



TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI PROGETTO AUTORIZZATIVO

TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI
PROGETTO AUTORIZZATIVO



Progettazione

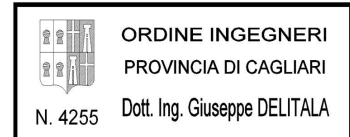
Società di ingegneria incaricata per la progettazione



COSIN S.r.l.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA UNIPERSONALE
09134 CAGLIARI - VIA SAN TOMMASO D'AQUINO 18
Tel e fax +39 070 2346768
info@cosinsrl.it
P.IVA 03043130925

Progettista e responsabile per l'integrazione
fra le varie prestazioni specialistiche

Ing. Giuseppe Delitala



Gruppo di lavoro COSIN S.r.l.

Geologia e geotecnica
Geol. Alberto Gorini



Opere Civili
Ing. Nicola Marras

Studio di impatto ambientale
Ing. Emanuela Corona

Fotosimulazioni
Arch. Daniele Nurra

Archeologia
Archeol. Anna Luisa Sanna

Consulenze specialistiche:

Rapporto preliminare di sicurezza
Società ICARO S.r.l.

Opere antincendio
Ing. Fortunato Gangemi

Opere Marittime
Ing. Giovanni Spissu

Opere Strutturali
Ing. Francesco Fiori

Studio di impatto Acustico
Ing. Antonio Dedoni

RELAZIONE GESTIONE DELLE MATERIE

1 - ELABORATI TECNICI E SPECIALISTICI

NOME FILE

D_01_ES_10_RGM_R00

FORMATO

CODICE
ELAB.

D 0 1 E S 1 0 R G M R 0 0

REV. A

A3/A4

A PRIMA EMISSIONE

Maggio 2017

Gorini

Delitala

Delitala

REV. DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	APPROCCIO METODOLOGICO E NORMATIVO	3
2	SINTESI DESCRITTIVA DEGLI INTERVENTI	5
2.1	BRACCI DI CARICO GNL	5
2.2	LINEE DI TRASFERIMENTO DEL GNL	5
2.3	SERBATOI DI STOCCAGGIO GNL	5
2.4	VAPORIZZATORI PER LA RIGASSIFICAZIONE DEL GNL	6
2.5	BAIE DI CARICO AUTOCISTERNE	6
2.6	SISTEMI PER L'IMMISSIONE DEL GAS METANO NELLA RETE DI TRASPORTO	6
2.7	SISTEMA DI GESTIONE BOG	7
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DELLE AREE DI SEDIME.	11
5.1	DATI GEOLOGICI	11
5.2	DATI GEOTECNICI	14
5.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	17
6	GESTIONE DELLE MATERIE	20
6.1	SUDDIVISIONE DEI VOLUMI DI SCAVO.....	20
6.2	SUDDIVISIONE DEI MATERIALI E PROCESSI DI PRODUZIONE E IMPIEGO	22
6.3	INDIVIDUAZIONE DEI PERCORSI E MODALITÀ E TIPOLOGIA DI TRASPORTO	24
6.4	DESCRIZIONE DEI FABBISOGNI DI MATERIALI DA APPROVVIGIONARE DA CAVA.....	25
6.5	DESCRIZIONE DEGLI ESUBERI DI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI	26
6.6	IPOTESI DI APPROVVIGIONAMENTO/CONFERIMENTO PROPOSTA	26
	ALLEGATI	28



1 PREMESSA

L'intervento in oggetto ha come obiettivo di realizzare un terminal per il GNL (Gas Naturale Liquefatto) nel Porto Canale di Cagliari. L'impianto è stato localizzato in un'area che intercetta il tracciato delle reti di trasporto del gas GPL (Gas Petrolio Liquefatto) esistenti dell'area vasta di Cagliari, ed in prossimità della dorsale Sarroch/Oristano/Porto Torres dell'ipotetico futuro metanodotto. L'obiettivo principale è quello di garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas metano come fonte energetica alternativa a quelle già presenti nell'isola.

Il Terminal sarà caratterizzato da una struttura in banchina per la connessione e lo scarico del GNL dalle navi metaniere, un complesso di tubazioni criogeniche per il trasporto del fluido nella zona impianto, un sistema di stoccaggio, pompaggio, e rigassificazione del GNL.

Nel Terminal saranno installati 18 serbatoi criogenici, 9 gruppi di pompaggio, 40 vaporizzatori ad aria ambiente (AAV) e una stazione per il filtraggio, la misura e l'odorizzazione del gas naturale propedeutica all'immissione nelle reti di trasporto. Attraverso le baie di carico per le autocisterne si potrà trasportare il GNL su gomma in tutta l'isola, o rifornire le navi, attuando così le direttive europee sull'utilizzo del GNL come combustibile per le imbarcazioni.

Il progetto proposto rientra nelle linee guida del Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna, ed in quelle dell'Accordo di Programma Quadro per la Metanizzazione della Sardegna. La scelta progettuale adottata è inoltre in piena sinergia con le direttive europee e nazionali, sulla realizzazione di infrastrutture per i combustibili alternativi (Direttiva 2014/94/UE e D.Lgs.257/2016).

Con il Terminal di ISGAS, il porto canale potrebbe diventare, senza ulteriori infrastrutturazioni, un polo nel mediterraneo per il rifornimento delle navi che utilizzano il GNL come carburante per il trasporto marittimo. Le infrastrutture sono infatti progettate per creare un efficiente "*Bunkering Point*" (ship to ship, truck to ship, o pipe to ship).

A tal proposito si ricorda che il porto di Cagliari fa parte dei 14 porti italiani core delle reti transeuropee di trasporto (Reti TEN-T) del Regolamento UE1315/2013, che dovranno a breve garantire la "*disponibilità di combustibili puliti alternativi*".

Il proponente del progetto è la ISGAS Energit Multiutilities S.p.A, società Concessionaria, in regime di esclusiva, del servizio di distribuzione del gas nei comuni di Cagliari, Oristano e Nuoro. Attualmente ha oltre 21.000 utenti attivi. ISGAS si occupa della distribuzione e vendita dell'aria propanata (integralmente sostituibile con il metano) attraverso reti canalizzate nei vari territori comunali.

Il Terminal è stato progettato per essere un importante punto di "*Entry*" nel sistema di metanodotti della Sardegna, attualmente in fase di progettazione. Tuttavia il Terminal GNL potrà svolgere a pieno le sue funzioni anche collegandosi alla rete di trasporto del gas già esistente a servizio dell'area vasta di Cagliari.



1.1 *Approccio metodologico e normativo*

Nella presente relazione si vanno ad identificare le principali operazioni messe in atto per la realizzazione dell'opera in progetto che determineranno la produzione di materiali terrigeni al fine di descrivere le opzioni gestionali applicate ai materiali provenienti dalle operazioni di scavo.

Le operazioni generanti i volumi di terre da scavo sono:

- Scavo a sezione ristretta
- Scavo a larga sezione

Dal 6 ottobre 2012 la gestione dei materiali da scavo come sottoprodotti è disciplinata dalle nuove regole dettate dal D.M. Ambiente del 10 agosto 2012 n. 161 (pubblicato in G.U. del 21 settembre 2012, n. 221).

La nuova disciplina sostituisce quella prevista dall'art. 186 del D.Lgs. 152/2006, conosciuto come "Codice ambientale", in virtù della delegificazione proposta dallo stesso codice.

L'art. 186 consentiva di inserire le terre e le rocce provenienti dagli scavi, purché con caratteristiche merceologiche ed ambientali idonee, nel campo dei sottoprodotti gestibili con uno specifico "progetto di utilizzo", fuori dal più oneroso regime dei rifiuti.

Sono sempre stati del tutto evidenti i benefici ambientali che derivano dall'utilizzo come sottoprodotto del materiale da scavo non inquinato, comportando un risparmio di risorse primarie, una limitazione degli interventi, spesso invasivi, per l'estrazione dei materiali (in primo luogo di sabbie e ghiaie) e la diminuzione di rifiuti inerti da portare a discarica.

Il nuovo decreto ministeriale stabilisce ora criteri e adempimenti burocratici per gestire le terre e le rocce da scavo, prevedendo un controllo rigido lungo la filiera che va dalla produzione (scavo) al riutilizzo e disciplinando la stessa gestione in maniera in qualche modo diversa dal precedente regime di cui all'art. 186.

Le nuove regole recate dal decreto riguardano il suolo ed il sottosuolo, compresi eventuali materiali di riporto in essi presenti, derivanti dalla realizzazione di opere di costruzione, demolizione (ad esclusione dell'abbattimento di edifici), recupero, restauro, ristrutturazione e manutenzione.

Nel dettaglio si tratta di terre e rocce provenienti da scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee, ecc.), dalla costruzione di opere infrastrutturali (gallerie, dighe, strade, ecc.) e dalla rimozione e dal livellamento di opere in terra. Sono assimilati a materiali gestibili come sottoprodotto i materiali litoidi e tutte le altre frazioni granulometriche provenienti da escavazioni effettuate negli alvei, sia dei corpi idrici superficiali, che del reticolo idrico scolante, in zone golenali dei corsi d'acqua, spiagge, fondali lacustri e marini; ed ancora sono assimilati i residui di lavorazione di materiali lapidei (marmi, graniti, pietre), anche non connessi alla realizzazione di un'opera.



Purché la composizione media della massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dal regolamento, i materiali da scavo possono contenere anche calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per lo scavo meccanizzato.

Il nuovo decreto ammette dunque tra i materiali di scavo gestibili come sottoprodotti quelli che contengono materiali di riporto, utilizzati ad esempio per riempimenti del terreno. Questa previsione è la conseguenza diretta dell'art. 3 del D.L. 2/2012, che stabilisce che la nozione di suolo di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 deve essere riferita anche alla matrice "materiali di riporto".

Secondo il decreto le condizioni per una legittima gestione dei materiali da scavo devono soddisfare i seguenti criteri:

- devono essere generati dalla realizzazione di un'opera senza costituirne la finalità diretta;
- devono essere riutilizzati nella stessa opera o in opera diversa, oppure in processi produttivi in sostituzione della materia prima;
- devono essere riutilizzati senza trattamenti diversi della "normale pratica industriale";
- devono rispondere a precisi requisiti di qualità ambientale.

Per le quantità non riutilizzabili (CIs, e materiali plastici e ferrosi), che costituiscono rifiuto, si procederà, invece, all'allontanamento, classificazione e smaltimento, ai sensi della parte IV del D.Lgs. n. 152/2006, e s.m.i.

Verranno ipotizzati depositi temporanei di stoccaggio dei materiali, in maniera tale da prevederli interni alle aree interessate dalle lavorazioni, minimizzando gli eventuali flussi di movimento dei mezzi meccanici al di fuori del perimetro dei lavori.



2 SINTESI DESCRITTIVA DEGLI INTERVENTI

L'impianto sarà composto da 3 macro zone: un'area in banchina, in cui sono presenti in bracci di carico e scarico del GNL dalle navi, una fascia di passaggio delle tubazioni criogeniche di trasporto del GNL che verranno installate all'interno di un cavedio chiuso ma ispezionabile, e la zona dell'impianto stoccaggio e rigassificazione.

L'impianto sarà ubicato all'interno del Porto Industriale di Cagliari. Le coordinate del Baricentro dell'area dell'impianto sono E=1507402.7727 N= 4340468.3092 secondo il sistema di Riferimento Gauss Boaga (Roma Monte Mario). Come verrà illustrato negli elaborati geologici e geotecnici, l'area è stata storicamente ricavata allo stagno di Santa Gilla durante i lavori per la costruzione del Porto Industriale stesso negli anni 60, risulta infatti principalmente costituita da terreni di riporto.

2.1 Bracci di carico GNL

La banchina sarà dotata di braccio di carico e scarico del GNL. Lo scarico avrà ovviamente la funzione di portare il GNL al terminale. Le funzioni di carico invece saranno base per la creazione di un punto di bunkeraggio navale per il GNL. La banchina sarà quindi dotata di una sala controllo per il comando delle operazioni di carico e scarico.

2.2 Linee di trasferimento del GNL

Il GNL verrà dalla banchina all'impianto tramite tubazioni criogeniche. Queste verranno alloggiare in un cavedio interrato costruito in calcestruzzo armato con coperture armate interamente ispezionabile. All'interno del cavedio verranno installate le tubazioni criogeniche per il BOG e per il bunkeraggio e linee di spurgo. Inoltre verranno predisposti dei corrugati per il passaggio delle linee elettriche e cavi di segnale per la trasmissione dei dati di processo. Il cavedio sarà intervallato da un loop di espansione per le tubazioni criogeniche ogni 100m e cavedio si estenderà per ca. 1.000 m.

2.3 Serbatoi di stoccaggio GNL

Ciascun serbatoio sarà di forma cilindrica e posizionato orizzontalmente fuori terra. I serbatoi saranno disposti in 3 gruppi, composti ognuno da 6 serbatoi con l'asse maggiore parallelo, ed una distanza minima tra un serbatoio e l'altro di 6 m, i serbatoi saranno del tipo *full containment* (con doppio serbatoio), dimensionato per una capacità nominale di 1.226 mc per ciascun serbatoio, e di 22.068 mc complessivi per il terminal. I serbatoi saranno dotati di valvole di intercettazione e collegati agli altri serbatoi



attraverso un collettore da cui saranno alimentate le pompe per il rilancio del GNL verso: vaporizzatori, baie di carico e bracci di carico in banchina.

2.4 Vaporizzatori per la rigassificazione del GNL

Il terminale potrà rigassificare 876 milioni di metri cubi annui di gas naturale all'anno, che saranno immessi nella rete regionale. Gli impianti saranno mediamente in marcia il 95% circa delle ore annue e la suddetta capacità di rigassificazione di 876 milioni di mc/anno corrisponde ad una portata media di gas prodotto pari a 100.000 mc/h. Ottenuti da una massimo di 20 Vaporizzatori in funzione (considerato che lavorano alternati a coppia). I vaporizzatori che si utilizzeranno vaporizzatori ad aria ambientale AAV (Ambient Air Vaporizer) con capacità di circa 5.000 mc/h ciascuno. I vaporizzatori saranno costituiti da elementi di pianta rettangolare su un telaio in alluminio nel quale dei tubi di acciaio disposti a serpentina portano il GNL a pressione, a contatto con la temperatura ambientale in modo da effettuare lo scambio di calore per raggiungere lo stato gassoso.

2.5 Baie di carico autocisterne

Al fine di raggiungere altre zone della Sardegna che non saranno allacciate alla rete verrà predisposta una zona denominata "Baia di Carico" in cui le autocisterne apposite per il GNL potranno effettuare il rifornimento. In uscita dai serbatoi si bypasserà la zona vaporizzazione portando il GNL direttamente alle 2 baie di carico tramite le due pompe dedicate a funzionamento alternato.

2.6 Sistemi per l'immissione del gas metano nella rete di trasporto

Il Gas naturale prima di essere immesso nella rete dovrà passare attraverso la strumentazione di analisi e controllo. In prima fase dovrà passare attraverso lo Skid di filtrazione. Dopo la filtrazione verrà prelevato un campione per l'analisi che verrà effettuata nella Cabina Cromatografi. Successivamente si incontra la fase di odorizzazione. Questa fase verrà bypassata nel caso in cui ad essere immesso in rete sia gas naturale ad alta pressione, perché l'odorizzazione del metano ad alta pressione verrà effettuata laddove il futuro gestore del metanodotto lo reputi opportuno. Dopo l'odorizzazione si passa alla fase di misura fiscale, per la contabilizzazione della quantità di metano immessa in rete. Infine per regolare le caratteristiche di portata e pressione il metano passerà nel gruppo di riduzione finale (GRF), per essere immesso o nella rete dei metanodotti o nella rete cittadina.



2.7 Sistema di gestione BOG

Il boil-off è il gas che viene prodotto dal riscaldamento del GNL nelle fasi di travaso e di trasporto. Nei serbatoi di stoccaggio, i BOG aumentano la pressione interna, e devono essere gestiti nel modo corretto. Questi possono essere messi in rete bypassando la rigassificazione, oppure possono essere gestiti dai motori alimentati dal boil-off stesso per la produzione di energia elettrica in favore dell'utilizzo nel terminal.

Il terminale è progettato per la gestione il BOG prodotto prevedendo principalmente e l'immissione in rete e con l'obiettivo di non portare gas fino alla torcia che verrà utilizzata solamente in casi di emergenze, gestendolo attraverso la produzione di generazione elettrica di impianto.



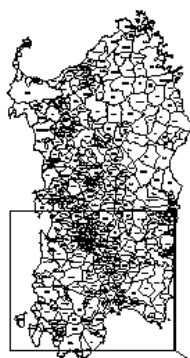
3 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione viene redatta ai sensi delle seguenti norme:

- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 – Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.
- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Ordinanza Presidente Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Delibera Giunta Regionale 30 marzo 2004, n. 15/31 - Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006 – Norme in materia ambientale - Parte IV, Artt. 183, 184, 185 e 186 e Tabella 1 – Allegato 5 alla parte IV.
- Decreto Legislativo n. 4 del 16 Gennaio 2008 – Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152, recante norme in materia ambientale.
- Decreto Ministero dell'Ambiente n. 161 del 10 Agosto 2012 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata da questo studio si trova nel Comune di Cagliari, in corrispondenza della zona portuale denominata "Porto Canale", nel settore immediatamente ad W del Capoluogo. L'area è ubicata in adiacenza al *terminal container* per lo smistamento del traffico destinato ai principali porti del Mediterraneo occidentale. Il porto si estende dal Villaggio Pescatori a S dell'area in esame, a Sa Illetta, che un tempo era un isolotto che si addentrava all'interno dello Stagno di santa Gilla.



Regione Autonoma della Sardegna
Provincia di Cagliari
Comune di Cagliari

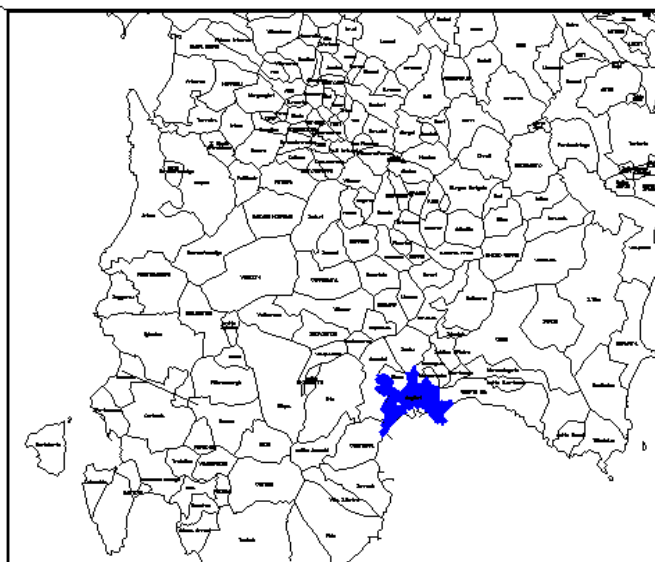


Figura 1 – Inquadramento geografico.

L'area in esame ricade all'interno del Foglio 557 Sez.III – "Cagliari" dell'I.G.M. in scala 1:25.000 e alla tavola 557140 "Cagliari" nella Cartografia Tecnica Regionale, in scala 1:10.000.



Figura 2 – Ortofoto 2013.



Figura 3 – Vista aerea dell'area oggetto di studio (Google Earth, ripresa da 3 Km di altezza).

La morfologia è pianeggiante, con quote s.l.m. comprese tra 3.25÷ 4.12 m.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DELLE AREE DI SEDIME

5.1 Dati Geologici

L'area investigata è ubicata in corrispondenza di una fascia transizionale costiera interessata da numerose variazioni batimetriche e, di conseguenza, paleoambientali. Le facies riconoscibili dalle stratigrafie mostrano alternanze verticali e laterali di ambienti da litorale ad alluvionale passando per ambienti transizionali e fluvio-deltizi. La complessità di tale assetto litostratigrafico si traduce in una marcata eterogeneità di sedimenti.

Il secolo scorso è stato caratterizzato da opere di bonifica allo scopo di recuperare terre e nel contempo renderle idonee all'insediamento e alle attività antropiche.

In letteratura esistono, per l'area del Porto Canale, numerosi dati provenienti da campagne di indagini geognostiche. In particolare in prossimità dell'area oggetto del presente studio sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici corredati da prove CPT ed SPT e prove di laboratorio (prove di taglio diretto, prove edometriche e classificazioni granulometriche).

In tale fase autorizzativa pertanto, al fine di una corretta pianificazione di indagini da eseguirsi nella successiva fase progettuale, sono stati analizzati i dati esistenti e rielaborati in funzione anche delle conoscenze degli scriventi.

I *range* di parametri risultanti dal presente studio dovranno successivamente essere confrontati con i risultati provenienti da una dettagliata campagna di indagini, elaborata in questa fase, come esposto nelle pagine seguenti.

La successione stratigrafica dell'area investigata può essere così schematizzata:

- Unità 1 – Riporti di origine antropica sabbiosi e ciottolosi
- Unità 2 – Sabbie medie e sabbie fini
- Unità 3 – Limi sabbiosi, limi argillosi e argille con livelli organici
- Unità 4 – Sabbie fini con concrezioni carbonatiche
- Unità 5 – Sabbie assortite con livelli conglomeratici
- Unità 6 – Argille consistenti e argille sabbiose

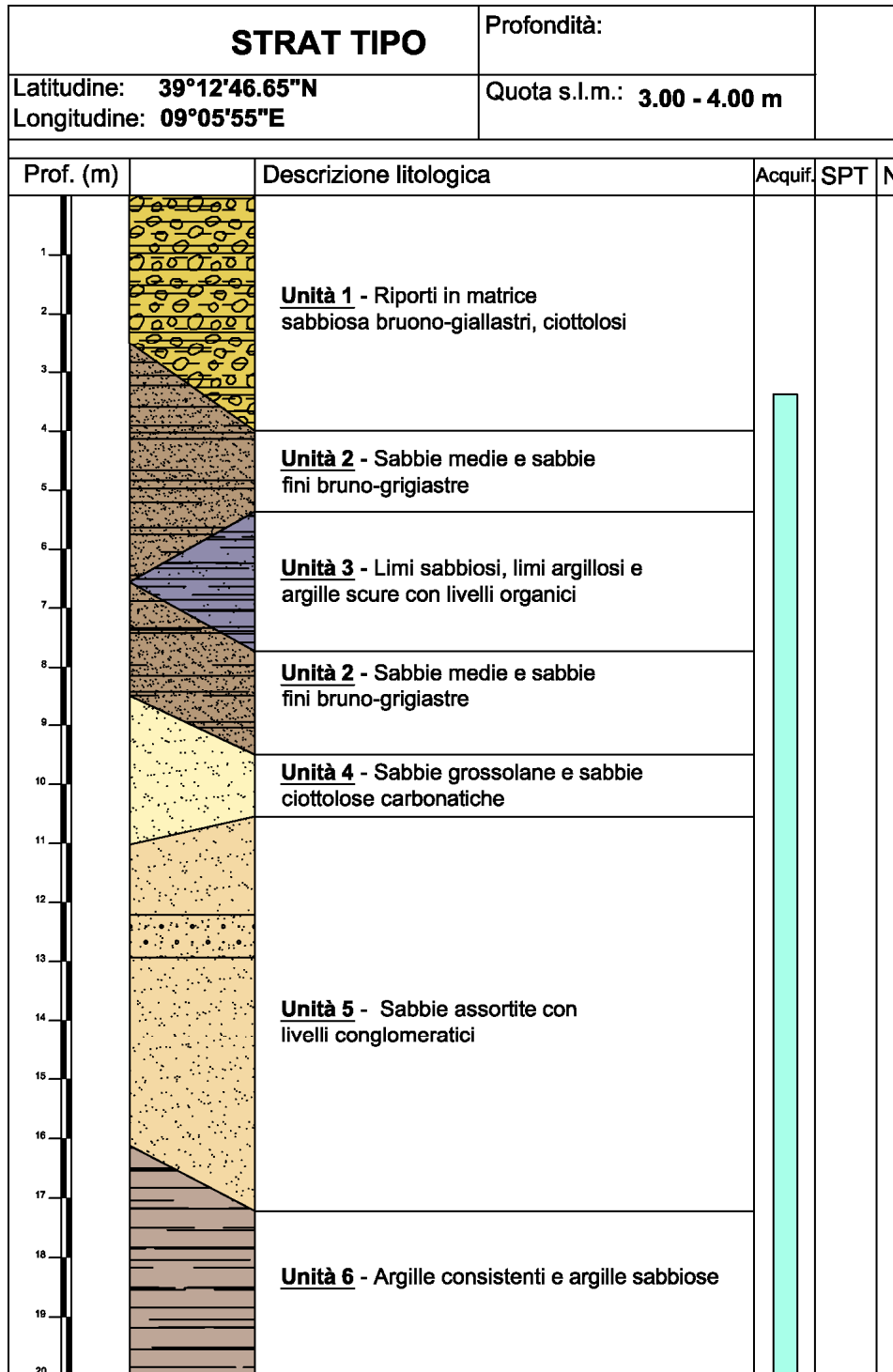


Figura 4 – Stratigrafia tipo del settore investigato.



UNITA' 1 – RIPORTI

Comprende i terreni di riporto di origine antropica costituiti essenzialmente da materiali sabbiosi misti a detriti ciottolosi a luoghi cementati. Lo spessore medio varia da 3 a 4 m.

UNITA' 2 – SABBIE MEDIE E FINI

Si tratta di sabbie da medie a fini, a luoghi limose e/o ciottolose. Sono presenti intercalati livelli conchiliari e resti di paglia marina. Lo spessore medio varia da 2 a 6 m.

UNITA' 3 – LIMI SABBIOSI E ARGILLE CON LIVELLI ORGANICI

Tale unità è costituita da sedimenti limosi e argillosi con parziale componente sabbiosa. Il contenuto di paglia marina e di frammenti conchiliari risulta rilevante. Si rileva sia in strati continui che in lenti isolate. Lo spessore medio varia da 0 a 2,5 m.

UNITA' 4 – SABBIE FINI CON CONCREZIONI CARBONATICHE

Si tratta essenzialmente di sabbie limose sature con intercalati livelletti e straterelli cementati o ricchi di concrezioni carbonatiche. Lo spessore medio varia da 1 a 3 m.

UNITA' 5 – SABBIE ASSORTITE E LIVELLI CONGLOMERATICI INTERCALATI

Sono costituite da sabbie da medie a fini addensate, con intrecciazioni di straterelli conglomeratici. Lo spessore medio è plurimetrico.

UNITA' 6 – ARGILLE CONSISTENTI E ARGILLE SABBIOSE

Tale unità è costituita da argille e limi sabbiosi con rari inclusi di dimensione plurimillimetrica. L'unità 6 si rileva generalmente a partire dai 15 m dal piano di campagna.

5.2 Dati geotecnici

La presenza costante di sedimenti sciolti necessita di una caratterizzazione geotecnica dei terreni. La componente sabbio-limo-argillosa dei sedimenti caratterizzanti il sottosuolo consente di inerire le unità litostratigrafiche individuate all'interno di un *range* definito di parametri geomeccanici.

Verranno descritte le unità litostratigrafiche individuate e i relativi parametri geotecnici.

Unità 1 – Terreni di riporto

Si tratta di depositi superficiali, caratterizzati da componente sabbiosa da fine a grossolana. Lo scheletro è costituito da ciottoli eterometrici e poligenici. Lo spessore è variabile dai 2 ai 3,5 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 18÷20 kN/mc
- peso di volume immerso: 12÷14 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio (asciutto): 30÷33°
- angolo di resistenza al taglio (saturo): 24÷27°
- coesione: 0.00 daN/cm²
- modulo elastico (asciutto): 100÷120 daN/cm²
- modulo elastico (saturo): 30÷50 daN/cm²

Unità 2 – Sabbie medie e fini

Si tratta di sabbie da medie a fini, a luoghi limose e/o ciottolose. Sono presenti intercalati livelli conchiliari e resti di paglia marina. Lo spessore medio varia da 2 a 6 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 18÷19 kN/mc
 - peso di volume immerso: 8÷10 kN/mc
 - angolo di resistenza al taglio (s.l. fini): 25÷28°
 - angolo di resistenza al taglio (s. grossolane): 21÷23°
 - coesione: 0.00 daN/cm²
 - modulo elastico (s.l. fini): 110÷130 daN/cm²
 - modulo elastico (s. grossolane): 30÷50 daN/cm²
-

Unità 3 – Limi sabbiosi e argille con livelli organici

Tale unità è costituita da sedimenti limosi e argillosi con parziale componente sabbiosa. Il contenuto di paglia marina e di frammenti conchiliari risulta rilevante. Si rileva sia in strati continui che in lenti isolate. Lo spessore medio varia da 0 a 2,5 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume: 16÷17 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio: 12÷14°
- coesione: 0.10÷0.20 daN/cm²
- modulo elastico: 10÷15 daN/cm²
- modulo edometrico: 15÷30 daN/cm²

Unità 4 – Sabbie fini con concrezioni carbonatiche

Si tratta essenzialmente di sabbie limose sature con intercalati livelletti e straterelli cementati o ricchi di concrezioni carbonatiche. Lo spessore medio varia da 1 a 3 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 16÷18 kN/mc
- peso di volume immerso: 7÷9 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio: 27÷30°
- coesione: 0.00 daN/cm²
- modulo elastico: 60÷80 daN/cm²

Unità 5 – Sabbie assortite e livelli conglomeratici intercalati

Sono costituite da sabbie da medie a fini addensate, con intrecci di straterelli conglomeratici. Lo spessore medio è plurimetrico.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 18÷20 kN/mc
- peso di volume immerso: 8÷10 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio (s. medie): 22÷24°
- angolo di resistenza al taglio (s. limose): 23÷25°
- angolo di resistenza al taglio (s. addensate): 28÷30°
- angolo di resistenza al taglio (liv. conglomeratici): 25÷28°
- coesione: 0.00 daN/cm²
- modulo elastico (s.medie): 70÷90 daN/cm²
- modulo elastico (s. limose): 150÷170 daN/cm²



- modulo elastico (s. addensate): 450÷480 daN/cm²
- modulo elastico (liv. conglomeratici): 250÷280 daN/cm²

Unità 6 – Argille consistenti e argille sabbiose

Tale unità è costituita da argille e limi sabbiosi con rari inclusi di dimensione plurimillimetrica. L'unità 6 si rileva generalmente a partire dai 15 m dal piano di campagna.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume: 19÷21 kN/m³
- angolo di resistenza al taglio: 18÷20°
- coesione: 0.40÷0.70 daN/cm²
- modulo edometrico: 50÷80 daN/cm²

5.3 Indagini geognostiche

Per la verifica diretta della successione stratigrafica e dello stato di consistenza dei terreni si rende necessaria una campagna di indagini geognostiche.

Le operazioni di sondaggio e di indagini geognostiche interesseranno gran parte dell'area di sviluppo dell'intervento, in special modo in corrispondenza dei serbatoi criogenici, della torcia e dei vaporizzatori.

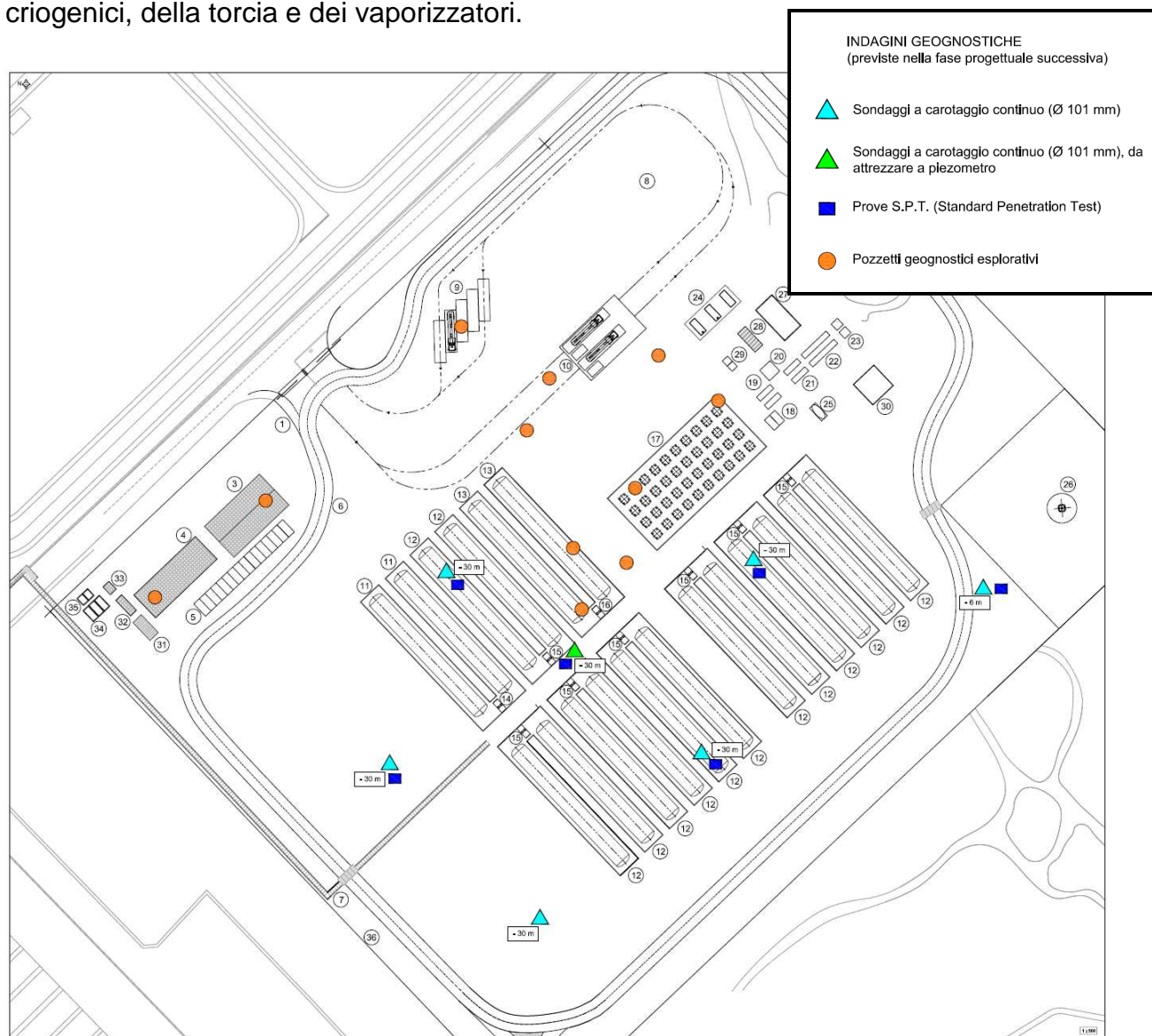


Figura 5 – Stralcio della planimetria indagini geognostiche previste.



Piano delle indagini

Nel rispetto delle norme vigenti, come supporto imprescindibile alla fase progettuale esecutiva e sulla base sia dei dati disponibili utilizzati per la parametrizzazione preliminare del sottosuolo, si rende necessaria l'esecuzione di una campagna geognostica la quale, ai fini che interessano e considerato il modello geologico-idrogeologico esaminato, è opportuno che si espliciti mediante sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche continue, pozzetti geognostici e analisi di laboratorio. In particolare lungo tutto lo sviluppo dell'opera prevista, si prevede l'esecuzione della seguente campagna di indagini e prove:

- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo Ø 101 mm spinti a profondità variabili (sino a -30 m);
- n° 7 prelievi campioni rimaneggiati;
- n° 28 prove penetrometriche dinamiche SPT spinte a profondità variabili (n. 4 per sondaggio);
- n° 7 classificazioni delle terre CNR-UNI 10006 in laboratorio;
- n. 5 prove edometriche
- n. 14 prove di espansione a ELL per determinazione coesione non drenata (n. 2 per sondaggio);
- n° 11 pozzetti geognostici esplorativi.
- n° 10 prove di taglio in laboratorio

I sondaggi devono seguire per quanto possibile le seguenti modalità esecutive:

- Le verticali di perforazione costituiscono elemento di vulnerabilità in quanto pongono potenzialmente in comunicazione matrici ambientali in genere nettamente separate. E' da evitare l'utilizzo di qualunque sostanza in grado di compromettere la rappresentatività, dal punto di vista chimico, dei campioni di terreno prelevati. Pertanto gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle diverse operazioni devono essere caratterizzati da modalità costruttive e materiali tali da non comportare nessuna contaminazione o variazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici ambientali indagate;
- dovrà essere verificata la messa a punto ed il corretto funzionamento dei macchinari, degli impianti e di tutte le attrezzature da utilizzare per l'indagine, prima dell'uso effettivo sul sito, in modo da evitare la perdita di lubrificanti, carburanti e altre sostanze durante le fasi di perforazione e campionamento;
- Particolare cautela sarà necessaria nei primi metri di avanzamento per evitare la perforazione di eventuali fusti interrati.
- Il carotaggio dovrà avvenire a secco, fin quando possibile, ed a bassa velocità.



Qualora dovesse risultare indispensabile per l'avanzamento l'utilizzo del fluido di perforazione, dovrà essere usata acqua pulita, eventualmente additivata con polimeri biodegradabili;

- l'estrusione della carota dovrà avvenire a secco.
- prima dell'inizio della perforazione il carotiere, le aste ed i rivestimenti metallici dovranno essere accuratamente lavati con acqua potabile, utilizzando l'idropulitrice ad acqua calda ed alta pressione;
- analogo procedimento sarà da applicare ad ogni manovra di carotaggio, rimuovendo completamente, dall'esterno e dall'interno dell'utensile, qualsiasi residuo di materiale; l'acqua e la condensa presenti sulle pareti dell'utensile devono poi evaporare naturalmente o, quando ciò non avviene, essere asciugate con carta da filtro pulita.

6 GESTIONE DELLE MATERIE

6.1 *Suddivisione dei volumi di scavo*

I volumi di scavo risultano come prodotto di tre tipologie principali di movimento terre.

- Scavi a sezione obbligata
- Scavo a larga sezione
- Trivellazione pali di Fondazione serbatoi

Gli scavi a sezione obbligata comprendono tutte le operazioni relative all'adeguamento e la realizzazione delle condotte previste in progetto.

I quantitativi sono riassunti nella seguente tabella:

SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA	Volume (mc)
Deviazione rete fognaria Ø315	452,15
Rete acque meteoriche	1.973,89
Rete elettrica	1.338,68
Impianto di illuminazione	43,86
Rete idrica impianto	32,88
Rete fognaria impianto	65,74
Rete idrica industriale	56,04
Canaletta recupero GNL	76,44
	4.039,67

Tabella 1 – Riepilogo dei volumi relativi alle operazioni di scavo a sezione obbligata.

Gli scavi a larga sezione comprendono gli ingenti movimenti terre derivanti dalla realizzazione delle opere fondazionali previste e dallo scavo del cunicolo per il passaggio delle tubazioni criogeniche.

SCAVI A LARGA SEZIONE	Volume (mc)
Fondazioni serbatoi	2.646,00
Vasche	684,50
Opere edili	1.071,95
Fondazione torcia	13,50
Deviazione rete fognaria (pozzetti)	88,31
Rete acque meteoriche (pozzetti)	728,00
Impianto di illuminazione (fondazioni pali e pozzetti)	18,00
Viabilità interna all'impianto	2.654,06
Ripristino condotte e rifacimento strada Molo Darsena	996,80
Ripristino condotte tratto Grendi-Impianto	501,60
Cunicolo rete criogenica	2.986,34
	12.389,05

Tabella 2 – Riepilogo dei volumi relativi agli scavi a larga sezione.

Le trivellazioni necessarie per la realizzazione dei pali gettati in opera nella realizzazione delle fondazioni dei serbatoi di stoccaggio del GNL comporteranno la produzione di materiali eterogenei comprendenti, oltre i riporti dei primi metri di scavo, i sedimenti limosi, sabbiosi e argillosi di origine fluvio-deltizia, transizionale e marina caratterizzanti i materiali profondi presenti nel settore in esame.

TRIVELLAZIONE PALI DI FONDAZIONE	Volume (mc)
SCAVI A LARGA SEZIONE	423,90
	423,90

Tabella 3 – Riepilogo dei volume relative alle opera di trivellazione per la realizzazione dei pali di Fondazione dei serbatoi di stoccaggio.

Il bilancio dei movimenti terre, esposto nel Quadro di Riferimento Progettuale riporta i seguenti risultati

SCAVI MOVIMENTO TERRE	mc
FONDAZIONE SERBATOI	2.646.00
TRIVELLAZIONE PER PALI DI FONDAZIONE	423.90
VASCHE	684.50
OPERE EDILI	1.071.95
VIABILITÀ INTERNA	2.654.06
FONDAZIONE TORCIA	13.50
RETE FOGNARIA ESTERNA (DEVIAZIONE)	540.46
RETE RACCOLTA ACQUE METEORICHE	2.701.89
RETE ELETTRICA	1.338.68
ILLUMINAZIONE	61.86
RETE IDRICA IMPIANTO	32.88
RETE FOGNARIA IMPIANTO	65.74
RETE INDUSTRIALE	56.04
CANALETTA RECUPERO GNL	76.44
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI E STRADA MOLO DARSENA	996.80
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI TRATTO GRENDI- IMPIANTO	501.60
CUNICOLO RETE CRIOGENICA	2.986.34
	16.852.62

6.2 **Suddivisione dei materiali e processi di produzione e impiego**

In fase di realizzazione delle opere, nelle operazioni di scavo potranno essere asportati:

- riporti antropici della bonifica che costituiscono i primi metri di scavo. Si tratta pertanto dei terreni di fondazione delle principali opere fondazionali edili ed industriali (superficiali). L'area prevista per la realizzazione dell'impianto è caratterizzata dalla presenza di una condotta premente fognaria (DN315), e dei relativi pozzetti di sfiato e di scarico. E' previsto (si vedano a tal proposito i relativi elaborati progettuali), il rifacimento e la deviazione del percorso di tale condotta. I prodotti derivanti dalla demolizione del tratto dismesso di condotta fognaria e dei



relativi manufatti saranno stoccati in una apposita area del cantiere in attesa di essere conferiti presso apposito sito di trattamento.

- depositi alluvionali in facies limosa o limoso-sabbiosa.
Si tratta di depositi alluvionali olocenici generalmente sciolti. Si rinvencono a profondità plurimetrica e sono raramente interessati dai movimenti terre delle opere medio-profonde quali le vasche di raccolta delle acque.
- depositi alluvionali in facies argillosa o argilloso-limosa.
Si tratta di depositi alluvionali olocenici dotati di plasticità da media ad elevata, rinvenibili in forme lenticolari intercalate tra gli strati sabbiosi e limosi. Sono interessati dai movimenti-terre relativi alle opere di trivellazione necessarie per la realizzazione dei pali di fondazione dei serbatoi di stoccaggio del GNL.

Non si prevede il riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi.

Tutti i materiali residui dalle operazioni di scavo e demolizione verranno trasportati nell'area di deposito prevista all'interno del cantiere e stoccata in un apposito settore contrassegnato dal codice CER di appartenenza.

La figura sottostante mostra il layout di cantiere, come riportato negli elaborati progettuali.

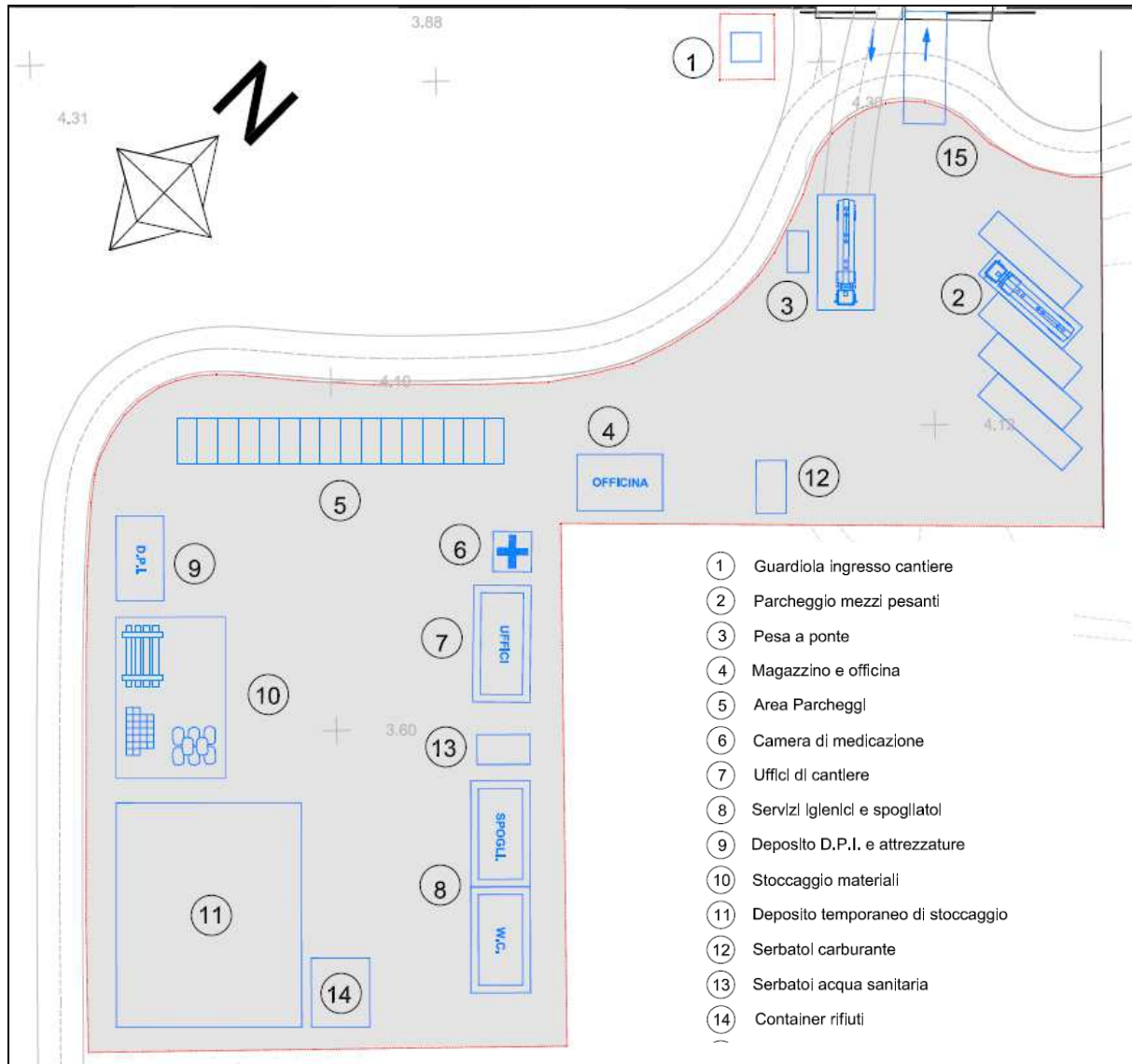


Figura 6 – Area di cantiere e suddivisione delle aree logistiche

6.3 Individuazione dei percorsi e modalità e tipologia di trasporto

Preventivamente al trasporto del materiale da scavo, deve essere inviata all'Autorità competente una comunicazione attestante le generalità della stazione appaltante, della ditta appaltatrice dei lavori di scavo/intervento, della ditta che trasporta il materiale della ditta che riceve il materiale e/del luogo di destinazione, targa del mezzo utilizzato, sito di provenienza, data e ora del carico, quantità e tipologia del materiale trasportato.

6.4 Descrizione dei fabbisogni di materiali da approvvigionare da cava

Le tipologie di scavo a sezione ristretta previsti nell'ambito delle lavorazioni sono schematizzati nella figura sottostante.

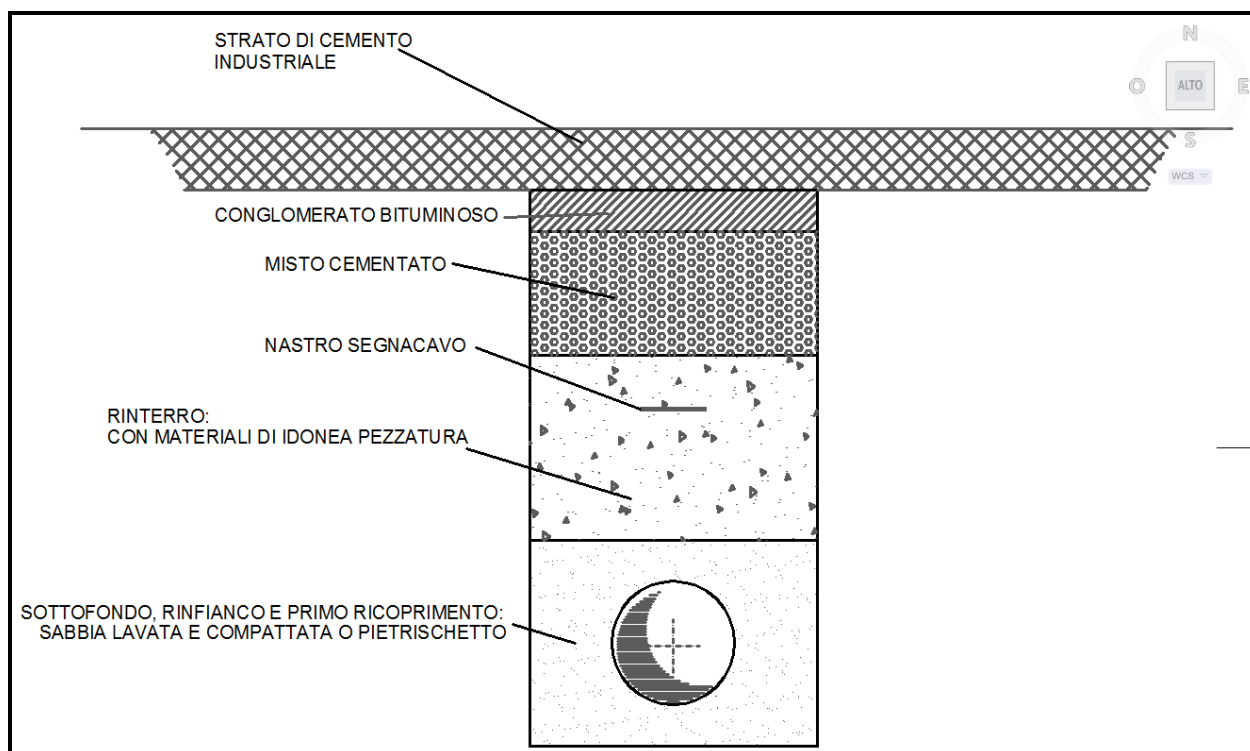


Figura 7 – Sezione rappresentante la tipologia di ripristino di uno scavo all'interno dell'are di impianto.

Dal basso verso l'alto il rinterro dei cavi necessiterà di:

Sabbia

La sabbia verrà utilizzata per la realizzazione dello strato avvolgente le condotte. Dovrà essere approvvigionata da cava.

Rinterro con materiale di idonea pezzatura

Il materiale di idonea pezzatura verrà approvvigionato da cava per la realizzazione dello strato di rinterro da posare al di sopra dello strato di sabbia avvolgente le condotte. La parte superficiale del ripristino verrà realizzata attraverso la posa di misto cementato, conglomerato bituminoso e il cemento industriale.

La tabella seguente riassume i materiali occorrenti nel rinterro dei cavi:

MATERIALI OCCORRENTI	Sabbia	Rinterro	Misto stabilizzato	Terreno vegetale
	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>
Deviazione rete fognaria Ø315	103,20	292,41	-	36,86
Rete raccolta acque meteoriche	789,86	404,33	235,05	-
Rete elettrica	371,58	365,09	365,09	-
Rete idrica impianto	11,25	9,38	13,13	-
Rete fognaria impianto	22,05	18,90	28,35	-
Rete idrica industriale	19,11	16,38	24,57	-
Viabilità interna	-	-	3.981,08	-
Ripristino sottoservizi e viabilità Molo darsena	294,00	235,20	224,00	-
Ripristino sottoservizi tratto Grendi-Impianto	64,60	182,40	136,80	-
Opere di rinaturazione	-	-	-	3.436,60
TOT (mc)	1.675,65	1.524,09	5.008,07	3.473,46

Tabella 4 – Tabella riepilogativa dei materiali occorrenti per il rinterro dei cavi.

6.5 Descrizione degli esuberi di materiale proveniente dagli scavi

La tabella sottostante riassume il bilancio relativo ai volumi di materiali provenienti dalle attività di movimento terre da conferire a discarica o ad idoneo impianto di trattamento.

RIEPILOGO SCAVI MOVIMENTI-TERRE	Volume mc
Scavi per sezioni obbligate	4.039,67
Scavi a larga sezione	12.389,05
Trivellaizone pali di fondazione	423,90
	16.852,62

Tabella 5 - Riepilogo bilancio movimenti-terre.

6.6 Ipotesi di approvvigionamento/conferimento proposta

Per quanto riguarda le esigenze di cantiere relative a:

- approvvigionamento dei materiali necessari per le lavorazioni previste;
- conferimento dei materiali in esubero dalle operazioni di movimento terre;
- conferimento dei prodotti delle operazioni di demolizione.

sarà necessario individuare uno o più siti in grado di soddisfare tutte le esigenze in questione.

Le tipologie di rifiuti derivanti dagli interventi in progetto sono contraddistinti dai seguenti codici CER:

CER	Descrizione tipologia	Operazioni di recupero
170904	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901, 170902 e 170903	R13 – R5
170107	miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 170106	R13 – R5
170101	cemento	R13 – R5
170102	mattoni	R13 – R5
101311	rifiuti della produzione di materiali compositi a base di cemento, diversi da quelli di cui alle voci 101309 e 101310	
170302	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 170301	R13 – R5
170504	Terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 170503	R13 – R5

Tabella 6 – Descrizione delle tipologie di rifiuti non pericolosi conferibili.

Si è calcolato che per il trasporto dei materiali residui dalle operazioni di scavo (16.852,62 mc), saranno necessari circa 843 viaggi con autocarri da 20 mc.

Il rientro di parte dei mezzi necessari previsti avverrà con i mezzi carichi di materiali occorrenti per le lavorazioni di cantiere (sabbia, misto cementato, terreno vegetale, etc.).

È prevista la tracciabilità GPS per ogni mezzo di trasporto dei materiali all'esterno dell'area di cantiere.