66,6 | 0,0666 | 0,229 | 0,041187 |
| | | 0,0666 | 0,198 | 0,030791 |
| | | | | 2,163 |

Quota punto di recapito 0 m dal p.c.

Quota punto di presa -3,85 m dal p.c.

Punto data

| | | |
|---------------------------|--------|------------|
| DN - esistente - tratto 1 | 280 mm | SDR11 PN16 |
| Lunghezza tubo - tratto 1 | 240 m | |
| DN - esistente - tratto 2 | 225 mm | SDR17 PN8 |
| Lunghezza tubo - tratto 2 | 120 m | |

perdite

| | |
|---------|-------------|
| imbocco | 0,0666615 m |
| sbocco | 0,2385536 m |

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| scabrezza assoluta (k) | 0,02 mm |
| scabrezza relativa | 7,143E-05 - tratto 1 |
| scabrezza relativa | 8,889E-05 - tratto 2 |
| R _n (raggio idraulico) | 0,05725 m |
| v (viscosità cinematica) | 1,01E-06 m ² /s |
| Reinolds number | 366629,57 - tratto 1 |
| Reinolds number | 424031,17 - tratto 2 |
| f (moody) - tratto 1 | 0,0145 - tratto 1 |
| f (moody) - tratto 2 | 0,0145 - tratto 2 |
| Perdite distribuite | 2,0260429 m - tratto 1 |
| Perdite distribuite | 2,0963805 m - tratto 2 |

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Curva (90°) | 5 - |
| Curva (45°) | 0 - |
| K (90deg) | 0,2 - no curve a gomito |
| k(45deg) | 0,5 - |
| Perdite di carico di curva | 0,1333229 m |

| | |
|----------------------------|--------|
| Valvole aperte e riduzioni | 1 - |
| K (valvole aperte) | 0,12 - |
| K (riduzione) | 0,05 - |

Perdita di carico di valvole/riduzioni 0,0279264 m

Perdite totali 4,5888879 m

Prevalenza residua 15 m

Prevalenza totale

ΔH 23,438888 m

NPSH

| | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| NPSH richiesto | 3,89 m | |
| Tensione vapore acqua | 2300 Pa | 20 deg |
| Pressione atmosferica | 101230 Pa | |
| Minima sommergenza | 0,25 m | da centro diametro |
| perdita di carico pre pompa | 0,0666615 m | |

NPSH disponibile 10,27206 m OK

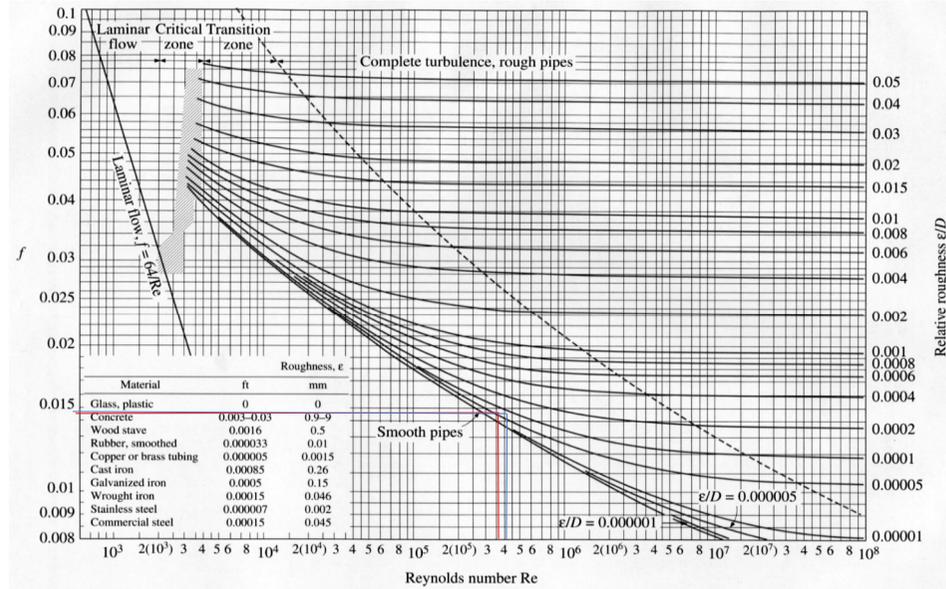


FIGURE A-27
The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

Potenza Pompe (2+1)

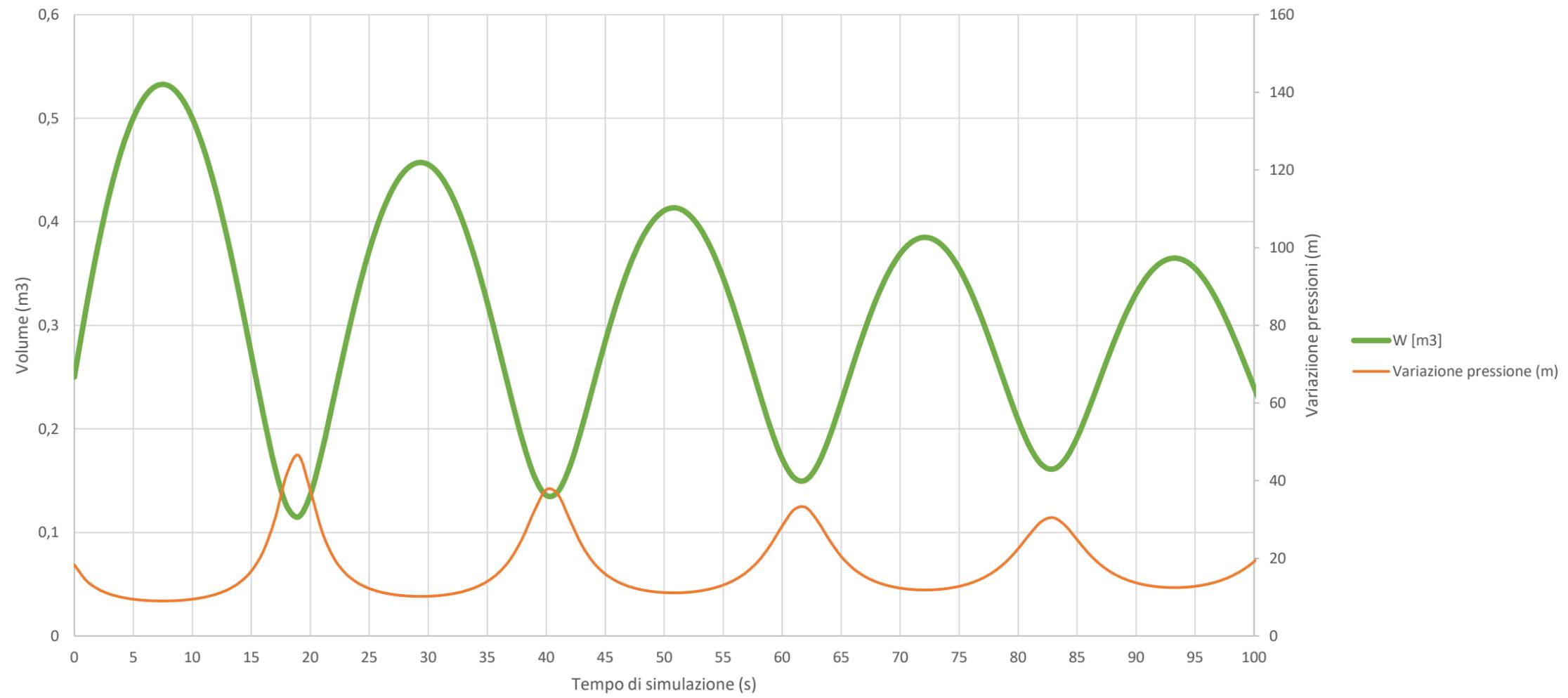
rendimento 0,75 -
9,806 kN/m2

20,40995 kW

CASSA D'ARIA

| | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|------------|--------------------|-------------------------------|---|
| Lunghezza condotta | L | 360 | m | | |
| Diametro | De | 280 | mm | 0,28 m | |
| Spessore | t | 25,4 | mm | 0,0254 m | |
| Diametro interno | Di | 229,2 | mm | 0,2292 m | |
| Viscosità Cinematica | v | 1,006 | mm ² /s | 0,000001006 m ² /s | |
| Compressibilità del Fluido | e | 2,03E+09 | N/m ² | 2,07E+08 kg/m ² | |
| Densità del fluido | ρ | 1000 | kg/m ³ | | |
| Portata | Q | 66,6 | l/s | 0,0666 | |
| Area | A | 41259,039 | mm ² | 0,041259039 m ² | |
| Scabrezza assoluta | ε | 0,02 | mm | 0,00002 m | |
| Materiale | | PE | | | |
| Modulo elasticità | E | 1100000000 | N/m ² | 1,12E+08 kg/m ² | |
| Velocità | V | 1,61419174 | m/s | | |
| Numero di Reynolds | Re | 367766,15 | - | | |
| Indice di resistenza | λ | 0,01124305 | | | |
| Indice di resistenza | n | 1,41 | | | |
| Dislivello Geodetico | ΔH _g | 3,85 | m | | |
| Perdite di carico distribuite | Y0 | 4,13 | m | | |
| Pressione atmosferica | | 10,33 | | | |
| | Ys | 14,18 | | | |
| Celerità | c | 308,40 | m/s | | |
| | | 308,40 | | | |
| Ritmo | r | 2,334631 | s | | |
| Velocità iniziale | V0 | 1,61419174 | m/s | | |
| Caduta di carico iniziale | Y0 | 14,18 | m/s | beta | 0 |
| Volume iniziale della casse d'aria | W0 | 0,25 | m ³ | | |
| Volume della cassa | Ws | 0,6 | m ³ | | |

Volume e Variazione di pressioni





Acqua Ingegneria S.r.l.
Via G. Antonio Zani, 7 – 48122 Ravenna

APPENDICE B – VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI

Verifica tubazione DN250 Ghisa Sferoidale - Aree asfaltate

Dati di input

| | | u.d.m. | note | | |
|----------------------------------|------------------|-------------------|----------|-------------------|--------------------|
| Tipo di flusso | In pressione | - | | | |
| Materiale | Ghisa Sferoidale | - | | | |
| D (diametro) | 0,25 | m | | | |
| spessore parete | 0,0039 | m | 3,9 | mm | Spessore da EN 545 |
| Profondità cielo tubo | 1,2 | m | | | |
| Diametro esterno | 0,2578 | m | | | |
| Larghezza della trincea | 0,8 | m | | | |
| Inerzia | 4,94325E-09 | m ³ | | | |
| E (modulo di elasticità - Young) | 165000 | MN/m ² | | | |
| S (rigidezza del tubo) | 0,05220072 | MN/m ² | 52,20072 | kN/m ² | |

Dati del suolo

| | | |
|--|-------------|-------------------|
| E'3 (Modulo di Young del suolo nativo) | 0,5 | MN/m ² |
| E'2 (Modulo di Young della trincea) | 7 | MN/m ² |
| D _L | 1,25 | - |
| K _x | 0,1 | - |
| Peso specifico del suolo | 19,6 | kN/m ³ |
| CL | 0,265126409 | - |
| E' | 1,855884863 | MN/m ² |

Calcolo Peso terreno

| | | |
|---------------------|-------------|-------------------|
| trincea controllata | | |
| n | 0,222633541 | |
| C1 | 2,113539858 | - |
| Kμ' | 0,13 | - |
| Cd | 1,242088944 | - |
| Pb | 41,16320641 | kN/m ² |

Carico del traffico

| | | |
|------------------|-------------|-------------------|
| Strada ordinaria | | |
| Pt | 47,96361372 | kN/m ² |

Verifica all'ovalizzazione

| | | | | |
|-------------------|-------------|---|---------|----|
| DLsr | 1,044526708 | | | |
| Y (ovalizzazione) | 1,713586228 | % | < 2,75% | OK |

Cedimenti della fondazione

| | | | | |
|-------------------------------|-------------|----|--------|----|
| Z (cedimenti) | 5,159388623 | mm | < 25mm | OK |
| Spessore dello strato di posa | 0,15 | m | | |

| Soil Type | Native soil modulus E'3 in MN/m ² for various conditions | | | | |
|------------|---|-------|--------------|---------|------------|
| | Very dense | Dense | Medium dense | Loose | Very loose |
| Gravel | Over 40 | 15-40 | 9-15 | 5-9 | 3-5 |
| Sand | 15-20 | 9-15 | 4-9 | 2-4 | 1-2 |
| Silty sand | 10-15 | 6-10 | 2,5-6 | 1,5-2,5 | 0,5-1,5 |

| Modulus of soil Reaction Of the bed E'2 (MN/m ²) | State of compaction of various bedding materials to give required modulus of soil reaction & corresponding deflection lag factor values | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Single sized Gravel (S1) (K _x = 0.083) | Graded Gravel (S2) (K _x = 0.083) | Sand with less than 12% fines (S3) (K _x = 0.100) | Sand with more than 12% fines (S4) (K _x = 0.100) |
| 10 | 90% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.0 | - - | - - |
| 7 | 80-85% MPD D _L = 1.25-1.0 | 85% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.25 | - - |
| 5 | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 1.25 | 85% MPD D _L = 1.5 | 90% MPD D _L = 1.25 |
| 3 | - - | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 2.0 | 85% MPD D _L = 1.5 |

Verifica tubazione DN250 Ghisa Sferoidale - Aree verdi

Dati di input

| | | u.d.m. | note | |
|----------------------------------|------------------|-------------------|----------|-----------------------|
| Tipo di flusso | In pressione | - | | |
| Materiale | Ghisa Sferoidale | - | | |
| D (diametro) | 0,25 | m | | |
| spessore parete | 0,0039 | m | 3,9 | mm Spessore da EN 545 |
| Profondità cielo tubo | 1 | m | | |
| Diametro esterno | 0,2578 | m | | |
| Larghezza della trincea | 0,8 | m | | |
| Inerzia | 4,94325E-09 | m ³ | | |
| E (modulo di elasticità - Young) | 165000 | MN/m ² | | |
| S (rigidezza del tubo) | 0,05220072 | MN/m ² | 52,20072 | kN/m ² |

Dati del suolo

| | | |
|--|-------------|-------------------|
| E'3 (Modulo di Young del suolo nativo) | 0,5 | MN/m ² |
| E'2 (Modulo di Young della trincea) | 7 | MN/m ² |
| D _L | 1,25 | - |
| K _x | 0,1 | - |
| Peso specifico del suolo | 19,6 | kN/m ³ |
| CL | 0,265126409 | - |
| E' | 1,855884863 | MN/m ² |

Calcolo Peso terreno

| | | |
|---------------------|-------------|-------------------|
| trincea controllata | | |
| n | 0,222633541 | |
| C1 | 2,113539858 | - |
| K _μ ' | 0,13 | |
| Cd | 1,067202486 | - |
| Pb | 35,36741585 | kN/m ² |

Carico del traffico

| | | |
|------------|-------------|-------------------|
| Aree Verdi | | |
| Pt | 35,09259259 | kN/m ² |

Verifica all'ovalizzazione

| | | | | |
|-------------------|-------------|---|---------|----|
| DLsr | 1,044526708 | | | |
| Y (ovalizzazione) | 1,3570611 | % | < 2,75% | OK |

Cedimenti della fondazione

| | | | | |
|-------------------------------|-------------|----|--------|----|
| Z (cedimenti) | 4,299490519 | mm | < 25mm | OK |
| Spessore dello strato di posa | 0,15 | m | | |

| Soil Type | Native soil modulus E'3 in MN/m ² for various conditions | | | | |
|------------|---|-------|--------------|---------|------------|
| | Very dense | Dense | Medium dense | Loose | Very loose |
| Gravel | Over 40 | 15-40 | 9-15 | 5-9 | 3-5 |
| Sand | 15-20 | 9-15 | 4-9 | 2-4 | 1-2 |
| Silty sand | 10-15 | 6-10 | 2,5-6 | 1,5-2,5 | 0,5-1,5 |

| Modulus of soil Reaction Of the bed E'2 (MN/m ²) | State of compaction of various bedding materials to give required modulus of soil reaction & corresponding deflection lag factor values | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Single sized Gravel (S1) (K _x = 0.083) | Graded Gravel (S2) (K _x = 0.083) | Sand with less than 12% fines (S3) (K _x = 0.100) | Sand with more than 12% fines (S4) (K _x = 0.100) |
| 10 | 90% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.0 | - - | - - |
| 7 | 80-85% MPD D _L = 1.25-1.0 | 85% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.25 | - - |
| 5 | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 1.25 | 85% MPD D _L = 1.5 | 90% MPD D _L = 1.25 |
| 3 | - - | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 2.0 | 85% MPD D _L = 1.5 |

Verifica tubazione DN280 PE100-RC - SDR11

| Dati di input | valore | u.d.m. | note |
|---|--------------|-------------------|---------------|
| Tipo di flusso | In pressione | - | |
| Materiale | PE&PVC | - | |
| D (diametro) | 0,228 | m | |
| t (spessore) | 0,0263 | m | |
| Profondità di posa (cielo tubo) | 1,2 | m | |
| Diametro esterno | 0,2806 | m | |
| B (larghezza trincea di posa) | 0,8 | m | |
| MRS | 10 | MN/m ² | |
| SN (Rigidità nominale) | 8 | kN/m ² | |
| γt (Peso specifico terreno) | 19,6 | kN/m ³ | |
| I (inerzia) | 1,51595E-06 | m ³ | |
| E (Modulo di elasticità del materiale del tubo) | 200 | MN/m ² | lungo termine |
| E (Modulo di elasticità del materiale del tubo) | 1100 | MN/m ² | breve termine |
| S _b (rigidezza del tubo a breve termine) | 140,6935356 | kN/m ² | |
| S _s (rigidezza del tubo a lungo termine) | 25,58064284 | kN/m ² | |

| Dati del suolo nativo | valore | u.d.m. | note |
|--|--------------------------|-------------------------------|------------|
| Tipo di suolo | Sabbia argillosa, limosa | | |
| MPD (Densità Proctor modificata) | 90 | % | |
| Tipo di riempimento | S3 | Sand with less than 12% fines | |
| E'3 (Modulo di Young del suolo nativo) | 0,5 | MN/m ² | |
| E'2 (Modulo di Young della trincea) | 7 | MN/m ² | Vedi tab 2 |
| E' (Modulo di Young del complesso suolo/riempimento) | 1,551720303 | MN/m ² | |
| CL | 0,221674329 | - | |
| K _s | 0,1 | - | |
| D _L (deflection lag factor) | 1,25 | - | Vedi tab 2 |

| Carico del terreno sovrastante | valore | u.d.m. | note |
|--------------------------------|--------|-------------------|------|
| C1 | 1 | | |
| C2 | 1 | | |
| Pb (carico terreno) | 23,52 | KN/m ² | |

| Carico del Traffico | valore | u.d.m. | note |
|----------------------------|------------------|-------------------|------|
| Tipo di Traffico | Strade ordinarie | | |
| Pt (Sovraccarico traffico) | 47,96361372 | KN/m ² | |

| Verifica alla rottura | valore | u.d.m. | note |
|-----------------------|-------------|-------------------|------|
| Pcrl - breve termine | 421,6253593 | kN/m ² | |
| Pcrs - lungo termine | 240,2188241 | kN/m ² | |

| FOS (fattore di sicurezza) | valore | u.d.m. | note |
|--|-------------|-------------------|------|
| FOS | 3,914653321 | >2 ?? | OK |
| Pcra - in caso di scavo adiacenti o sbancamenti nei pressi | 613,9354282 | kN/m ² | |
| FOS - case of adjacent temporary excavations | 26,10269678 | >2 ?? | OK |

| Ovalizzazione | valore | u.d.m. | note |
|-----------------|------------|--------|-----------------------------|
| Y (Check Notes) | 0,59439597 | <6% ? | Tubi in pressione se H<2.5m |

Native soil Modulus - Tab 1

| Soil type | Spangler modulus for soils in various conditions (MN/m ²) | | | | |
|--------------------|---|----------|--------------|------------|------------|
| | Very dense | Dense | Medium dense | Loose | Very loose |
| Gravel | Over 40 | 15 to 40 | 9 to 15 | 5 to 9 | 3 to 5 |
| Sand | 15 to 20 | 9 to 15 | 4 to 9 | 2 to 4 | 1 to 2 |
| Clayey, silty sand | 10 to 15 | 6 to 10 | 2.5 to 6 | 1.5 to 2.5 | 0.5 to 1.5 |
| Clay | Very hard | 11 to 14 | | | |
| | Hard | 10 to 11 | | | |
| | Very stiff | 6 to 10 | | | |
| | Stiff | 4 to 6 | | | |
| | Firm | 3 to 4 | | | |
| | Soft | 1.5 to 3 | | | |
| Very soft | 0 to 1.5 | | | | |

Embedment soil modulus - Tab 2

| Modulus of soil Reaction Of the bed E' ₂ (MN/m ²) | State of compaction of various bedding materials to give required modulus of soil reaction & corresponding deflection lag factor values | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Single sized Gravel (S1) (K _x = 0.083) | Graded Gravel (S2) (K _x = 0.083) | Sand with less than 12% fines (S3) (K _x = 0.100) | Sand with more than 12% fines (S4) (K _x = 0.100) |
| 10 | 90% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.0 | - | - |
| 7 | 80-85% MPD D _L = 1.25-1.0 | 85% MPD D _L = 1.0 | 90% MPD D _L = 1.25 | - |
| 5 | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 1.25 | 85% MPD D _L = 1.5 | 90% MPD D _L = 1.25 |
| 3 | - | Uncompacted D _L = 1.5 | 80% MPD D _L = 2.0 | 85% MPD D _L = 1.5 |