

|              |   |                           |                         |  |  |
|--------------|---|---------------------------|-------------------------|--|--|
| Snamprogetti | <b>CLIENTE</b><br>Syndial e Società coinsediate                           | <b>COMMESSA</b><br>1265Q0 | <b>UNITA'</b><br>RISAMB |  |  |
|              | <b>LOCALITA'</b><br>Porto Marghera (VE)                                   | <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                         |  |  |
|              | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>Progetto definitivo di bonifica della falda | Fg. 1 di 37               | <b>Rev.</b>             |  |  |
|              |   |                           | 1                       |  |  |

*Stabilimento Petrolchimico di Porto Marghera (VE)*

**PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA  
DEL SITO SYNDIAL (DM 471/99)**

**PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLA FALDA**

*Syndial e Società Coinsediate*

**VOLUME VI**

*INTERVENTI RELATIVI ALLE ACQUE DI IMPREGNAZIONE NEL RIPORTO*

*Relazione tecnica sito specifica  
aree di proprietà Syndial (Nuovo Petrolchimico)*

|             |                    |                  |                   |                  |             |
|-------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------|
|             |                    |                  |                   |                  |             |
| 1           | Emissione          | Molinelli        | Aprèa             | D'Emilio         | 11/10/05    |
| <b>Rev.</b> | <b>Descrizione</b> | <b>Elaborato</b> | <b>Verificato</b> | <b>Approvato</b> | <b>Data</b> |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 2 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 SCOPO ED OBIETTIVI</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2 INQUADRAMENTO DELL'AREA</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO   | 5         |
| 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO  | 7         |
| 2.2.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE   | 7         |
| 2.2.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE   | 8         |
| 2.3 INQUADRAMENTO QUALITATIVO  | 10        |
| 2.3.1 STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE  | 10        |
| <b>3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA NELLE ACQUE DI IMPREGNAZIONE NEL RIPORTO</b> | <b>11</b> |
| 3.1 DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA   | 11        |
| 3.1.1 GENERALITÀ E FASI DI LAVORO  | 11        |
| 3.1.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE TRINCEE DRENANTI                                     | 13        |
| 3.1.3 CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELLE TRINCEE   | 14        |
| 3.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI E CRITERI DI SCELTA DEL MATERIALE UTILIZZATO         | 14        |
| 3.2.1 PICCHETTAMENTO DEL TRACCIATO DELL'OPERA  | 14        |
| 3.2.2 ESECUZIONE INDAGINI PRELIMINARI  | 14        |
| 3.2.3 TAGLIO DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE E RIMOZIONE DELLA SOTTOSTANTE MASSICCIA         | 17        |
| 3.2.4 SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA  | 17        |
| 3.2.5 POSA IN OPERA DEL GEOSINTETICO E SUE CARATTERISTICHE PROGETTUALI                     | 17        |
| 3.2.6 POSA IN OPERA DEL SISTEMA DI COLLETTAMENTO E SUE CARATTERISTICHE PROGETTUALI         | 19        |
| 3.2.7 RIEMPIMENTO CON MANTO DRENANTE E SUE CARATTERISTICHE PROGETTUALI                     | 19        |
| 3.2.8 POSA IN OPERA DI MISTO STABILIZZATO E SUE CARATTERISTICHE PROGETTUALI                | 20        |
| 3.2.9 RIPRISTINO DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE   | 21        |
| 3.2.10 EQUIPAGGIAMENTO DELLA TRINCEA DRENANTE  | 22        |
| 3.2.11 COMPLETAMENTO DELLE TESTE DELLE OPERE DRENANTI                                      | 22        |
| 3.2.12 PULIZIA E SPURGO DELLA TRINCEA  | 22        |
| 3.2.13 COLLETTAMENTO AL TAF  | 23        |
| 3.3 SPECIFICHE TECNICHE SUI MATERIALI UTILIZZATI   | 24        |
| 3.3.1 GENERALITÀ   | 24        |
| 3.3.2 ACCETTAZIONE DEI LAVORI  | 25        |
| 3.4 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE  | 25        |
| 3.4.1 SISTEMAZIONE ED ALLESTIMENTO AREE DI CANTIERE  | 25        |
| 3.4.2 VERIFICA SERVIZI E SOTTOSERVIZI  | 26        |
| 3.4.3 RIPRISTINI FINALI  | 26        |
| <b>4 CONTROLLO DI QUALITÀ SUGLI INTERVENTI E SUI MATERIALI UTILIZZATI</b>                  | <b>27</b> |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 3 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>4.1</b> | <b>REALIZZAZIONE TRINCEA DRENANTE</b>                                | <b>27</b> |
| <b>4.2</b> | <b>MATERIALI UTILIZZATI</b>  | <b>27</b> |
| <b>5</b>   | <b><u>PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE</u></b>                      | <b>28</b> |
| <b>5.1</b> | <b>TRINCEA DRENANTE</b>  | <b>28</b> |
| <b>6</b>   | <b><u>MODALITA' DI LAVORO E CRITERI DI PROTEZIONE AMBIENTALE</u></b> | <b>29</b> |
| <b>7</b>   | <b><u>MODALITA' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA</u></b>         | <b>31</b> |
| <b>7.1</b> | <b>TERRENI DI RISULTA DALLE ESCAVAZIONI</b>                          | <b>31</b> |
| <b>7.2</b> | <b>ACQUE REFLUE</b>  | <b>31</b> |
| <b>8</b>   | <b><u>CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'</u></b>                         | <b>32</b> |
| <b>9</b>   | <b><u>STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO</u></b>                        | <b>33</b> |
| <b>9.1</b> | <b>ELENCO VOCI</b>   | <b>34</b> |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 4 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

## 1 SCOPO ED OBIETTIVI

Scopo del presente documento è descrivere gli interventi finalizzati al drenaggio delle acque di impregnazione nel riporto all'interno delle aree di proprietà Syndial ubicate nel Nuovo Petrolchimico dello Stabilimento di Porto Marghera (VE). Gli obiettivi che si intende perseguire per la bonifica di tali acque mediante sistemi di tipo *pump&treat*, sono descritti nella relazione tecnico descrittiva generale.

I sistemi di drenaggio delle acque di impregnazione nel riporto saranno collettati, mediante apposito sistema di tubazioni, verso l'impianto trattamento acque di falda (TAF) di nuova realizzazione, il cui progetto è parte integrante del PDB (cfr. VOLUME VIII).

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 5 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

## 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il polo industriale di Porto Marghera (Comune di Venezia) si estende su una superficie di circa 2000 ha ed è diviso in 2 zone (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> zona industriale); esso si sviluppa nella parte centrale della laguna (circa 5 km a nord-ovest del centro storico di Venezia) ed è delimitato, su due lati, dalle aree residenziali di Mestre, Marghera e Malcontenta.

L'area di intervento ricade nella tavoletta "Mestre" in scala 1:25000 del foglio I.G.M. n. 51 II NO della Carta Topografica d'Italia.

Viene di seguito riportata una descrizione sintetica delle aree di proprietà Syndial interne al Nuovo Petrolchimico; in particolare sarà riportata:

- descrizione geografica e morfologica delle aree,
- descrizione dell'insediamento industriale,
- descrizione geologica ed idrogeologica,
- descrizione dello stato qualitativo desunta dai PdC.

### 2.1 Inquadramento geografico e morfologico

La penisola del Nuovo Petrolchimico, oggetto del presente documento, si estende su una superficie di ca. 470 ha ed è limitata a S dal Canale Industriale Sud, ad E dal Canale San Leonardo-Marghera, a NE dal Canale Industriale Ovest e a NW dal Canale Lusore-Brentelle/Darsena della Rana.

Le aree di proprietà Syndial (eccezione fatta per le Isole 31-32 e 45-48), presenti nel NP, occupano una superficie di ca. 150 ha e sono raffigurate nella figura sottostante (vedi **Fig. 2.1/A** seguente).

Morfologicamente l'area del Nuovo Petrolchimico si presenta regolare e generalmente pianeggiante, con quote topografiche variabili da ca. -0,5 m a ca. 4,5 m s.l.m..

Com'è noto, l'area sulla quale sorge il Nuovo Petrolchimico è di origine artificiale e fu guadagnata alla laguna mediante imbonimento dell'area barenale con enormi quantità di rifiuti provenienti dalla Prima Zona Industriale e con materiali di risulta provenienti dall'escavo dei canali industriali.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 6 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

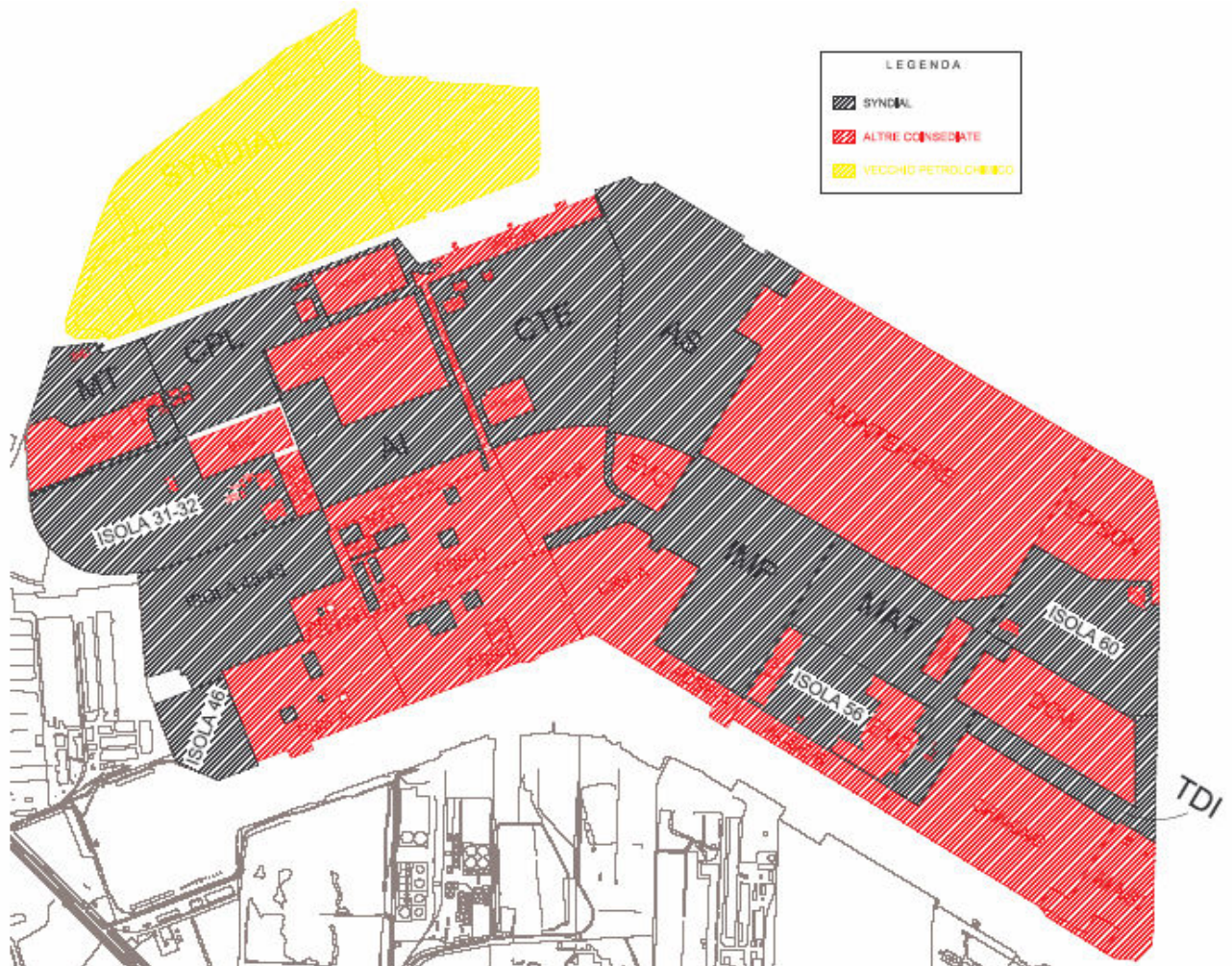


Fig. 2.1/A. Ubicazione aree di proprietà Syndial nel NP

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 7 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

## 2.2 Inquadramento geologico-idrogeologico

### 2.2.1 Caratteristiche litostratigrafiche

La successione dei terreni, sotto il profilo stratigrafico, risulta piuttosto omogenea e caratterizzata dalla presenza di strati granulari (a prevalente componente sabbiosa) alternati a strati coesivi (a componente più fine predominante), che sono entrambi interessati, generalmente, da interdigitazioni laterali e intercalazioni di livelletti centimetrici di materiale di transizione prevalentemente limosi.

In tale tipo di successione, appare evidente come le caratteristiche di permeabilità dei principali strati risultino spesso condizionate dalla presenza di materiali percentualmente non rilevanti.

In tali condizioni, è tuttavia possibile operare una schematizzazione in livelli litostratigrafici più macroscopici, che possono essere distinti in relazione alla predominanza dei litotipi a granulometria fine su quelli a granulometria più grossolana e viceversa. Tali strati, pur presentando al loro interno elementi di discontinuità quali lenti e livelli centimetrici di frazioni litologiche percentualmente secondarie, risultano arealmente ben correlabili e assumono un ruolo e un significato ben preciso sotto il profilo idrogeologico, in termini di condizionamento del flusso idrico sotterraneo.

In dettaglio, procedendo dall'alto verso il basso, la successione litostratigrafica del sottosuolo dell'area può essere così schematizzata:

1) *Terreni e materiali eterogenei di riporto.*

La copertura artificiale di riporto è di natura molto eterogenea ed è generalmente rappresentata da sabbie frammiste a ghiaia, ciottoli e frammenti di laterizi, sabbie fini e limose, argille, limi argillosi e sabbiosi con veli e punti di sostanze organiche vegetali. Solo puntualmente, e limitatamente ai livelli più superficiali, si rinvencono residui di lavorazioni industriali frammisti con terreni e materiali di natura eterogenea.

2) *Argille, limi argillosi e torbe (livello impermeabile superiore)*

Tale livello è rinvenibile con buona continuità su tutta l'area indagata, al di sotto dello strato di riporto ed è costituito da:

- \* argille da debolmente limose a limose, di colore da grigio a nocciola, talora con noduli e venature nerastre e tracce di sostanze organiche vegetali;
- \* limi argillosi, a luoghi debolmente sabbiosi, compatti, di colore da grigio a nocciola, con locale presenza di veli di argilla, concrezioni carbonatiche e venature ocracee o nocciola;
- \* livelli torbosi a matrice limosa o argillosa, di colore da marrone a marrone scuro.

3) *Depositi prevalentemente sabbiosi (acquifero primario)*

Trattasi di sabbie da medie a fini, da debolmente limose a limose, di colore grigio; è inoltre segnalata la presenza di elementi di discontinuità rappresentati da lenti e livelli di argille e limi argillosi.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 8 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

Questo rappresenta la prima vera formazione acquifera presente nel sottosuolo (acquifero primario).

4) *Argille, limi argillosi e torbe (secondo livello impermeabile)*

Questo strato è rappresentato da alternanze di argille limose, limi argillosi di colore grigio e livelli di torba marrone scuro; si rilevano, a luoghi, piccoli livelli o veli limoso-sabbiosi.

Tale orizzonte non è mai stato completamente attraversato dalle perforazioni eseguite nel sito.

## 2.2.2 Caratteristiche idrogeologiche

Le caratteristiche idrogeologiche del Nuovo Petrolchimico sono già state in parte studiate e descritte in precedenti rapporti relativi a studi ed attività di monitoraggio svolti in passato nello Stabilimento, nell'ambito dei quali era stata eseguita una prima ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area e dello stato di qualità delle acque di falda.

Sulla base di quanto esposto al paragrafo precedente (Par. 2.2.1), risulta evidente che le condizioni idrogeologiche dell'area risultano fortemente condizionate dall'assetto lito-strutturale descritto.

In particolare, nonostante le non trascurabili difficoltà interpretative, suscitate dalla presenza di tipi litologici estremamente eterogenei, con soventi passaggi verticali e interdigitazioni orizzontali fra depositi a prevalente componente sabbioso-limosa e depositi a componente più fine predominante, gli elementi idrogeologici essenziali dell'area possono essere definiti con un buon grado di approssimazione.

Nel sottosuolo dell'area indagata, il sistema idrico sotterraneo è in pratica assimilabile ad un sistema multistrato, in cui si riconoscono livelli acquiferi sovrapposti ed idraulicamente ben definiti.

In dettaglio, procedendo dall'alto verso il basso, nei primi 18÷20 m da p.c., è possibile riconoscere la seguente sequenza idrogeologica:

- 1) *Acque di impregnazione nel riporto*, localizzate in terreni e materiali di riporto eterogenei, in grado di contenere una falda idrica di entità molto modesta e strettamente connessa con il regime delle precipitazioni meteoriche. In realtà, non si tratta di una vera e propria falda, ma di accumuli idrici sotterranei discontinui, in grado di saturare gli strati relativamente più permeabili, e la cui formazione è favorita dalla presenza di un orizzonte a bassissima permeabilità localizzato alla base dello strato di riporto (*livello impermeabile superiore*).
- 2) *Acquifero primario*, rappresentato da depositi a prevalente componente sabbiosa, che si presentano spesso come corpi lenticolari di spessore variabile ed intercomunicanti fra loro.  
Tale orizzonte, il cui spessore medio è valutabile intorno ai 4,5-5 m, è rinvenibile al di sotto del livello impermeabile superiore sostenente la falda superficiale e risulta da quest'ultimo confinato/semiconfinato. Pertanto, la falda



|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 9 di 37               | Rev.             |
|                           | 1                |

in esso localizzata, è in pressione e rappresenta la prima vera falda acquifera di un certo interesse presente nel sottosuolo (*prima falda*). L'acquifero primario è sostenuto alla base da un secondo complesso litologico argilloso-limoso pressoché impermeabile e risultato anch'esso continuo su tutta l'area (*secondo livello impermeabile*).

La presenza di discontinuità nel livello impermeabile superiore (caranto) permette di attribuire a questo strato un comportamento di tipo *aquiclude* a piccola scala e di tipo *aquitard* a grande scala.

La differenza di carico idraulico esistente fra livelli idrici di saturazione del riporto e prima falda (generalmente il carico idraulico della prima falda risulta più basso rispetto alle acque presenti nel riporto) è prevalentemente dovuta al fatto che nel riporto si vengono ad accumulare le acque di infiltrazione meteorica. Queste, gradualmente, ricaricano la prima falda attraverso un flusso essenzialmente verticale che avviene lungo le discontinuità presenti nello strato di separazione idraulica.

Le acque del primo acquifero risultano da semiconfinate a confinate (e pertanto in pressione e con caratteristiche di risalienza all'interno dei piezometri ivi completati) a seconda della presenza e della continuità dell'*aquitard/aquiclude* di separazione.

La circolazione idrica sotterranea della prima falda avviene, in questo caso, secondo vettori di flusso a componente predominante orizzontale.

In sintesi, il sistema idrogeologico in esame è costituito da un flusso prettamente verticale nel riporto ed un flusso prettamente orizzontale nel primo acquifero in pressione.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 10 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 2.3 Inquadramento qualitativo

Si riporta di seguito una breve descrizione dei risultati ottenuti dal piano di caratterizzazione, predisposto ed eseguito ai sensi del DM 471/99 e dell'Accordo di programma sulla chimica di P. Marghera, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

### 2.3.1 Stato qualitativo delle acque

Lo stato di compromissione qualitativa delle acque di falda è dovuto essenzialmente alla presenza di:

- Cloruri e Solfati (in buona parte riconducibili all'influenza delle acque della laguna, specie in relazione alle acque di prima falda);
- Ferro e Manganese (rilevati su buona parte dei piezometri, senza distinzione sostanziale tra le due tipologie di acque esaminate);
- Arsenico: riscontrato su buona parte dei piezometri dell'area di Stabilimento (prima falda e acque di saturazione del riporto);
- Piombo: rilevato nelle acque dei livelli idrici di saturazione nel settore PSS;
- Mercurio: rilevato in concentrazioni significative nelle acque di alcuni piezometri dei livelli idrici di saturazione (settore PSO-BL) e risultato assente, nelle ultime campagne di monitoraggio, nelle acque di prima falda;
- IPA: rilevati sulle sole acque di saturazione del riporto, in alcuni settori del NP;
- Organo Alogenati: riscontrati in maniera diffusa sulla quasi totalità dei piezometri di prima falda e dei livelli idrici di saturazione del riporto. I tenori più elevati si riscontrano tendenzialmente nelle acque di prima falda. Le specie clorurate maggiormente diffuse sono Tricloroetilene, 1,2-cis-Dicloroetilene, Tetracloroetilene, 1,1,2-Tricloroetano, Cloruro di vinile, 1,1,2,2-Tetracloroetano.
- Aromatici non alogenati: rilevati in concentrazioni superiori ai limiti del DM 471/99 nelle acque di alcuni piezometri, soprattutto nei settori PSS, AC-NO e TDI.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 11 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

### 3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA NELLE ACQUE DI IMPREGNAZIONE NEL RIPORTO

Dato il particolare assetto idrogeologico del terreno di riporto che, per l'elevata discontinuità ed eterogeneità dei materiali, dotati tra l'altro di bassa permeabilità, non ospita una vera e propria falda, ma acque pressoché stagnanti e strettamente connesse al regime di precipitazione meteorica, la cui formazione è favorita dalla presenza di un *aquitard* localizzato alla base dello strato stesso (livello impermeabile superiore), si ritiene che il sistema più idoneo al drenaggio delle acque sia la trincea drenante. Tale tecnologia è suggerita anche dalle condizioni locali di pratica non estraibilità delle acque.

In presenza di tali condizioni e di un battente idraulico da deprimere e controllare modesto, si deve fare ricorso all'impiego delle trincee drenanti al posto degli impianti *wellpoint* o dei piezometri in quanto, le trincee garantiscono:

- maggior efficacia drenante,
- migliore durabilità nel tempo,
- migliore facilità di gestione.

Gli interventi di bonifica delle acque di impregnazione nel riporto, per le aree di proprietà Syndial ubicate all'interno del NP, consistono, pertanto, nella realizzazione, ex-novo, di 6 trincee per il drenaggio ed nel successivo convogliamento delle acque verso l'impianto TAF di prossima realizzazione.

Oltre alle 6 trincee drenanti, si valuterà, a seguito dell'attivazione del DCS, l'opportunità/necessità di mantenere attive anche le tre linee *wellpoint* (WP5, WP7 e WP8) già in uso come misure di sicurezza dei settori fronte laguna.

L'ubicazione delle opere è riportata nella **Tav. 65-BL-A-94530** allegata, mentre per quanto concerne gli obiettivi di progetto e l'approccio di bonifica si rimanda alla relazione tecnico descrittiva generale.

#### 3.1 Descrizione della tecnologia

##### 3.1.1 Generalità e fasi di lavoro

Le trincee drenanti sono opere di drenaggio di tipo lineare, normalmente realizzate in terreni sciolti, con lo scopo di abbassare, al valore richiesto dal progetto, il livello della falda presente e/o captare le venute d'acqua localizzate.

La tecnica tradizionale per l'esecuzione di trincee drenanti prevede la realizzazione di uno scavo del terreno a sezione trapezoidale sino al raggiungimento del substrato impermeabile (*trincee complete*). Al fondo dello scavo è inserita una tubazione in HDPE fessurata per convogliare le acque drenate verso i due pozzetti (sempre in HDPE) disposti alle estremità della trincea, in uno dei quali è posizionata una pompa sommersa e la relativa strumentazione, per l'invio delle acque verso l'impianto TAF di Stabilimento.

La trincea è successivamente colmata con materiale granulare ad elevata permeabilità sino alla quota di progetto.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 12 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Al fine di evitare la progressiva compenetrazione del terreno in sito all'interno del corpo drenante ed il conseguente intasamento, è necessario utilizzare un inerte che soddisfi i tre principali criteri desunti dalla meccanica delle terre per i filtri granulari:

- *Criterio di ritenzione*: la granulometria del corpo drenante deve impedire la migrazione della parte fine del terreno in sito al corpo filtrante per evitare l'intasamento di questo e la progressiva erosione del terreno all'intorno;
- *Criterio di permeabilità*: il corpo drenante deve avere una permeabilità tale da evitare l'aumento delle pressioni interstiziali nel terreno in sito prossimo alla trincea ed impedire l'insorgere di un sifonamento (*piping*);
- *Criterio di autostabilità*: il corpo drenante deve mantenere le sue caratteristiche granulometriche e di permeabilità costanti nel tempo.

In considerazione della difficoltà di reperire materiale inerte che rispetti i criteri sopra esposti, si adottano geotessili non tessuti con funzione di filtro e separazione da posizionare nella superficie interna della trincea scavata.

In sintesi, la tecnologia per la realizzazione della trincea drenante prevede le seguenti fasi:

1. picchettamento in sito della linea e verifica dei servizi/sottoservizi eventualmente presenti;
2. esecuzione indagini preliminari;
3. rimozione della pavimentazione stradale e della sottostante massicciata (qualora presenti);
4. esecuzione dello scavo sino al raggiungimento del substrato impermeabile;
5. posizionamento del geotessile non tessuto quale elemento filtro-separatore;
6. posa del tubo drenante a fondo scavo, posa dei pozzetti di estremità e realizzazione dei collegamenti; durante questa ultima operazione potrebbe verificarsi la discesa nello scavo delle maestranze, pertanto, gli scavi saranno opportunamente sostenuti, mediante opere provvisorie e sbadacchiati, almeno nei tratti in corrispondenza dell'innesto tra la tubazione drenante ed i pozzetti verticali;
7. riempimento dello scavo con materiale granulare ad elevata permeabilità;
8. chiusura superiore dell'inerte con il geosintetico al fine di evitare l'intasamento;
9. posa in opera di misto granulare stabilizzato e compattato a strati quale strato di fondazione del corpo stradale;
10. ripristino dell'eventuale pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso (*binder* + strato di usura);
11. posa in opera dell'elettropompa e relativa strumentazione;
12. spurgo della trincea;
13. realizzazione del collettamento dalla postazione drenante all'impianto TAF.

La realizzazione delle prime 6 fasi sopra descritte richiede, generalmente, tempi d'esecuzione relativamente brevi pertanto, date le caratteristiche idrogeologiche del terreno di riporto descritte al punto 2.2, si ritiene che lo scavo possa rimanere pressoché asciutto sino al riempimento con materiale granulare; tuttavia, qualora si verificasse l'ingresso di acqua dalle pareti all'interno della trincea, al fine di

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 13 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

permettere le operazioni di completamento, l'acqua sarà aggottata con una pompa da fondo scavo e convogliata in apposite cisterne (o similari) posizionate fuori terra. Le acque raccolte saranno gestite in ottemperanza alla vigente normativa in materia di rifiuti.

Le stesse modalità saranno previste per le acque derivanti dalla fase di spurgo della trincea.

Di seguito saranno descritte con maggior dettaglio le singole fasi da eseguire durante la realizzazione della trincea ed i criteri utilizzati nella scelta dei vari materiali.

Per quanto concerne lo schema realizzativo tipologico si rimanda alla **Tav. 65-BL-A-94531** allegata.

### 3.1.2 Dimensionamento idraulico delle trincee drenanti

I criteri utilizzati per il dimensionamento idraulico delle trincee drenanti si sono basati sulle seguenti ipotesi desunte dallo studio dell'idraulica delle acque di falda:

- il moto dell'acqua viene considerato laminare, rendendo valida la legge di *Darcy*;
- la falda viene considerata priva di moto proprio ovvero a superficie orizzontale;
- lo spessore dell'acquifero è ritenuto costante;
- il terreno acquifero è considerato continuo, omogeneo ed isotropo;
- la falda è ritenuta di estensione infinita;
- la trincea drenante è considerata di lunghezza infinita e profonda sino al tetto del substrato impermeabile (*trincea completa*) e viene alimentata da un solo lato;
- il valore della trasmissività e lo spessore dell'acquifero sono desunti da indagini pregresse disposte in prossimità delle opere e sono ritenute costanti.

Come facilmente intuibile le ipotesi precedenti non sono assolutamente adattabili alle condizioni sito specifiche di Porto Marghera per le motivazioni ampiamente discusse nei capitoli precedenti, pertanto, il calcolo teorico della portata deve ritenersi assolutamente indicativo ed è finalizzato solamente a stimare un ordine di grandezza della quantità d'acqua drenata dal sistema per il dimensionamento dell'elettropompa e delle relative condotte di mandata.

Per il calcolo della portata unitaria:

$$q_0 = T \cdot s_0 / R$$

dove:

$q_0$  = portata unitaria della trincea ( $m^2/s$ );

$T$  = trasmissività ( $m^2/s$ );

$s_0$  = abbassamento del livello idrico in corrispondenza della trincea (m);

$R$  = distanza di influenza in metri calcolata come:

$$R = 1500 \cdot s_0 \cdot \sqrt{k}$$

con  $k$  = coefficiente di permeabilità (m/s).

Assumendo i seguenti valori:

$T = 1,10E-05 m^2/s$ ;

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 14 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

$$s_0 = 3,30 \text{ m};$$

$$k = 3,33E-06 \text{ m/s},$$

si ottiene:

$$q = 4,0E-06 \text{ m}^2/\text{s}.$$

Le caratteristiche idrogeologiche dello strato di riporto potranno comunque essere valutate al meglio, a seguito delle previste indagini preliminari.

### 3.1.3 Caratteristiche dimensionali delle trincee

Ciascuna delle 6 trincee drenanti previste nelle aree di proprietà Syndial all'interno del NP presenta le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza: 20,0 m;
- Profondità<sup>1</sup>: 5,0 m;
- Larghezza al fondo: 1,0 m;
- Larghezza in sommità: 2,5 m;
- Portata totale drenata:  $\leq 0,08 \text{ l/s}$  (0,30 m<sup>3</sup>/h).

## 3.2 Modalità di esecuzione dei lavori e criteri di scelta del materiale utilizzato

### 3.2.1 Picchettamento del tracciato dell'opera

Prima di iniziare le operazioni di scavo si provvederà, assieme al personale di Stabilimento preposto, a stabilire esattamente sul terreno la posizione dell'opera a mezzo di picchetti saldamente infissi nel terreno e riferiti a punti noti di Stabilimento.

Il picchettamento dell'opera sarà funzionale alle successive verifiche dei servizi/sottoservizi eventualmente presenti nelle zone di scavo.

### 3.2.2 Esecuzione indagini preliminari

Le indagini geognostiche e le relative prove di laboratorio, saranno eseguite in conformità a quanto prescritto in:

- Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio" Gennaio 1994;
- Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" Giugno 1977;
- Ministero dei Lavori Pubblici D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

<sup>1</sup> In ogni caso da valutarsi a seguito delle indagini preliminari di cui al punto 3.2.2; la trincea sarà intestata per almeno 50 cm all'interno del primo livello impermeabile.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 15 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

- Normative, raccomandazioni, standards nazionali ed internazionali relative all'esecuzione di prove di laboratorio ed in sito su terreni (ASTM, AASHTO, BS, CNR-UNI, etc.).

Nelle aree di Stabilimento, dove è prevista la messa in opera delle postazioni drenanti, saranno eseguiti dei sondaggi aggiuntivi e delle indagini atte alla caratterizzazione di dettaglio dei terreni da scavare al fine di consentire sia il preciso posizionamento dell'opera da eseguire, sia il corretto dimensionamento di essa.

Dai sondaggi aggiuntivi si ricaveranno informazioni più dettagliate riguardanti lo spessore e le caratteristiche idrologiche/geotecniche degli strati di terreno.

Lungo ogni tracciato orizzontale di progetto andranno effettuati un numero minimo di 2 sondaggi da realizzarsi ad interasse di 7 m circa.

I sondaggi saranno eseguiti a carotaggio continuo, a rotazione e a secco utilizzando carotiere semplice  $\varnothing=101$  mm e colonna di manovra  $\varnothing=127$  mm.

Tutti i carotaggi saranno finalizzati al prelevamento di campioni di terreno, da inviare successivamente al laboratorio per le analisi geotecniche programmate.

In relazione a quanto emerso nel corso di indagini pregresse, si prevede che la perforazione possa venire spinta fino a max 7 m da p.c..

Le manovre di carotaggio saranno effettuate con carotieri  $\varnothing=101$  mm di lunghezza di 1,0 m e 3,0 m. L'impiego di carotieri di diversa lunghezza sarà subordinato a:

- litologia attraversata;
- qualità delle carote e percentuale di recupero ottenuta;
- lunghezza delle manovre da eseguire per prelevare i campioni per le prove di laboratorio geotecnico.

Ad ogni manovra il carotiere sarà lavato con idropulitrice ad acqua e, nel caso di presenza di inquinamento organico, anche con l'utilizzo di solventi idonei. Qualora eccezionalmente si presentino problemi nella discesa del rivestimento, si farà uso di acqua potabile.

All'atto dell'estrazione le carote saranno opportunamente identificate (nome cantiere, data, numero sondaggio ed intervallo di perforazione corrispondente), descritte e fotografate a gruppi di 5 m.

Al termine delle indagini i sondaggi saranno opportunamente cementati, lasciando il rivestimento in posto, iniettando una miscela ternaria composta da cemento, acqua e bentonite (rapporto bentonite/cemento=1/4) dal basso verso l'alto e procedendo al contemporaneo sfilamento del rivestimento.

Nel corso della perforazione saranno prelevati campioni di terreno su cui eseguire analisi di laboratorio geotecnico.

In particolare si prevede di prelevare:

- 1 campione rimaneggiato (per ogni sondaggio) in corrispondenza del livello medio dello strato di riporto;

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 16 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Tutti i campioni saranno quindi contrassegnati con etichette resistenti all'acqua recanti le indicazioni:

- sigla del sondaggio;
- identificativo del campione;
- data del prelievo;
- tipo di campionatore usato per il prelievo;
- intervallo di campionamento;
- parte alta e parte bassa.

Per ogni sondaggio sarà redatta la stratigrafia, la descrizione litologica e sarà determinato il livello statico della falda da p.c..

Su ogni sondaggio sarà realizzata una prova di permeabilità in sito (tipo *Lefranc*) nello strato di riporto.

#### Prove di laboratorio

Sui campioni di terreno, opportunamente conservati e trasportati in un laboratorio geotecnico qualificato, saranno eseguite le seguenti prove:

- determinazione del contenuto d'acqua naturale (se possibile);
- determinazione dei limiti di *Atterberg* (liquido, plastico e di ritiro);
- analisi granulometrica per setacciatura (utilizzando vagli della serie *ASTM*) e tramite aerometria o sedimentazione;

#### Prove in sito

Durante l'esecuzione dei sondaggi verrà eseguita n. 1 prova a sondaggio (per un totale di 2 a postazione) finalizzata a verificare le caratteristiche di permeabilità dello strato di riporto. Le prove, tipo *Lefranc*, saranno eseguite a carico variabile, una in corrispondenza del primo metro dello strato di riporto ed una in corrispondenza della base dello strato stesso.

Prima dell'esecuzione della prova, le pareti del foro verranno rivestite con tubazione metallica per tutto il tratto non direttamente interessato dalla misura. Per evitare franamenti del foro, la tubazione di rivestimento verrà fatta scendere sino alla base dello strato di cui si vuol misurare il coefficiente di permeabilità e verrà poi risolleata sino al tetto dello stesso strato, dopo il riempimento del foro con ghiaietto pulito, per un'altezza di almeno 0,5 m superiore a quella del tratto da provare. Queste operazioni saranno precedute da un'accurata pulizia del fondo foro e da una misura della profondità dello stesso.



|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 17 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

### 3.2.3 Taglio della pavimentazione stradale e rimozione della sottostante massicciata

Nelle aree di cantiere dovranno essere demoliti/rimossi tutti gli eventuali ostacoli che interferiscano con la realizzazione delle opere drenanti.

Il taglio della pavimentazione sarà effettuato mediante disco rotante (o fresatrice o similari) lungo i due lati lunghi della trincea (20 m + 20 m), l'asportazione della pavimentazione e della sottostante massicciata stradale sarà eseguito mediante normali escavatori. I materiali di risulta provenienti da queste operazioni saranno successivamente caricati su idonei cassoni scarrabili (o similari) posti nelle vicinanze dell'opera.

### 3.2.4 Scavo a sezione obbligata

Lo scavo per la realizzazione della trincea sarà eseguito direttamente da piano campagna (preparando eventualmente il piano di lavoro dei mezzi meccanici) tramite escavatori cingolati e/o gommati con braccio rovescio e benna a cucchiaio che consentono di raggiungere la profondità *target* di ca. 5 m da p.c..

Lo scavo procederà con continuità lungo tutto il tracciato dell'opera drenante in modo da evitare franamenti e scoscendimenti delle pareti utilizzando eventualmente puntellature e/o sbadacchiature.

Lo scavo della trincea sarà eseguito in modo tale da garantire le caratteristiche progettuali (lunghezza, profondità e pendenze trasversali) riportate al punto 3.1.3.

I materiali di risulta provenienti da queste operazioni saranno caricati su idonei cassoni scarrabili (o similari) posti nelle vicinanze dell'opera.

Qualora si verificasse l'ingresso di acqua dalle pareti all'interno della trincea, al fine di permettere le operazioni di completamento della stessa, l'acqua sarà aggottata con una pompa da fondo scavo e convogliata in apposite cisterne (o similari) posizionate fuori terra.

Le acque raccolte saranno gestite in ottemperanza alla vigente normativa in materia di rifiuti.

### 3.2.5 Posa in opera del geosintetico e sue caratteristiche progettuali

L'elemento utilizzato come filtro-separatore è un geotessile non tessuto che sarà approvvigionato in cantiere in rotoli di lunghezza tale da consentire il completo ricoprimento delle pareti interne della trincea ed i sormonti sopra il manto drenante (come da elaborati progettuali).

La posa in opera avverrà rispettando una delle seguenti modalità operative:

- *unica soluzione* tracciata la disposizione geometrica della trincea, il geosintetico verrà completamente srotolato a fianco della trincea e, a scavo completato, sarà posato all'interno dello scavo tirandolo uniformemente dal lato opposto (evitando in ogni caso qualsiasi rottura del telo);
- *più soluzioni* il geosintetico sarà approvvigionato in cantiere direttamente in rotoli (con larghezza tipica di 2-3 m) con dei cavalletti all'estremità che ne consentano l'immediato srotolamento, a parti, all'interno dello scavo; in questo

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 18 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

caso si garantirà una sovrapposizione minima tra due teli consecutivi di 40-50 cm.

Qualsiasi soluzione sia adottata, il geosintetico dovrà aderire il più possibile alle pareti laterali che al fondo dello scavo, permettendo il riempimento con il materiale granulare di cui ai punti successivi.

Una volta creato il corpo della trincea, il geosintetico sarà risvoltato sulla testa del materiale drenante in modo da avvolgerlo completamente.

Il criterio per il dimensionamento del geotessile non tessuto, utilizzato come filtro per evitare l'intasamento del manto drenante dei diaframmi a causa del materiale fine, deriva dai classici criteri della meccanica delle terre.

Per evitare l'intasamento del geotessile per completo riempimento dei pori a causa delle particelle più fini di terra, con conseguente decremento della funzione drenante, vengono applicati, come detto, criteri (noti in letteratura come criteri di ritenzione o filtrazione) di natura empirico-sperimentale.

Tali criteri, generalmente, correlano una dimensione caratteristica del geotessile (ad esempio  $O_f$  *filtration opening size*, ovvero diametro caratteristico di filtrazione del materiale) con una dimensione caratteristica del terreno, dando luogo a relazioni del tipo:

$$O_f \leq c \cdot D_{\%}$$

dove:

$D_{\%}$  il diametro percentualmente passante caratteristico del terreno;  
 $c$  costante sperimentale.

Ad esempio la relazione di Loudière e altri (1983) per terreni incoerenti ( $U > 4$ ) nel caso di geotessili tessuti e/o non tessuti indica:

$$O_f < D_{95}$$

adottando i seguenti parametri desunti da indagini pregresse effettuate in Stabilimento:

$$D_{95} = 0,2 \text{ mm}$$

l'utilizzo di un geotessile non tessuto avente  $O_f$  pari a circa 180-200  $\mu\text{m}$ , soddisfa il criterio di ritenzione, ovvero il non intasarsi del tessuto a causa del materiale fine.

Sempre in merito ai rischi di intasamento, si deve inoltre considerare che le caratteristiche di esercizio delle estrazioni e la tipologia dell'opera (trincea drenante con elevata superficie filtrante) sono tali da non indurre un richiamo delle frazioni granulometricamente più fini dell'acquifero, come invece si verifica normalmente, in fase di sviluppo, in un pozzo, dove l'elevata velocità di ingresso dell'acqua entro l'opera determina il trascinarsi iniziale del materiale più fine.

Per quanto riguarda le richieste caratteristiche merceologiche del materiale, essendo nella facoltà dell'impresa a cui saranno appaltati i lavori la scelta del prodotto commerciale, si è vincolato tale scelta alla garanzia che il geotessile abbia

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 19 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

buona resistenza meccanica, resistenza ai raggi UV, agli agenti chimici presenti ed alle alte temperature. In particolare il materiale garantirà i seguenti requisiti minimi:

- Massa                      DIN EN 965                       $\geq 250 \text{ g/m}^2$
- Permeabilità            EN ISO 11058 1999            $\geq 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
- Dimensione pori<sup>2</sup>    EN ISO 12956 1999            $\leq 200 \text{ }\mu\text{m}$

### 3.2.6 Posa in opera del sistema di collettamento e sue caratteristiche progettuali

Le tubazioni di convogliamento acque drenate (sia la parte filtrante che i pozzetti laterali) saranno del tipo in HDPE microfessurate e saranno conformi alle norme UNI 7613.

La tubazione filtrante, approvvigionata in barre, sarà preparata direttamente a piano campagna durante l'esecuzione degli scavi per ridurre i tempi di esecuzione lavori ed, in seguito alla posa del geotessile, sarà calata sul fondo della trincea utilizzando opportuni mezzi, evitando in ogni caso la discesa delle maestranze sul fondo della trincea.

Terminata la posa della tubazione filtrante, saranno posati i pozzetti di estremità e realizzati gli innesti tra le tubazioni orizzontali e verticali, in questo caso si potrebbe verificare la discesa delle maestranze sul fondo scavo pertanto, gli scavi saranno opportunamente sostenuti e sbadacchiati, mediante opere provvisorie, almeno nei tratti in corrispondenza dell'innesto tra la tubazione drenante ed i pozzetti verticali.

Le tubazioni filtranti avranno Dest=250 mm e spessore ca. 9,6 mm.

La parte filtrante dovrà essere fessurata perpendicolarmente all'asse (finestratura plurima) per una percentuale non inferiore al 7% della superficie laterale del tubo, con le fessure alternate tra loro per ridurre la perdita di resistenza allo schiacciamento.

La larghezza delle fessure drenanti dovrà essere di circa 0,5-0,7 mm.

I pozzetti verticali avranno Dest=630 mm e spessore ca. 24,1 mm.

I tubi in HDPE dovranno essere contrassegnati con il marchio dell'Istituto Italiano dei Plastici, con la norma UNI di riferimento e con le caratteristiche dimensionali.

Le giunzioni dei tubi filtranti e dei raccordi in HDPE saranno effettuate mediante innesti filettati Maschio/Femmina ricavati sullo spessore (in modo tale da ridurre i tempi di esecuzione dei lavori).

### 3.2.7 Riempimento con manto drenante e sue caratteristiche progettuali

Il manto drenante per le trincee sarà di origine alluvionale e di natura silicea, di forma arrotondata con pezzatura compresa nel range 1÷1,5 mm .

I singoli elementi dovranno avere forma arrotondata o sub-arrotondata; saranno lavati e costituiti da elementi sani e tenaci, privi di parti alterate o alterabili.

<sup>2</sup> Da valutare comunque a seguito delle indagini preliminari.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 20 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Il materiale di drenaggio sarà posato in modo tale da consentire la formazione di uno strato uniforme su tutta la lunghezza, evitando la formazione di punti che pongano la colonna di produzione a diretto contatto con le pareti del foro. Prima di procedere a qualsiasi altra operazione il manto drenante dovrà essere assestato tramite pistonaggio ed eventualmente integrato.

Il tratto drenante raggiungerà la profondità di circa 80 cm da piano campagna laddove sarà racchiuso dai due risvolti del geotessile non tessuto.

Il materiale possederà le seguenti caratteristiche:

- permeabilità nettamente superiore a quelle del terreno naturale da drenare;
- frazione di fino (passante al setaccio n.200 della serie ASTM;  $d=0.074$  mm) non superiore al 5%.

### 3.2.8 Posa in opera di misto stabilizzato e sue caratteristiche progettuali

Il ritombamento delle trincee, finalizzato a sottofondo stradale, sarà effettuato posando in opera, a strati, 70 cm di misto stabilizzato di frantumazione classificabile come A<sub>1-a</sub> rispetto alla classificazione UNI 10006-2002.

Il misto granulare dovrà essere omogeneamente umidificato (o nel caso fosse troppo umido aerato) ad un contenuto d'acqua il più possibile vicino al valore dell'umidità ottima di prova (sono ammesse variazioni massime pari a  $\pm 2\%$ ).

La compattazione del materiale avverrà mediante rullo vibrante, il grado di compattazione sarà dell'ordine di 90-95% della densità secca massima determinata nel corso di una prova di compattazione tipo Proctor Modificata, secondo i seguenti criteri:

grado di compattazione minimo, per il misto granulare di ritombamento degli scavi di bonifica, pari al:

- 90% della densità secca massima determinata nel corso di una prova di compattazione tipo Proctor Modificata, per le profondità comprese tra 1 m al di sotto del piano di posa di fondazioni dirette di costruzioni minori ed il fondo scavo. Per tali strati lo spessore del singolo strato finito compattato sarà al massimo di 50 cm;
- 95% della densità secca massima determinata nel corso di una prova di compattazione tipo Proctor Modificata, per le profondità comprese tra il piano di posa di fondazioni dirette di costruzioni minori ed una profondità, rispetto a tale piano di posa, di almeno 1 m. Per tali strati lo spessore del singolo strato finito compattato sarà al massimo di 30 cm.

Il grado di compattazione raggiunto dovrà essere controllato, strato per strato, con prove di densità in situ, che saranno normalmente eseguite con il volumometro a sabbia. Per gli strati di spessore elevato ( $>30$  cm), il controllo di densità sarà eseguito, per situazioni "spot", non solo a partire dalla superficie dello strato, ma anche a partire da profondità di 20÷25 cm al di sotto della superficie dello strato compattato.

Il numero delle prove, strato per strato, sarà definito in ragione di una prova ogni 500 m<sup>2</sup> di superficie compattata, con un minimo di 2 prove per strato quando la superficie totale sia inferiore a 500 m<sup>2</sup>.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 21 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Nel caso la densità minima prescritta dalla specifica non sia stata raggiunta durante le prove di controllo, si dovrà provvedere ad aumentare l'energia di compattazione per unità di volume mediante l'uso contemporaneo di uno o più dei seguenti provvedimenti, concordati preventivamente con il Committente:

- aumentare il numero di passaggi;
- diminuire la velocità di transito del rullo vibrante;
- diminuendo lo spessore massimo dello strato in compattazione.

### 3.2.9 Ripristino della pavimentazione stradale

Qualora lo scavo per la realizzazione della trincea provocasse il taglio e la successiva asportazione della pavimentazione stradale, essa sarà ripristinata posando in opera uno strato di 10 cm (comunque tale da raggiungere il piano stradale esistente) di conglomerato bituminoso (7 cm strato di *binder* + 3 cm strato di usura).

In particolare, dopo aver posato lo strato di fondazione di cui al punto precedente, si provvederà:

- al livellamento ed alla pulizia del piano di posa della fondazione stradale al fine di stendere una mano d'ancoraggio di emulsione bituminosa cationica (applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente), a rottura lenta e bassa viscosità per riempire i vuoti dello strato non legato, irrigidendone la parte superficiale e fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso,
- alla stesa di un manto di collegamento in conglomerato bituminoso dello spessore finito pari a quello esistente e comunque non inferiore a 10 cm.

| <b>Indicatore di qualità</b>  | <b>Normativa</b> | <b>Unità di misura</b> | <b>Cationica<br/>55%</b> |
|-------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Polarità                      | CNR 99/84        |                        | Positiva                 |
| Contenuto d'acqua % peso      | CNR 101/84       | %                      | 45±2                     |
| Contenuto di bitume+flussante | CNR 100/84       | %                      | 55±2                     |
| Flussante (%)                 | CNR 100/84       | %                      | 1÷6                      |
| Viscosità Engler a 20 °C      | CNR 102/84       | °E                     | 2÷6                      |
| Sedimentazione a 5 g          | CNR 124/88       | %                      | < 5                      |
| <b>Residuo bituminoso</b>     |                  |                        |                          |
| Penetrazione a 25 °C          | CNR 24/71        | Dmm                    | > 70                     |
| Punto di rammollimento        | CNR 35/73        | °C                     | > 30                     |

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mano o a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato d'efficienza, tali macchine devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto da confezione al cantiere di stesa avverrà mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazioni di crostoni.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 22 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

La compattazione dei conglomerati inizierà appena stesi e condotta senza interruzioni. L'addensamento sarà realizzato preferibilmente con rulli con ruote metalliche di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche appropriate o con compattatori a piastra di dimensioni adeguate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Qualora non occorra ripristinare la pavimentazione stradale, la stesa del misto granulare avverrà sino al piano di calpestio rispettando le modalità sopra riportate.

### 3.2.10 Equipaggiamento della trincea drenante

Ogni trincea drenante sarà equipaggiata con un'elettropompa sommersa ( $Q_{\min} = 0,18 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $Q_{\max} = 0,50 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H = 40 \text{ m}$ ) posta nel fondo del pozzetto verticale in HDPE.

Ogni opera drenante sarà poi dotata di un quadro elettrico per l'alimentazione della pompa, per il comando ed il controllo del funzionamento, posto nelle vicinanze della testa dell'opera drenante; il quadro sarà dotato di telaio di sostegno e di tettoia di protezione dagli eventi atmosferici.

La strumentazione di ogni opera drenante sarà costituita da strumenti in campo (trasmettitore di pressione, trasmettitore di portata e trasmettitore di livello) e da segnalazioni e comandi posti sul quadro (indicatore di livello, indicatore di portata con contatore, interruttore di alto e basso livello per il comando automatico della pompa, pulsanti per il comando manuale della pompa, pulsanti per il comando e regolazione dell'*inverter*, segnalazioni di attacco e arresto della pompa, segnalazione di anomalia di funzionamento che può essere riportata a distanza).

### 3.2.11 Completamento delle teste delle opere drenanti

Sulla testa delle opere drenanti saranno realizzati pozzetti<sup>3</sup> con dimensioni planimetriche interne minime di ca. 80x80 cm o circolari con diametro interno di 80 cm ca. e profondità (ca. 80-100 cm) tale da poter alloggiare il raccordo flangiato per il montaggio e lo smontaggio della pompa sommersa.

Il completamento dei pozzetti sarà effettuato predisponendo i manufatti di chiusini d'ispezione in ghisa sferoidale classe minima D 400 costruito secondo le norme UNI EN 124.

I chiusini d'ispezione avranno coperchio autocentrante sul telaio a struttura alveolare (con dimensione in accordo con lo sviluppo planimetrico del pozzetto).

### 3.2.12 Pulizia e spurgo della trincea

Dopo il completamento, la trincea drenante sarà spurgata in modo da eliminare eventuali intasamenti dovuti agli scavi ed al completamento, al fine di aumentarne l'efficienza.

<sup>3</sup> In corso d'opera si valuterà la possibilità di utilizzare la stessa tubazione in HDPE ( $\Phi=630 \text{ mm}$ ) come pozzetto d'ispezione.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 23 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Lo spurgo sarà protratto finché l'acqua non sarà chiara e libera da materiali in sospensione e comunque per una durata effettiva complessiva non inferiore alle 8 ore.

Lo spurgo e lo sviluppo di ogni singolo dreno potrà essere effettuato mediante:

- sistema *air lift*;
- pompa sommersa.

Per tale attività si dovrà fornire ed installare il seguente materiale:

- in caso di sistema *air lift*
  - adeguato compressore;
  - tubini mandata aria;
  - tubi mandata acqua;
  - recipiente calibrato per stime/misurazioni della portata;
  - saracinesche, riduzioni, raccorderie e quanto altro necessario.
- in caso di impiego di pompa sommersa
  - adeguato generatore e pannello elettrico;
  - elettropompa sommersa con cavo elettrico di caratteristiche appropriate;
  - tubi mandata acqua;
  - strumenti per la misura delle portate (ad es. contaltri e/o recipiente calibrato di opportuna capacità);
  - saracinesche, riduzioni, raccorderie e quanto altro necessario.

In ogni caso, lo spurgo sarà condotto alternando opportunamente fasi di erogazione a fasi di ricarica della trincea e si protrarrà fino all'ottenimento di acqua chiara, priva di sedimenti in sospensione.

Al termine delle operazioni di spurgo si verificherà la quota di fondo foro, intervenendo ove necessario per assicurare la rimozione di eventuali sedimenti presenti.

L'acqua di scarico sarà convogliata in apposita autobotte, cisterna prefabbricata o similare per lo stoccaggio temporaneo. La caratterizzazione e lo smaltimento a destino finale saranno eseguiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

### 3.2.13 Collettamento al TAF

Il progetto definitivo prevede che tutte le acque drenate, dalle varie opere di bonifica, vengano coltate in un serbatoio di accumulo ed omogeneizzazione esistente da cui verranno poi inviate ad un impianto di trattamento acque di falda di nuova realizzazione.

L'impianto di trattamento è dimensionato per una potenzialità massima di 100 m<sup>3</sup>/h, suddiviso su due moduli da 50 m<sup>3</sup>/h cadauno.

Le acque saranno coltate, per mezzo di un'apposita rete di collettori in PRFV, ad un serbatoio da 2000 m<sup>3</sup> di volume utile, ubicato nella macrozona AC-NO (Aree comuni nord-ovest) nell'area di proprietà Syndial S.p.A..

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 24 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

Nel dimensionamento dei collettori sono state considerate le condizioni di funzionalità più gravose e cioè le massime portate da ciascuna postazione e la contemporaneità di funzionamento delle pompe.

I collettori saranno dotati di:

- sfiati nei punti alti;
- drenaggi valvolati nei punti bassi;
- valvole di intercettazione complete di innesti a monte ed a valle per permettere il flussaggio con acqua servizi in pressione di tratti del collettore di lunghezza opportuna per ottenere un efficace lavaggio;
- tronchetti flangiati e smontabili, per permettere, se necessario, operazioni di pulizia meccanica dei collettori.

I collettori saranno posati per la maggior parte su *racks* esistenti e, nelle aree dove non è possibile utilizzare *racks* esistenti, saranno posati su *sleepers*, in trincea o interrati.

### 3.3 Specifiche tecniche sui materiali utilizzati

#### 3.3.1 Generalità

L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà sottoporre all'approvazione del Committente/Direzione Lavori tutti i materiali che intende utilizzare per la realizzazione delle opere; dovrà inoltre dimostrare la disponibilità dei quantitativi necessari, anche in relazione al programma di esecuzione dell'opera stessa.

In relazione alla qualità ed alle caratteristiche dei materiali utilizzati, per la loro accettazione, l'Appaltatore sarà obbligato a presentare in ogni tempo le prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché quelle di campioni prelevati in corso d'opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni ad un Istituto Sperimentale debitamente riconosciuto.

L'Appaltatore sarà tenuto anche a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli Istituti stessi.

Tutte le attrezzature utilizzate dovranno avere le potenzialità adeguate all'entità del lavoro ed al programma di esecuzione ed essere preventivamente approvate dal Committente/Direzione Lavori

Tutte le attrezzature dovranno essere mantenute in perfetta efficienza per l'intero periodo di esecuzione dei lavori; l'Appaltatore è quindi tenuto ad assicurare la pronta disponibilità dei ricambi necessari per ovviare ad ogni inconveniente conseguenza di eventuali guasti e per garantire la continuità del lavoro.



|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 25 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

### 3.3.2 Accettazione dei lavori

Il Committente effettua i controlli sui materiali approvvigionati ed esegue ispezioni e prove di controllo sull'ubicazione e sulle caratteristiche geometriche, meccaniche e fisiche dell'opera per verificare la conformità in riferimento alle prescrizioni di progetto (di cui al paragrafo 3.2).

In particolare, a meno di specifiche prescrizioni formulate nel corso dei lavori dal Committente, non vengono accettate opere che non siano realizzate con profilo rispondente agli elaborati di progetto.

A completamento dei lavori, qualora dai controlli o dagli eventuali rilievi effettuati l'opera non dovesse risultare conforme alle prescrizioni progettuali o alle prescrizioni della presente specifica, il Committente, in relazione alla gravità delle difformità riscontrate, può:

- rifiutare l'opera quando le difformità siano tali da renderla inaccettabile. In questo caso l'Appaltatore sarà tenuto a demolire l'opera e a ricostruirla in conformità alle prescrizioni di progetto.
- richiedere interventi riparatori all'Appaltatore, che sarà tenuto ad eseguirli, se i difetti saranno ritenuti di poca entità e riparabili in breve tempo.

Entrambe queste attività saranno a carico dell'Appaltatore.

## 3.4 Organizzazione del cantiere

### 3.4.1 Sistemazione ed allestimento aree di cantiere

Nell'ambito delle lavorazioni previste, verranno preparati:

- N. 1 cantiere generale, completamente recintato con ingresso carrabile e pedonabile. All'interno si troveranno le baracche per uffici, gli spogliatoi, i servizi igienici e il deposito attrezzature e materiali;
- N. 6 cantieri locali relativi alle singole aree dove saranno ubicate le trincee drenanti. In tali aree saranno presenti un riparo, un bagno chimico, due postazioni per lo stallo di un container (per lo smaltimento del terreno e dei liquidi di risulta dalle operazioni di scavo e spurgo), una postazione per lo stallo della escavatrice, una postazione per l'ubicazione dell'autocisterna e quanto altro occorrente per le lavorazioni (es. gruppo elettrogeno, saldatrice per tubi in HDPE);

Nelle aree dei cantieri locali, saranno preliminarmente demoliti e/o rimossi eventuali ostacoli che interferiscono con la realizzazione dell'opera (pavimentazioni esistenti) e verranno allacciate le utenze (elettriche, idrauliche) eventualmente disponibili in adiacenza.

In questa fase andrà, inoltre, verificata la viabilità di cantiere per permettere un'adeguata movimentazione dei mezzi d'opera sia all'interno dei singoli settori di intervento che negli spostamenti da un settore all'altro; la viabilità verrà definita in

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 26 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

dettaglio preliminarmente all'avvio dei lavori anche in relazione alla viabilità di stabilimento che sarà individuata nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

#### 3.4.2 Verifica servizi e sottoservizi

Preliminarmente alle attività di scavo ed indipendentemente dalle indagini preliminari di campo, dovrà essere effettuata una verifica in sito, assieme al personale di Stabilimento preposto, per un'accurata analisi sui servizi e sottoservizi (tubazioni, fognature, cavi elettrici ed altro) presenti, che vanno ad interferire con le attività previste.

#### 3.4.3 Ripristini finali

Al termine dei lavori, le aree saranno ripristinate fino a tornare nelle condizioni preesistenti.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 27 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 4 CONTROLLO DI QUALITA' SUGLI INTERVENTI E SUI MATERIALI UTILIZZATI

### 4.1 Realizzazione trincea drenante

Nell'ambito delle lavorazioni per l'esecuzione della trincea drenante, saranno previsti i seguenti controlli:

- **CONTROLLI IN CORSO D'OPERA** finalizzati alla verifica in cantiere ed in laboratorio delle condizioni individuate nel progetto. Questi controlli riguarderanno le caratteristiche dimensionali, funzionali ed esecutive dell'opera, di seguito elencate:
  - *caratteristiche dimensionali*: quali posizione planimetrica, profondità, spessore, verticalità.
  - *caratteristiche funzionali*: riguardanti i materiali utilizzati (materiale granulare, tubazioni, geotessile e apparecchiature elettrostrumentali).
  - *caratteristiche esecutive*: ovvero la rispondenza dell'opera alle modalità esecutive richieste da progetto (modalità di scavo, posa in opera del materiale granulare, del tubo fessurato di fondo, del geotessile e dei pozzetti).

La certificazione attesterà l'esecuzione della trincea drenante nel pieno rispetto del progetto approvato.

### 4.2 Materiali utilizzati

Tutti i materiali utilizzati nell'ambito delle lavorazioni dovranno essere conformi a quanto previsto nella presente specifica al paragrafo 3.2.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 28 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 5 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE

### 5.1 Trincea drenante

Relativamente alle trincee drenanti si richiedono solamente interventi ordinari di manutenzione delle apparecchiature e delle strumentazioni installate nei pozzetti.

L'eventuale ripristino dell'opera a causa di un malfunzionamento derivante da guasti al sistema drenante potrà essere realizzato con il recupero della pompa sommersa e la successiva manutenzione e/o sostituzione della stessa.

Tuttavia, in funzione delle risposte idrauliche che si otterranno e dopo un congruo periodo di funzionamento continuo nel tempo, si verificherà l'opportunità di procedere ad operazioni di spurgo e pulizia per il ripristino dell'efficienza idraulica richiesta.

La manutenzione della trincea dovrà essere necessariamente prevista qualora le stesse dovessero essere attraversati da nuovi servizi interrati connessi con le attività di Stabilimento.

In ogni caso si opererà garantendo la continuità e la funzionalità delle opere drenanti.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 29 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 6 MODALITA' DI LAVORO E CRITERI DI PROTEZIONE AMBIENTALE

L'intervento in esame prevede la realizzazione di opere drenanti sotterranee con conseguente movimentazione di materiali di risulta potenzialmente contaminati.

Sulla base delle tipologie dei lavori da eseguire e delle caratteristiche intrinseche del sito, nell'ambito della progettazione esecutiva o dell'appalto dei lavori sarà redatto il Piano di Sicurezza e Coordinamento PSC ai sensi del DLgs 494/96 e successivo DLgs 528/99, a cui le singole Imprese esecutrici allegheranno i propri Piani Operativi di Sicurezza (POS) ai sensi del DLgs 626/94.

Il PSC conterrà l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi, le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atte a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

Il piano conterrà le disposizioni di coordinamento e l'indicazione delle procedure e degli apprestamenti destinati a garantire la sicurezza e la salute degli addetti.

In particolare:

- apprestamenti, infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva necessari in relazione alla specificità dell'opera ed alla sua localizzazione;
- misure relative ai rischi risultanti dalla presenza di più imprese e/o lavoratori autonomi;
- prescrizioni correlate alla complessità dell'opera ed alle eventuali fasi critiche;
- disciplina delle interferenze tra le varie fasi;
- prescrizioni relative all'uso dei DPI;
- modalità di cooperazione, coordinamento e reciproca informazione tra le imprese e/o lavoratori autonomi.

Di seguito si riporta un elenco generale di precauzioni e modalità operative da adottare durante tutte le fasi dei lavori al fine di eseguire tutte le lavorazioni in sicurezza sia per gli operatori, sia per l'ambiente e la popolazione residente in zona:

- durante la fase di trasferimento dei materiali di risulta, i mezzi di trasporto viaggeranno in piste ben definite;
- gli autocarri che trasporteranno i materiali od i terreni contaminati dovranno essere dotati di cassone coperto;
- interruzione dei lavori ed immediata segnalazione al personale di Stabilimento nel caso si rinvenissero infrastrutture o corpi interrati non previsti;
- durante l'eventuale fase di demolizione delle strutture in calcestruzzo armato e durante quella di frantumazione e deferrizzazione, si dovranno prevedere accorgimenti per evitare il sollevarsi delle polveri, irrorando anche con acqua le strutture da demolire ed i materiali di risulta stoccati o in fase di lavorazione, qualora necessario;
- i mezzi di demolizione e di scavo saranno dotati di cabina chiusa ed opereranno sempre dal piano campagna evitando di transitare sui terreni contaminati scavati;
- durante le fasi di escavazione sarà posto in opera un sistema di estrazione e trattamento (con filtri a carboni attivi) dell'aria da posizionare a bocca foro;

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 30 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

- tutto il personale operante dovrà utilizzare i dispositivi di protezione individuale DPI, previsti dalle normative vigenti in materia di sicurezza, che verranno espletati nel PSC.

L'ingresso al cantiere sarà consentito solo al personale autorizzato.

Per i materiali da smaltire, il trasferimento a discarica sarà eseguito mediante automezzi autorizzati al trasporto dei rifiuti in esame, secondo le procedure previste dalla normativa vigente.

Il transito dei mezzi all'esterno dell'area di cantiere sarà organizzato, per quanto possibile, in modo tale da minimizzare le interferenze con la viabilità interna dello Stabilimento e la viabilità urbana.

Le attività saranno condotte nel rispetto della normativa vigente in materia di inquinamento acustico.

Il cantiere sarà inoltre dotato delle attrezzature antincendio e antinfortunistiche previste dalla normativa vigente.

Al fine di garantire la protezione dei lavoratori è stato previsto un idoneo piano di monitoraggio della qualità dell'aria durante l'intera durata dei lavori.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 31 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 7 MODALITA' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

Nell'ambito della realizzazione dei lavori e durante l'esercizio delle opere in oggetto, si dovrà provvedere allo smaltimento/riutilizzo dei materiali di scavo e delle acque reflue.

Di seguito si definiscono le attività specifiche di smaltimento.

### 7.1 Terreni di risulta dalle escavazioni

I terreni di risulta sono quelli che derivano dalle fasi di realizzazione delle 6 trincee drenanti previste in progetto.

In particolare si prevede di scavare e di conseguenza movimentare un quantitativo complessivo di materiale pari a ca. 1110 m<sup>3</sup> (volumi in banco) ovvero, applicando un coefficiente di rigonfiamento pari a 1,3 si stima una volumetria di ca. 1450 m<sup>3</sup> di materiale sciolto.

Il materiale sarà posizionato su camion scarrabili (o similari) e successivamente caratterizzato.

Lo smaltimento/riutilizzo avverrà in ottemperanza alla normativa vigente in materia di rifiuti.

### 7.2 Acque reflue

Le acque reflue sono quelle prodotte le operazioni di spurgo delle trincee.

Stimando una durata delle operazioni pari a 8 ore alla portata di progetto (pari a 0,08 l/s) si ottiene un quantitativo complessivo di acque da drenare pari a ca. 13,8 m<sup>3</sup>.

Le acque saranno convogliate su apposite autocisterne (o similari) per la raccolta e successivamente saranno gestite in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

Le stesse modalità saranno riprese per la gestione delle acque che potrebbero entrare nello scavo prima del completamento della trincea.

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 32 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 8 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

Per l'esecuzione dei lavori in oggetto (6 trincee drenanti) è stimata una durata di circa **90** giorni naturali consecutivi; nel cronoprogramma sotto riportato sono individuati i tempi di esecuzione delle singole attività previste nell'ambito del progetto.

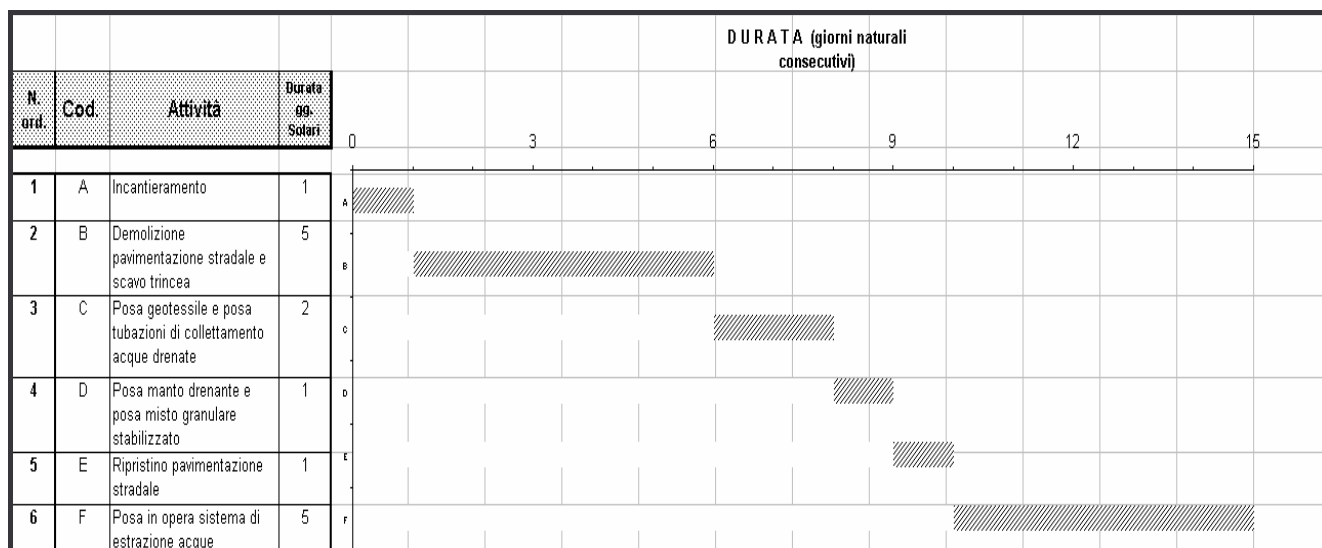
Nel presente cronoprogramma (relativo all'esecuzione di una singola trincea) non sono riportati i tempi necessari alla realizzazione del *connecting* delle opere di drenaggio verso i serbatoi di equalizzazione.

Nel seguente cronoprogramma si è ipotizzato che per i lavori per la realizzazione delle trincee drenanti si impieghi:

- N.1 macchina escavatrice;
- N.4-6 operai.

Il presente cronoprogramma deve intendersi valido dall'avvenuto incantieramento ovvero si escludono i tempi relativi a:

- formalizzazione incarico;
- affidamento appalti;
- permessi di scavo.





|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 33 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 9 STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO

Di seguito si riporta la stima complessiva dei costi, suddivisa per attività principali, presentata sotto forma di quadro economico comprensivo di spese tecniche ed imprevisti.

Relativamente alla stima dei costi dell'intervento, si riportano alcune osservazioni:

- il *connecting* delle opere drenanti è stato considerato sino alla base del relativo *pipe-rack*;
- i monitoraggi sono riferiti al primo anno di attività del DCS;
- gli oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta, come da Legge 494/96, verranno riportati nel PSC.

| Tabella riassuntiva costo interventi               |                   |
|--|-------------------|
| Descrizione attività per macrovoci                 | Importo (€)       |
| <i>Allestimento cantiere</i>                       | 15'000.00         |
| <i>Sondaggi geognostici e prove di laboratorio</i> | 22'242.29         |
| <i>Esecuzione sistemi drenanti orizzontali</i>     | 355'251.30        |
| <i>Monitoraggio dell'aria</i>                      | 94'459.80         |
| <b>Costo lavori</b>                                | <b>486'953.39</b> |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 34 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

## 9.1 Elenco voci

| Art. | Descrizione lavori   | Unità di misura | Quantità | Importo  |          |
|------|--|-----------------|----------|----------|----------|
|      |  |                 |          | unitario | totale   |
|      | <b>INCANTIERAMENTO</b>   |                 |          |          |          |
| 1    | Allestimento generale del cantiere   | corpo           | 1        | 15000.00 | 15000.00 |
|      | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI di campo</b>  |                 |          |          |          |
| 2    | Trasporto A/R impianto di cantiere leggero/pesante per l'esecuzione dei sondaggi geognostici   | corpo           | 1        | 942.50   | 942.50   |
| 3    | Installazione dell'attrezzatura su ciascun punto di perforazione   | numero          | 12       | 167.84   | 2014.08  |
| 4    | Perforazione a rotazione in terreni senza ciottoli e non in roccia, con carotiere $\Phi=101$ mm e colonna di manovra $\Phi=127$ mm:  |                 |          |          |          |
| 4a   | sino a profondità di 10 m dal p.c.   | m               | 84       | 41.63    | 3496.92  |
| 5    | Prelievo con campionatore compreso noleggio fustella che sarà restituita franco laboratorio entro 4 mesi dalla consegna del campione                                       |                 |          |          |          |
| 5a   | sino a profondità di 10 m dal p.c.   | numero          | 12       | 63.78    | 765.36   |
| 6    | Fornitura di cassette catalogatrici a cinque comparti (da 1 m ciascuno)  | numero          | 12       | 20.14    | 241.68   |
| 7    | Fornitura di n.3 copie a colori formato 13x18 cm per ciascuna cassetta fotografata   | numero          | 12       | 3.35     | 40.20    |
| 8    | Esecuzione prova di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc. E' compreso il compenso per la preparazione della prova  | numero          | 12       | 751.91   | 9022.92  |
| 9    | Imballaggio e spedizione a laboratori geotecnici dei campioni di terreno (indisturbati, rimaneggiati o in barattoli di vetro) prelevati nel corso delle attività di campo. | corpo           | 1        | 300.00   | 300.00   |
| 10   | Cementazione finale dei fori mediante miscela acqua/cemento/bentonite  | m               | 84       | 12.09    | 1015.56  |
| 11   | Approvvigionamento e trasporto acqua per perforazione qualora non reperibile nel raggio di 300m: per ogni metro di perforazione  | m               | 84       | 3.69     | 309.96   |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 35 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

|     |  |                      |      |        |          |
|-----|--|----------------------|------|--------|----------|
| 12  | <i>Impiego apparecchiatura "PULIVAPOR"</i>   |                      |      |        |          |
| 12a | <i>ad acqua calda (per ogni giorno di utilizzo)</i>  | <i>giorno</i>        | 15   | 67.15  | 1007.25  |
| 12b | <i>con solventi (per ogni giorno di utilizzo)</i>  | <i>giorno</i>        | 15   | 107.42 | 1611.30  |
|     |  |                      |      |        |          |
|     | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI<br/>di laboratorio</b>  |                      |      |        |          |
| 14  | <i>Apertura di campione rimaneggiato</i>   | <i>numero</i>        | 12   | 4.62   | 55.44    |
| 15  | <i>Determinazione del contenuto d'acqua naturale</i>   | <i>numero</i>        | 12   | 4.80   | 57.60    |
| 16  | <i>Determinazione del Limite di Liquidità e di Plasticità, congiuntamente</i>  | <i>numero</i>        | 12   | 31.42  | 377.04   |
| 17  | <i>Determinazione del Limite di Ritiro</i>   | <i>numero</i>        | 12   | 32.73  | 392.76   |
| 18  | <i>Analisi granulometrica per setacciatura per via secca mediante vagli della serie ASTM</i>   | <i>numero</i>        | 12   | 20.94  | 251.28   |
| 19  | <i>Analisi granulometrica per sedimentazione con Aerometro</i>   | <i>numero</i>        | 12   | 28.37  | 340.44   |
|     |  |                      |      |        |          |
|     | <b>REALIZZAZIONE TRINCEE DRENANTI</b>  |                      |      |        |          |
| 20  | <i>Picchettamento in sito del tracciato planimetrico della perforazione mediante picchetti saldamente infissi nel terreno riferiti a caposaldi noti di Stabilimento (2 uomini per 3 giorni lavorativi)</i>   | <i>giorni/uomo</i>   | 6    | 851.00 | 5106.00  |
| 21  | <i>Demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso secondo una sagoma prestabilita per uno spessore di ca. 10-15 cm. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili.</i>  | <i>m<sup>2</sup></i> | 36   | 21.50  | 774.00   |
| 22  | <i>Rimozione della massicciata stradale per uno spessore di ca. 20-30 cm. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili.</i>   | <i>m<sup>3</sup></i> | 99   | 13.50  | 1336.50  |
| 23  | <i>Scavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici sino a profondità massima di 500 cm circa da p.c. in terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia, anche in presenza di battente d'acqua; sono comprese le eventuali sbadacchiature. E' compresa la sistemazione del terreno di risulta in cassoni scarrabili (<b>non computati</b>). E' escluso lo smaltimento e gli oneri connessi</i> | <i>m<sup>3</sup></i> | 1050 | 10.80  | 11340.00 |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 36 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

|    |   |        |      |          |           |
|----|---|--------|------|----------|-----------|
| 24 | <i>Fornitura e posa in opera di geotessile non tessuto di massa areica pari ai 250 gr/mq e rispondente alle prescrizioni progettuali. E' compresa la posa in superfici inclinate, con presenza di battente d'acqua. Sono inoltre comprese le sovrapposizioni, gli sfridi ed i sormonti al di sopra del corpo drenante.</i>  | $m^2$  | 1830 | 3.50     | 6405.00   |
| 25 | <i>Fornitura e posa in opera di tubazioni fenestrate in HDPE (Dest=250mm spessore=9,6 mm) e rispondenti ai requisiti di progetto. Sono comprese le giunzioni filettate e gli innesti.</i>   | $m$    | 114  | 45.50    | 5187.00   |
| 26 | <i>Fornitura e posa in opera di tubazioni chiuse in HDPE (Dest=600mm spessore=24,1 mm) e rispondenti ai requisiti di progetto. Sono comprese le giunzioni filettate, gli innesti ed i tappi di fondo avvitati e predisposti con innesti adeguati.</i>   | $m$    | 60   | 1241.05  | 74463.00  |
| 27 | <i>Fornitura e posa in opera di materiale granulare siliceo arrotondato, lavato e calibrato di pezzatura 1-1,5 mm sino alla profondità di - 80 cm da p.c.</i>   | $m^3$  | 870  | 42.00    | 36540.00  |
| 28 | <i>Fornitura e posa in opera di misto granulare stabilizzato e compattato a strati per realizzazione sottofondo stradale come richiesto in progetto.</i>  | $m^3$  | 180  | 35.00    | 6300.00   |
| 29 | <i>Stesa di conglomerato bituminoso secondo requisiti richiesti in progetto per realizzazione della pavimentazione stradale dello spessore di 10 cm circa (7 cm strato di binder + 3 cm strato di usura).</i>   | $m^2$  | 510  | 14.50    | 7395.00   |
| 30 | <i>Completamento delle teste pozzo mediante la fornitura e posa in opera di pozzetti d'ispezione in c.a. prefabbricati (dimensioni 80x80x70 cm circa) completi di chiusini in ghisa sferoidale classe minima D400 con quota superiore a perfetto livello con il piano campagna. Sono compresi i rinfianchi in materiale granulare, il letto di posa in magrone e quant'altro occorra per dare l'opera finita.</i> | numero | 12   | 976.40   | 11716.80  |
| 31 | <i>Fornitura e posa in opera di elettropompa sommersa e relativa tubazione di mandata, cavi elettrici di collegamento, quadro di comando, trasmettitori di portata e di pressione, sonde di livello, inverter, valvole, carpenteria e quanto altro occorra per il collettamento dell'opera sino alla base del pipe-rack, secondo specifiche</i>   | numero | 6    | 28000.00 | 168000.00 |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| COMMESSA<br>1265Q0        | UNITA'<br>RISAMB |
| <b>SPC. 65-BD-E-94027</b> |                  |
| Fg. 37 di 37              | Rev.             |
|                           | 1                |

|    |   |                      |    |          |          |
|----|---|----------------------|----|----------|----------|
| 32 | <i>Prescavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici su terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia da mina sino a profondità di 100 cm da p.c.. Sono inoltre compresi: la demolizione delle normali sovrastrutture tipo pavimentazioni stradali o simili. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili</i> | <i>m<sup>3</sup></i> | 48 | 13.50    | 648.00   |
| 33 | <i>Realizzazione basamento, avente dimensioni di circa 200x400x40 cm, in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata pressopiegata <math>\Phi 8</math> a maglia quadrata 20x20 cm per l'appoggio dei quadri elettrici di comando dell'elettropompa. E' incluso il calcestruzzo magro per la pulizia del piano di posa del basamento.</i>  | <i>corpo</i>         | 6  | 1280.00  | 7680.00  |
| 34 | <i>Spurgo del dreno sino ad ottenimento di acqua chiara e priva di sedimenti in sospensione con pompa sommersa (esclusa l'installazione) E' compreso l'allestimento della linea provvisoria di scarico sino a serbatoi fuori terra non computati (distanza unitaria circa 20m).</i>   | <i>h</i>             | 48 | 163.75   | 7860.00  |
| 35 | <i>Pulizia finale aree di lavoro</i>  | <i>numero</i>        | 6  | 500.00   | 3000.00  |
| 36 | <i>Elaborazione progetto AS-BUILT</i>   | <i>numero</i>        | 1  | 1500.00  | 1500.00  |
|    |   |                      |    |          |          |
|    | <b>MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA</b>  |                      |    |          |          |
| 37 | <i>Noleggio di sistema di aspirazione dell'aria, da posizionare in prossimità degli scavi comprensivo di trattamento con filtro a carboni attivi. E' compresa l'eventuale sostituzione e smaltimento del filtro.</i>  | <i>giorno</i>        | 45 | 432.44   | 19459.80 |
| 38 | <i>Monitoraggio dell'atmosfera in corso d'opera realizzato mediante l'impiego di centraline fisse per il campionamento delle polveri (N. 2 centraline a postazione per la durata stimata di 1,5 mesi)</i>   | <i>corpo</i>         | 1  | 75000.00 | 75000.00 |