



Progetto per l'immissione nella rete gas di Olbia del biometano prodotto nella discarica consortile in Località Spiritu Santu.



PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

LOTTO 2 - Dall'ospedale Mater Olbia alla Zona Industriale

C - GEOTECNICA

NOME FILE

C.1 - Relazione geotecnica

SCALA

CODICE
ELAB.

C1

REV. A

PRIMA EMISSIONE

DATA

Progettazione: _____



COSIN S.r.l.
SOCIETA' DI INGEGNERIA
09134 CAGLIARI - VIA SAN TOMMASO D'AQUINO, 18
Tel. e Fax +39 070 2346766
info@cosinsrl.it
COD. FISC. - P. IVA: 03043130925



N. 4255

ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI
Dott. Ing. Giuseppe DELITALA

Collaboratori: _____

Geologia

Dott. Geol. Alberto Gorini

Calcoli Idraulici

Ing. Claudia Fuedda

Interferenze

Ing. Nicola Marras

Computo Metrico

Geom. Ivan Pireddu

COMUNE DI OLBIA

Progetto per l'immissione nella rete gas di Olbia del biometano prodotto nella discarica consortile in Località Spiritu Santu.

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO

Lotto 2 - Dall'ospedale Mater Olbia alla Zona Industriale

C. 1 – RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
4.	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	9
5.	CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO PROPOSTO	18
5.1	SVILUPPO DEL NUOVO FEEDER	18
5.2	CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DELLE TUBAZIONI.....	19
5.3	CONDOTTE DI TRASPORTO IN MEDIA PRESSIONE 4 [^] SPECIE (1,5 < P ≤5 BAR).....	19
5.4	TRACCIATO LOTTO 1	20
6.	GEOTECNICA.....	22
6.1	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO	22
6.2	STRATIGRAFIA E CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	24
6.3	STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI	33
7.	CONCLUSIONI	36
8.	BIBLIOGRAFIA.....	38

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la "Relazione geotecnica" a corredo del progetto definitivo-esecutivo per il "L'immissione nella rete gas di Olbia del bio-metano che verrà prodotto nel nuovo impianto che sorgerà nei pressi della discarica consortile in Località Spiritu Santu ubicata a sud di Olbia".

Tale relazione è volta ad esaminare gli aspetti geotecnici atti alla verifica delle condizioni geologico-tecniche dell'area in esame e alla valutazione dei parametri geotecnici dei terreni sui quali è prevista la realizzazione delle opere previste in progetto.

La società Fiamma 2000 S.p.A. nel mese di maggio dell'anno 2015, ha conferito l'incarico alla società di Ingegneria Cosin Srl, per la redazione dello *"studio di fattibilità tecnico-economico di un impianto per la distribuzione del gas metano a servizio della zona Industriale di Olbia, approvvigionato da serbatoi criogenici di GNL"* Successivamente nell'anno 2016 è stato conferito l'incarico per la redazione della progettazione definitiva-esecutiva, direzione dei lavori e coordinamento per la sicurezza.

Agli utenti sarà fornito o il biometano, ricavato dal biogas prodotto nella discarica Spiritu Santu di Olbia, oppure (in futuro) il GNL (gas naturale liquido) stoccato nei serbatoi criogenici della zona industriale (non oggetto del presente intervento).

All'interno dell'area industriale sono state individuate due aree dove è previsto che verranno ubicati due serbatoi criogenici da 100 mc cadauno, destinati in futuro a contenere GNL atti a garantire la continuità del servizio di distribuzione del gas.

L'intervento può essere riassunto come una condotta di trasporto del gas in media pressione (4 °specie) che si sviluppa in affiancamento a strade comunali, statali e private passando per il centro abitato di Olbia per poi giungere alla zona industriale.

Il progetto prevede la realizzazione di un collegamento tra la discarica e la rete esistente di Olbia, attraverso un feeder di collegamento che porterebbe il biometano sia nel centro urbano che nella zona industriale, ad oggi non servita dalla rete del gas.

La condotta di nuova realizzazione che trasporterà il biometano, ha la duplice funzione quella di stoccare il gas nelle ore notturne (quando il consumo è minimo) e di trasportarlo nelle ore diurne (quando il consumo del gas è massimo).

All'interno dell'area industriale sono state individuate due aree dove è previsto che verranno ubicati due serbatoi criogenici (non oggetto del presente progetto), destinati a contenere GNL (gas naturale liquido) atti a garantire la continuità del servizio di distribuzione del gas.

Per l'erogazione del servizio sono necessarie le seguenti opere:

a) **Condotta di Trasporto** in media pressione ($1,5 \text{ bar} < p = < 5 \text{ bar}$ - condotta 4°specie)

Gli **Impianti di derivazione di utenza**, che comprendono **gli allacciamenti interrati** (a partire dall'organo di presa della condotta su strada fino l'uscita dal terreno in corrispondenza dei fabbricati da servire), gli **allacciamenti aerei** (che congiungono gli allacciamenti interrati ai rispettivi gruppi di misura ubicati presso gli utenti, ovvero gli utilizzatori finali del gas), e i **Gruppi di misura** installati presso ciascuna utenza, per la misurazione dei consumi, verranno realizzati successivamente e non sono oggetto del presente progetto.

L'impianto dovrà essere realizzato secondo le più avanzate tecnologie sia dal punto della distribuzione del gas che dal punto di vista della sicurezza.

Le tubazioni impiegate saranno in polietilene ad alta densità.

La rete da realizzare (**2° lotto**), è così costituita:

Diametro condotta DN 355 DN 315 e DN200 tra l'ospedale Mater Olbia, passando per la zona Poltu Quadu sino ad arrivare al centro di Olbia e terminare nella zona industriale a nord della città. Per un totale di $2.820\text{ml}+8364+2730=13.914$ ml in questo tratto si transita su strade sterrate e asfaltate con diverse zone in affiancamento alla rete già realizzata per il GPL cittadino.

Il presente lavoro è svolto in accordo con le normative vigenti in materia (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*" e con le NTC 2008.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 267 del 03/08/1998 “Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Legge 109/94 3 e D.P.R. 554/99 in materia di lavori pubblici.
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
- D.M. LL.PP. n. 47 dell'11/03/1988 recante “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. Istruzioni per l'applicazione”.
- Legge n. 64 del 02/02/1974 recante “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.P.R. 380/2001 - “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”. (Art.61 – Abitati da consolidare)
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”
- D.M. 14 Gennaio 2008 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
- Eurocodice 7
“Progettazione geotecnica” - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”
- D.M. 14 Gennaio 2008 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
- Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
- Delibera n. 2 del 17/12/2015 “Predisposizione del complesso di ‘Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”-Approvazione in via definitiva ai sensi dell’art. 9 L.R. 6 dicembre 2006, n. 19 e s.m.i..

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il presente progetto, riguardante il territorio del Comune di OLBIA, ricade nella zona Omogenea di Olbia-Tempio della Provincia di Sassari e intende dotare il Comune e la Zona Industriale a Nord di Olbia, di un servizio di distribuzione di gas bio-metano combustibile principalmente le esigenze delle attività artigianali, commerciali, e industriali. Il servizio assicurerà agli utenti la disponibilità costante di energia a costi contenuti.



Figura 1: limiti amministrativi del Comune di OLBIA

L'area in esame, è situata nella zona Nord-Orientale della Sardegna.

Il Comune interessato è inquadrato dai fogli 444 dell'IGM (Istituto Geografico Militare) in scala 1:50.000, e ricade nelle Carte Tecniche Regionali 1:10.000 indicate dai rettangoli Rossi (444060-444070-444110)



Figura 2: Inquadramento cartografico delle zone in cui ricade il progetto

4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

L'evoluzione geomorfologica della Gallura costiera, in cui s'inserisce il contesto di Olbia, è legata agli effetti delle variazioni glacio-eustatiche pleistoceniche ed oloceniche. Infatti quando il substrato roccioso intercetta il livello del mare, dà luogo ad una linea di costa a *Rias*. Le coste a *Rias* della Gallura documentano di testate di valli fluviali in gran parte incise secondo allineamenti strutturali sovraescavatisi col ritiro del livello marino durante glaciazione wurmiana fino a massimo. In generale si ammette che ai vari stadi di stazionamento del ritiro wurmiano, tramite gli apporti continentali (*onlap* costiero), si siano generati ambienti con prodotti sedimentari di genesi sia marina (*Beach rocks*) che continentale (alluvioni ed eolianiti) che, durante gli stadi di risalita olocenica del livello glacio-eustatico, hanno costituito gli *stocks* di volta in volta rielaborati dai cicli di erosione e deposizione, per svariate generazioni di sedimenti. Taluni di tali corpi sono pertanto posizionati in forma relitta sotto il livello del mare o possono affiorare sporadicamente o continuativamente (e con spessori significativi) a seconda dell'importanza della valle fluviale che li ha generati. In questo modo tali processi, la cui ciclicità è oggi ammessa anche nell'Olocene, al termine della risalita olocenica del mare, hanno reso possibile all'interno di tali testate sommerse, l'impostazione di vari tratti ghiaiosi e sabbiosi (barre litoranee, progressivamente evolutesi) i quali, sarebbero progressivamente emersi in forma di cordoni sabbiosi determinando, quindi, l'edificazione delle spiagge ai margini interni delle insenature, in altri termini le *Pocket beach*, isolando lagune e conche stagnali retrostanti che progressivamente vengono colmate dalle foci dei corsi d'acqua.

Il distretto dell'Alta Gallura, costituito principalmente da un substrato granitico, si affaccia sul settore nord-orientale della Sardegna su una costa movimentata e varia per la presenza di profonde insenature e di imponenti promontori.

Sulla regione sono ben rappresentati gli ambiti costiero e collinare che in Gallura esprimono un paesaggio fortemente caratterizzato per le peculiarità morfologiche impresse dall'erosione agli affioramenti rocciosi l'ambito costiero del distretto riflette una marcata impostazione tettonica, particolarmente evidente in corrispondenza della baia di Porto Pozzo, dei Golfi di Arzachena, di Cannigione, di Cugnana e di Marinella, ed è sottolineata dall'estrema frammentarietà del suo profilo, come evidenziano le numerose isole che compongono l'Arcipelago di la Maddalena. I promontori granitici si affacciano sul mare con pareti inaccessibili, nude, finemente intagliate in forme tafonate. Capo Testa, ad esempio, costituisce una vasta area monumentale formatasi in seguito all'azione dei processi morfogenetici chimico-meccanici sui graniti Il promontorio si protende isolato sul mare ed è raggiungibile tramite una strada che percorre un delicato istmo sabbioso.

Più ad Est, il promontorio di Coluccia e il tombolo dell'Isuledda racchiudono il Golfo del liscia ampio e sabbioso, dove sfocia l'omonimo fiume che alimenta con i propri apporti il naturale ripascimento dell'arenile. I litorali sabbiosi più aperti sono costantemente contornati da formazioni dunali di

retrospiaggia, piuttosto estese, stabilizzate dall'uomo per mezzo di graticci che hanno favorito la colonizzazione vegetale delle sabbie o, come Rena Majore, dall'impianto di una pineta litoranea.

Il promontorio calcareo-dolomitico di Capo Figari interrompe il dominio granitico. Esso appare come un lembo residuale isolato, appartenuto ad una più estesa copertura carbonatica sedimentata sul basamento paleozoico. Sul fondo di una profonda insenatura sorge la città di Olbia, cresciuta rapidamente nel corso degli ultimi anni con una fitta trama urbanizzata fino ad inglobare l'aeroporto con le sue infrastrutture, il porto industriale e la limitrofa zona industriale.

Sulla medesima insenatura sfocia il Rio Padrongiano con un ampio estuario, elemento dominante di un sistema costiero complesso, in interazione dinamica con il compendio umido lagunare e con il litorale sabbioso del lido del Sole. Tutto il settore costiero è urbanizzato secondo un modello residenziale estensivo ed in continua espansione in seguito all'impulso trainante generato dallo sviluppo turistico della Costa Smeralda.

L'entroterra alle spalle di Olbia è occupato da un'ampia piana solo parzialmente coltivata, in cui si estendono ampi spazi incolti coperti da vegetazione spontanea principalmente utilizzati per il pascolo.

Il paesaggio collinare prevale in tutto il sellare interno del distretto, le altimetrie sono moderate e le forme sono regolari, ma la rocciosità molto elevata ha da sempre scoraggiato lo sviluppo agricolo del territorio a vantaggio di un'attività zootecnica specializzata nell'allevamento bovino e ovino.

Nel distretto non è rappresentato un ambito montano, le quote, infatti, sono costantemente moderate ed inferiori ai 700 m, ma le forme accidentate che tipicamente si manifestano sui versanti granitici più acclivi e ricoperti da estese pietraie, manifestano spesso condizioni ad elevata energia del rilievo, consone ad un contesto montano. I Monti Ultana, la valle del Rio La Scala, Monte Pino e Monte Santo e più in generale tutto l'entroterra rurale disseminato di stazzi, costituiscono luoghi di riconosciuta importanza naturalistica e forestale e custodiscono ancora oggi paesaggi e stili culturali tipici della Gallura.

L'analisi morfometrica è basata sulla elaborazione dei dati altimetrici, di acclività e delle esposizioni derivate dalle cartografie digitali della Regione. L'analisi altimetrica, condotta sulla base di intervalli di cento metri, registra una quota minima di -2 m s.l.m., una massima di 740 m s.l.m. ed una quota media ponderata di 175 m s.l.m. Si evidenzia come quasi il 100% delle superfici sia situato al di sotto dei 600 m s.l.m., con ben l'80% al di sotto dei 300 m. Si configura una connotazione altimetrica prevalente collinare e pianeggiante costiera.

L'analisi delle acclività è condotta su intervalli unitari di variazione del 5% fino alla soglia del 30% e con passo del 10% fino alla soglia del 60%. L'andamento mostra che il 63% dell'area del distretto è contenuta entro i limiti della soglia di pendenza del 20%, evidenziando una importante componente del territorio scarsamente accidentata e ad andamento regolare, riconducibile agli ambiti

pianeggianti costieri e alle superfici di spianamento interne dislocate a quote superiori in un contesto intercollinare.

L'analisi delle esposizioni, dettagliata per fasce altimetriche di 400 metri, mette in luce una leggera preminenza delle esposizioni N e NE sulle altre.

Dal punto di vista geologico l'area è formata quasi esclusivamente di graniti risalenti al Carbonifero Superiore-Permiano. Si tratta di granodioriti tonalitiche, tonaliti, leucograniti e monzograniti, spesso di colore rosa, raramente grigio.

Nella parte settentrionale dell'area investigata è presente un complesso metamorfico migmatitico costituito prevalentemente da scisti, gneiss e migmatiti.

La morfologia è condizionata dal vasto complesso granitico presente. Le forme sono quelle tipiche: creste di roccia seghettate e scoscese alternate a piccole valli, pietraie, Tor, alte pile di blocchi rocciosi, Tafoni.

Notevole interesse dal punto di vista geomorfologico hanno le formazioni dunali di Porto Puddu e Porto Liscia, in prossimità della foce dell'omonimo corso d'acqua. Queste rappresentano quasi il 5% del territorio e sono disposte secondo la direzione del vento: si tratta dunque di dune di tipo longitudinale, separate da corridoi. Il vento che soffia da ponente (ovest), determina lo spostamento della sabbia verso est e il suo accumulo nella parte interna di Porto Puddu, con la formazione di rilievi che superano i 23 metri di quota e che cadono direttamente sul mare con ripide pareti verticali.

L'area interna è impostata sui litotipi intrusivi granitoidi ricoperti prevalentemente da depositi eluviali e colluviali sabbiosi, ghiaiosi e limosi prodotti dal disfacimento della roccia granitica arenizzata ma anche dal trasporto da parte degli agenti esogeni quali le acque piovane, la gravità, il vento, le acque di ruscellamento, ecc; tali depositi sono presenti prevalentemente nelle linee d'impluvio, nelle zone più depresse e in particolare nel centro urbano e nella zona circostante, determinando così l'addolcimento della morfologia del territorio.

Si tratta in generale di terreni che da un punto di vista granulometrico presentano una elevatissima componente sabbiosa, circa 70%, mentre l'argilla è presente nell'ordine di meno 15%. I suoli originati dall'alterazione delle rocce granitoidi presenti nella nostra area, presentano una buona presenza di K, Mg, e Fe ma una insufficiente presenza di Ca e di P, caratteristica di tutte le rocce granitoidi.

Sono inoltre presenti depositi eluviali, ovvero sabbioni limosi tendenzialmente ghiaiosi; abbastanza compatti; spostandoci verso monte, in posizione sempre più distante rispetto alla zona depressa sopraccitata, la consistenza aumenta, mentre il grado di maturazione e alterazione del monzogranito arenizzato, diminuisce.

Per quanto riguarda i depositi eluviali, di arenizzazione del basamento intrusivo, si tratta in generale di terreni che da un punto di vista granulometrico presentano una elevatissima componente sabbiosa, circa 70%, mentre l'argilla è presente nell'ordine di meno 15%.

Il territorio a N di Olbia, è caratterizzato da un assetto geostratigrafico completamente differente dal resto dell'area. Sono presenti gneiss e migmatiti del complesso metamorfico paleozoico.

L'area S di Olbia è caratterizzata dalla confluenza a mare di un corso d'acqua, il Rio Scalamala, il cui asse di drenaggio principale, prima di arrivare al nostro sito, ha una lunghezza di circa 4 km.

Il territorio è rappresentato da un basamento di litotipi granitoidi ricoperti da depositi alluvionali lungo il rio Scalamala, sabbiosi eolici e marini lungo il litorale marino, eluviali e colluviali nel resto del territorio, anche con roccia affiorante e subaffiorante.

I depositi eluviali, colluviali, alluvionali ed eolici, sono prodotti dal disfacimento della roccia granitica arenizzata ma anche dal trasporto da parte degli agenti esogeni quali le acque piovane, la gravità, il vento, le acque di deflusso dei canali di scolo di acque di ruscellamento concentrato (rio Scalamala), le acque marine, ecc; tali depositi sono presenti prevalentemente nelle linee d'impluvio, nelle zone più depresse e in particolare nel lato a valle del centro urbano e nella zona circostante, determinando così l'addolcimento della morfologia del territorio. Per quanto riguarda i depositi eluviali, di arenizzazione del basamento intrusivo, si tratta in generale di terreni che da un punto di vista granulometrico presentano una elevatissima componente sabbiosa, circa 70%, mentre l'argilla è presente nell'ordine di meno 15%. I suoli originati dall'alterazione delle rocce granitoidi presenti nella nostra area, presentano una buona presenza di K, Mg, e Fe ma una insufficiente presenza di Ca e di P, caratteristica di tutte le rocce granitoidi.

La strutturazione geologica della Gallura è principalmente legata all'orogenesi ercinica, che ha prodotto, a partire dal Carbonifero superiore e sino al Permiano, intense deformazioni, metamorfismo ed un importante magmatismo intrusivo ed effusivo.

In gran parte del territorio si osservano, infatti, i granitoidi del batolite sardo-corso e le rocce del complesso migmatitico e metamorfico in facies anfibolitica della Sardegna settentrionale (Nonnis, 2000).

Il batolite granitico, affiorante in diversi settori dell'isola, è costituito da un'associazione plutonica calcicalina metalluminosa, composizionalmente molto eterogenea e con una successione di messa in posto estremamente articolata nella quale si individua un'evoluzione nel tempo verso termini sempre più acidi (Ghezzi et al., 1972; Braila et al., 1981; Ghezzi e Orsini, 1982; Carmignani et alii, 1982; Cherchi e Musumeci, 1992).

Le facies granitiche affioranti in Gallura sono da mettere in relazione con le diverse fasi della tettonica collisionale ercinica (plutoniti sintettoniche, tardo tettoniche e post tettoniche).

Si distinguono (Carmignani,1996) granitoidi foliati fino a tonaliti (Barrabisa, Bortigiadas), gabbri e masse gabbro-tonalitiche (Punta Falcone), granodioriti monzogranitiche (S.Antonio, Monti), monzograniti equigranulari (Monte Limbara e Costa Smeralda).

Le facies granitiche e quelle metamorfiche sono attraversate da numerosi filoni di potenza e composizione variabile (porfidi granitici, micrograniti, apliti, pegmatiti, basalti), per lo più posteriori a tutte le grandi intrusioni, che intersecano secondo direzioni prevalenti.

La monotona natura granitica del territorio gallurese è interrotta dalla presenza di litologie vulcaniche e sedimentarie riferibili al tardo Paleozoico, al Mesozoico e al Cenozoico.

Nel dettaglio, dal basso verso l'alto le litologie risultano costituite dalle seguenti successioni:

- Complesso migmatitico ercinico
- *Anfiboliti con relitti di paragenesi eclogitiche*

I corpi anfibolitici affiorano all'interno dei micascisti. Questi prodotti derivano dal metamorfismo di basalti ad affinità oceanica. Si tratta di corpi lenticolari ettometrici, talvolta con scistosità pervasiva parallela a quella della roccia incassante. Affiorano in maniera ridotta a S di Golfo Aranci.

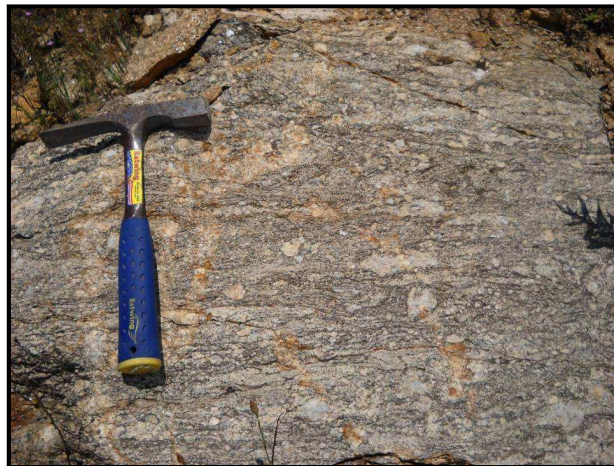


Figura 1 – Ortogneiss in affioramento.

- *Diatessiti e metatessiti con ortogneiss*

Si tratta di granitoidi con differente composizione ed età; vi sono rappresentati sia leucograniti per alluminosi, che granodioriti e tonaliti. La grana è eterogenea e spesso si riscontra una facies con cristalli di plagioclasio centimetrici con inclusioni picilitiche di biotite. Sono visibili in maniera diffusa nel settore Nord dell'area investigata.

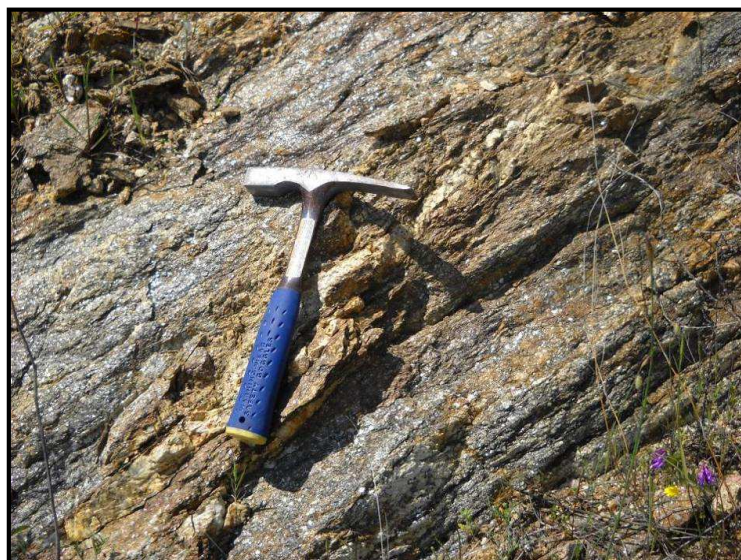


Figura 2 Diatessiti e metatessiti in affioramento.

- *Ortogneiss granodioritici e monzogranitici*



Figura 3 – Ortogneiss in affioramento.

- **Complesso plutonico del Carbonifero sup.-Permiano**

Le intrusioni post-erciniche si ritrovano in tutto il settore investigato. Nelle aree in esame le intrusioni sono da mettere in relazione alle zone di taglio transtensive successive all'impilamento delle falde, come osservabile nella porzione orientale della carta geologica allegata. Si tratta principalmente di leucograniti in facies prevalentemente equigranulri e granodioriti monzogranitiche equigranulari e tonalitiche, monzograniti in facies da moderatamente a molto inequigranulari per fenocristalli di K-

feldspato; granodioriti monzogranitiche equigranulari e leucograniti e granodioriti di origine anatettica, con scistosità.

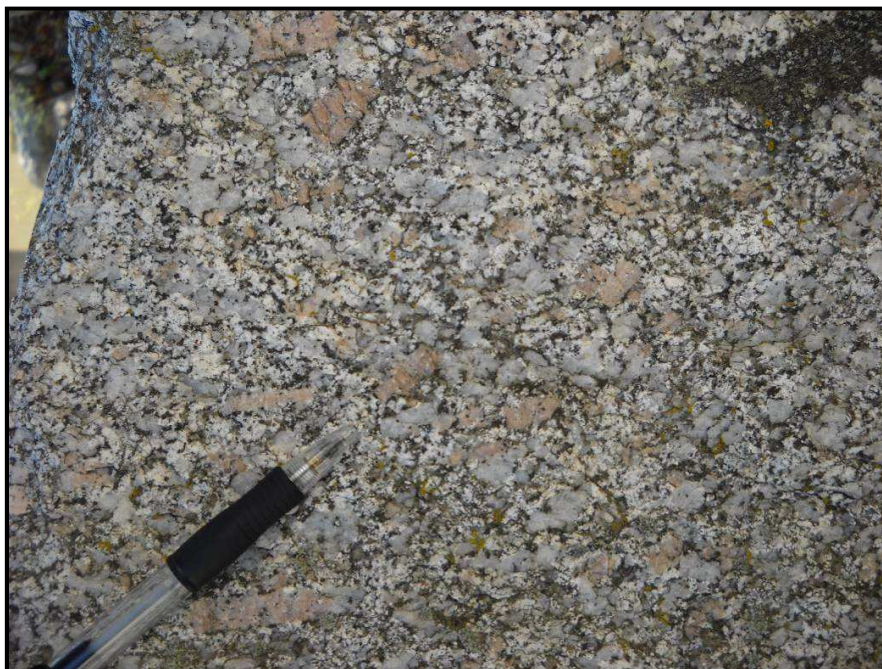


Figura 4 – Monzograniti moderatamente inequigranulari con fenocristalli di k-feldspato

- Complesso filoniano del Carbonifero sup.-Trias

Si tratta di filoni di porfidi granitici e presentano tessitura isotropa, talvolta porfirica con fenocristalli di feldspato alcalino potassico, quarzo e più raramente biotite e muscovite dispersi in una massa di fondo granofirica. L'orientazione osservata negli affioramenti è NW-SE.



Figura 5 – Leucograniti in affioramento presso il settore Sud dell'area in esame.

- *Depositi quaternari*

Sono costituiti dai suoli attuali (meglio descritti nel capitolo successivo) e dai colluvi e le alluvioni che si rilevano lungo gli alvei di tutti i corsi d'acqua.

Al fine di avere un inquadramento generale, possiamo raggruppare le litologie quaternarie in:

- deposizioni attuali di natura alluvionale, in stretta correlazione con i corsi d'acqua principali. Queste litologie sono assai varie ma principalmente sono caratterizzate dalla presenza di conglomerati, ghiaie e sabbie più o meno elaborate. Si tratta di sedimenti grossolani con aumento delle dimensioni dei componenti avvicinandoci ai versanti degli alti morfologici. In situazioni locali, si ritrovano in maniera subordinata sedimenti a granulometria fine come sabbia e limi che si presentano in lenti e livelli sottili.
- raramente si ritrovano sedimenti di deposizione continentale formati da depositi eluvio-colluviali, con presenza di alterazioni variabili e processi di pedogenesi. La natura di questi depositi è alluvionale e detritica con presenza di clasti provenienti dalle litologie delle rocce circostanti.
- Le deposizioni di natura eolica, sono formate da sabbie ed arenarie ad elevata classazione granulometrica con struttura del tipo grano sostenuta, con la presenza di una debole cementazione.

- i depositi detritici che si ritrovano alla base e lungo i versanti a maggiore pendenza, principalmente dovuti alla disgregazione ad opera degli agenti della dinamica esogena delle litologie granitiche e metamorfiche.

Depositi colluviali antichi e recenti (Pleistocene-Olocene)

Sono costituiti da materiali colluviali e clasti di dimensione da centimetrica e pluridecimetrica in matrice sabbioso-limosa, soggetti a pedogenesi prevalentemente carbonatica, derivanti dal dilavamento delle coltri di alterazione delle rocce calcarenitiche e marnose dei versanti adiacenti.

Depositi alluvionali e colluviali recenti e attuali (Olocene)

Generalmente costituiti da sabbie (talvolta ciottolose) e limi degli alvei dei corsi d'acqua. Si ritrovano in tutto il settore nord-orientale, presso la piana alluvionale e costiera caratterizzata dal tratto terminale dei corsi d'acqua.

- Depositi litorali e di spiaggia (Olocene)

Il settore costiero, comprendente è caratterizzato dalla presenza di depositi di spiaggia attuali. Si tratta di sedimenti sabbiosi medio- grossolani, da estremamente ben classati sino a più fini lungo il litorale.

Alle spalle delle spiagge attuali si ritrovano i depositi di spiaggia e i cordoni litorali antichi attribuiti all'Olocene. Sono rappresentati da sedimenti ghiaiosi più o meno grossolani che divengono via via più fini sino a sabbie grossolane. Depositi sabbiosi caratterizzano inoltre la parte retrostante la spiaggia. Queste sabbie, talora debolmente cementate, contengono frammenti fossiliferi di fauna analoga a quella attuale. La loro conformazione è sempre allungata secondo una direzione di sviluppo parallela all'attuale fascia litorale. Avvicinandoci alla costa, i depositi assumono carattere prettamente marino, con rare sabbie più o meno cementate che si sono messe in posto durante l'ultimo evento glaciale pleistocenico.

5. CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO PROPOSTO

Per quanto concerne la progettazione dell'impianto, seguirà una dettagliata descrizione.

Il progetto prevede la realizzazione di un collegamento tra la discarica e la rete esistente di Olbia, attraverso un feeder di collegamento che porterebbe il biometano sia nel centro urbano che nella zona industriale, ad oggi non servita dalla rete del gas.

La condotta di nuova realizzazione che trasporterà il biometano, ha la duplice funzione quella di stoccare il gas nelle ore notturne (quando il consumo è minimo) e di trasportarlo nelle ore diurne (quando il consumo del gas è massimo).

All'interno dell'area industriale sono state individuate due aree dove è previsto che verranno ubicati due serbatoi criogenici (non oggetto del presente progetto), destinati a contenere GNL (gas naturale liquido) atti a garantire la continuità del servizio di distribuzione del gas.

Per l'erogazione del servizio sono necessarie le seguenti opere:

- a) **Condotta di Trasporto** in media pressione (1,5 bar < p = < 5 bar - condotta 4°specie)

L'impianto dovrà essere realizzato secondo le più avanzate tecnologie sia dal punto della distribuzione del gas che dal punto di vista della sicurezza.

5.1 Sviluppo del nuovo feeder

Il progetto prevede la realizzazione di una rete in media pressione di 4° specie (1.5 – 5 bar), che partendo dalla discarica raggiunge il ramo di alimentazione dell'Ospedale MATER OLBIA arriva al centro urbano di Olbia fino a raggiungere la zona industriale, dove alimenterà la ASDOMAR, la CLEA e la NOVAFLOOR.

Le tubazioni impiegate saranno in polietilene ad alta densità.

Come si evince dalle planimetrie d'unione (**Elaborati F**), la rete da realizzare è così suddivisa:

- **1° Lotto**

Diametro condotta DN355 si estende tra la discarica "Spiritu Santu" e all'ospedale Mater Olbia. Per un totale di **3.430 ml**, in questo tratto che si sviluppa principalmente all'esterno delle strade esistenti si incontra la prima utenza, ovvero l'ospedale Mater Olbia.

- **2° Lotto**

Diametro condotta DN 355 DN 315 e DN200 tra l'ospedale Mater Olbia, passando per la zona Poltu Quadu sino ad arrivare al centro di Olbia e terminare nella zona industriale a nord della città. Per un totale di $2.820\text{ml}+8364+2730=13.914$ ml in questo tratto si transita su strade sterrate e asfaltate con diverse zone in affiancamento alla rete già realizzata per il GPL cittadino.

Per un totale di m 17.344 metri lineari di condotta, sommando LOTTO 1 e LOTTO2

5.2 Caratteristiche tecnologiche delle tubazioni

Le tubazioni da impiegarsi per la costruzione delle condotte in media pressione sono in PEAD, con caratteristiche tecnologiche (composizione del PEAD, carico di rottura, carico di snervamento, allungamento) e spessori uniformi alle prescrizioni del D.M. 11/99 + UNI EN 1555.

Ciascun tubo dovrà essere collaudato in fabbrica.

Gli spessori minimi adottati sono superiori ai valori minimi fissati dalle NORME UNI 9034 e 9165, e soddisfano ampiamente alla verifica allo spessore minimo.

Il collaudo alla tenuta, prima della messa in esercizio degli impianti, dovrà essere effettuato ad aria a una pressione di 1 bar, procedendo per tronchi fino a collaudare l'intera condotta, per una durata di almeno 24 ore per le condotte di 4ª specie.

Si propone inoltre l'utilizzo di **tubi tipo innovativi tipo "Nadir Plus" in PEAD-SDR 11 S5, o similari in Polietilene di quarta generazione. Si utilizzeranno essenzialmente tubi di 3 diametri da 355mm, 315mm e 200mm.**

Tali tubi, fortemente innovativi, sono superiori rispetto ai tubi standard in PEAD-SDR 11 S5 per varie caratteristiche fra le quali, a titolo esemplificativo, citiamo la **resistenza allo schiacciamento**, la **resistenza alla fessurazione**, e una **maggiore vita utile del tubo**.

5.3 Condotte di trasporto in media pressione 4ª specie ($1,5 < P \leq 5$ bar)

La lunghezza totale delle tubazioni di trasporto in media pressione calcolate per l'intero progetto è di **m. 17344**, come si evince dal calcolo (**Elaborati M**) e dalle planimetrie di progetto (**Elaborati G**). Sugli schemi idraulici delle condotte (vedi **Elaborati M**) sono riportati i nodi, il numero dei rami, nonché i relativi diametri. Il dimensionamento della condotta è stato sviluppato tenendo in considerazione le linee di sviluppo future dei centri serviti.

Sono stati perciò adottati diametri sufficienti per estendere il servizio nel tempo, tanto alle zone di nuova urbanizzazione come a quelle di completamento.

RIEPILOGO CONDOTTE RETE DI TRASPORTO					
Condotte in 4°specie					
		DN 200	DN315	DN 355	Totali lotto
	LOTTO 1 PEAD-SDR 11 S5	0	0	3.430	3.430
	LOTTO 2 PEAD-SDR 11 S5	2.820	8.364	2.730	13.914
	TOTALE	2.820	8.364	6.160	17.344

Tabella 1 - Riepilogo Condotte.

5.4 Tracciato Lotto 2

Il tracciato inizia come già descritto col lotto 1 dalla discarica del CIPNES che sorgerà sulla strada comunale *Spiritu Santu*. Fino all'ospedale Mater Olbia in prossimità del quale verrà posizionato un pozzetto di intercettazione dal quale si attraverserà ortogonalmente la S.S.125 (**Elaborato I.2**). Una volta attraversata la statale la condotta si svilupperà all' esterno della scarpata stradale su terreno naturale di pertinenza ANAS sino alla progressiva 3+900 in cui passa su strada Sterrata Privata. Questo tratto essenzialmente rettilineo prosegue per 530 m sino al fiume *Padrongianos* che verrà attraversato tramite tecnica di trivellazione orizzontale controllata T.O.C. (**Elaborato I.3**). In prossimità dell'attraversamento è prevista inoltre una derivazione del tracciato. Questo nuovo braccio, in parallelo al fiume stesso, raggiungerà lo stretto del golfo di Olbia in prossimità del Lido del Sole e della foce del *Padrongianos*, per un futuro attraversamento sottomarino che verrà eseguito con la tecnica del Drilling. Superato il fiume il tracciato prosegue su terreno naturale, in terreni privati. In questa zona il tracciato è stato condizionato dalla presenza della fascia di rispetto ENAC essendo nella direzione della pista dell'*Aeroporto Costa Smeralda*. Alla Progressiva 5+340 la condotta verrà realizzata con scavo su strada sterrata. Questo tratto di strada private si estende per circa 1020m sino alla progressiva 6+360 in cui si passa su strade comunali asfaltate. Alla progressiva 6+500 il tracciato segue quello già realizzato dalla Fiamma 2000 per la rete di distribuzione cittadina quindi la condotta sarà realizzata in affiancamento alla condotte in PE DN200 già posata alternandosi tra strade sterrate e asfaltate (via Pavese, via Modena, via Ivrea e via Macerata) sino alla progressiva 8+120. Da qui la condotta si sposta sul corpo Stradale e poi su asfalto sulla Via Principe Umberto alla progr. 8+630. Alla progressiva 9+080 comincia l'attraversamento Pensile (**Elaborato I.4**) che termina dopo 590m. In questo punto si effettuerà anche la riduzione del diametro che passa al DN200. In questo tratto urbano la condotta passerà in affiancamento alla condotta GPL percorrendo Via Re di Puglia, via Nuoro, via Mameli, e via D'Annunzio in cui si dovranno realizzare l'attraversamento interrato ferroviario di via Mameli

(Elaborato I.5), gli attraversamenti con TOC del *Canale Zozzò* e del *Canale San Nicola* **(Elaborati I.6 e I.7)**, e l'attraversamento ferroviario interrato della stessa ferrovia corrispondenza di via Dei Lidi **(Elaborato I.8)**, sino all'intersezione con via Italia per un totale 2.380m su strade Asfaltate in affiancamento a rete GPL. Dalla progressiva 11+950 la condotta percorre la Via Italia per poi immettersi alla progr. 12+400 sulle strade di gestione CIPNES della Zona Industriale, percorre la Via Settore 3 e la via Corea sino alla progressiva 13+250, punto in cui si dovrà realizzare l'attraversamento in briglia del *Canale Cabu Abbas* **(Elaborato I.9)**. Alla progr. 13+595 termina il tronco principale sulla via Corea. Da questo punto si diramano il **Ramo A2** che prosegue sino alla Zona di Stoccaggio A2 per 667m sulla via Gabon e via Angola, e i **Ramo A1** sino alla zona di Stoccaggio A1 per 1905m passando per Via Corea, via Marocco e via Tunisia. In corrispondenza della biforcazione è posizionata l'utenza dell'**AsdoMar**, alla progr. 0+830 del **Ramo A1** è posizionata la **Novafloor** sempre su via Corea, infine in via Tunisia alla progr. 1+710 poco prima dello stoccaggio è posizionata la **Clea**.

6. GEOTECNICA

6.1 Definizione del modello geotecnico

Per capacità portante di un terreno si intende la sua capacità di sostenere il carico derivante da un'opera realizzata su di esso. Le molteplici relazioni di calcolo sono frutto di lunghe ricerche per lo più empiriche, che hanno evidenziato l'influenza di molteplici fattori, fra cui:

- resistenza meccanica del terreno;
- storia tensionale del terreno;
- intensità dei carichi;
- eccentricità dei carichi;
- forma della sovrastruttura e della fondazione;
- approfondimento del piano di posa;
- presenza di carichi adiacenti alla zona in esame.

La capacità portante ultima rappresenta il valore della resistenza al taglio massima mobilitabile o il carico massimo teorico prima che si verificano fenomeni di rottura negli strati portanti. Il carico di rottura è in funzione sia delle caratteristiche meccaniche del terreno, sia della profondità del piano di posa delle fondazioni, della forma e delle dimensioni della superficie di carico.

Il carico ammissibile, cioè il massimo carico consentito, è definito dal rapporto tra il carico di rottura e il coefficiente di sicurezza che nella normativa vecchia vigente in Italia veniva generalmente assunto ≥ 3 (D.M. 11/03/1988).

Di contro, per le attuali normative (D.M. 14 Gennaio 2008) le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Mentre il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile. Per le

opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale.

$$R_d \geq E_d$$

$$R_d = 1 / \gamma_R \cdot R \cdot [\gamma_F \cdot F_K; X_K / \gamma_M; a_d]$$

$$E_d = \gamma_E \cdot E \cdot [F_K; X_K / \gamma_M; a_d]$$

dove:

R_d = resistenza del progetto geotecnico;

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto delle azioni;

$\gamma_F \cdot F_K$ = azioni di progetto;

X_K / γ_M = parametri di progetto;

a_d = geometria di progetto. L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_K \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

		COEFFICIENTE γ_F o γ_E	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

Figura 6 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (NTC 2008).

PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{Uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Figura 7 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (NTC 2008).

6.2 Stratigrafia e classificazione dell'ammasso roccioso

Le osservazioni delle numerose sezioni stratigrafiche fornite da sezioni stradali e scavi aperti all'interno dei centri abitati si sono rivelate estremamente utili per la comprensione dei caratteri geologico-strutturali e geotecnici relativi ai primi metri di profondità.

Noti i caratteri geomorfologici e strutturali delle aree investigate è stata effettuata la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso sottostante le opere previste in progetto.

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di tale litologia è stata utilizzata la Classificazione di Bieniawski e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") che si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'Rock Mass Rating (RMR, Bieniawsky) e, con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985, lo Slope Mass Rating (SMR).

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Valore di A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u .

Standard ISRM

Una fase delle indagini consiste nella stim del valore S_u , il quale può essere stimato osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione C_o è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Valore di A2

Il valore di RQD si può ricavare o dal recupero di percentuale di carotaggio di carote di sondaggio, oppure dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni di Beniawsky:

Valore di A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le relazioni proposte da Beniawsky.

Valore di A4

Perciò per valutare correttamente A4 si procede sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

Con:

V1 = Persistenza del giunto

V2 = Apertura del giunto

V3 = Rugosità del giunto

V4 = Alterazione delle pareti

V5 – Riempimento delle discontinuità

Valore di A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m.

Dalle tabelle fornite da Beniawsky si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

Valore di A6

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniawsky risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

Valore di RMR (Rock Mass Rating) e parametri caratteristici dell'ammasso

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskas assumono il valore:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 \text{ RMR}_b$$

$$\text{angolo di attrito di picco } \phi_p = 0,5 \text{ RMR}_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 \text{ RMR}_b - 100$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_b(\text{originario}) - [0,2 \times \text{RMR}_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(\text{RMR}_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A_5 = 15$). Tale relazione è da ritenersi valida per $\text{RMR} > 23$.

Slope Mass Rating (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniawsky per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasional e	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

In ambito di indagine geomorfologica non sono emersi elementi naturali implicanti fattori di rischio gravitativo nelle condizioni attuali di equilibrio statico della falda di detrito a monte. Non sono inoltre emerse problematiche correlate alla situazione idrologica del sito.

La cartografia P.A.I. evidenzia, nelle aree interessate dalle opere, aree soggette a pericolosità idraulica, approfondite nello studio di compatibilità allegato al progetto. L'opera a rete da realizzare ha tuttavia un impatto molto limitato in relazione alla superficie morfologica del settore poiché ubicata principalmente al di sotto delle sedi stradali a luoghi già occupate da sottoservizi. È cura del progettista ridurre al minimo tecnico eventuali variazioni morfologiche, limitando le operazioni di sbancamento e rinterro. Il terreno locale ha una consistenza sia sciolta che litoide.

Seguono le stratigrafie rilevate in corrispondenza di tagli stradali presenti nell'area investigata.

Situazione geotecnica

L'area esaminata è impostata principalmente sui litotipi granitoidi tardo-ercinici e i relativi prodotti di alterazione e disfacimento. Nella totalità dell'area investigata si constata inoltre la presenza pressoché costante dei rilevati utilizzati nella costruzione delle strade comunali, la cui potenza è sempre dell'ordine dei 30 - 50 cm.

Le unità sono caratterizzate da sedimenti e terreni abbastanza eterogenei dal punto di vista geologico e dal punto di vista geomeccanico. In corso d'opera è prevista l'asportazione completa degli orizzonti incoerenti superficiali. Il posizionamento delle tubazioni verrà quindi realizzato su una

superficie regolarizzata e orizzontale di materiale idoneo in cui non si riscontra la presenza di falda idrica.

Vengono descritte le unità litostratigrafiche riconosciute e descritte nella relazione geotecnica. Dal basso verso l'alto:

- Unità 1 – Leucograniti e monzograniti

- Unità 2 – Prodotti di alterazione dei litotipi granitici

- Unità 3 – Riporti antropici (area della discarica)

- Unità 4 – Rilevato stradale

Il fronte di scavo non necessita di interventi di contenimento in relazione alle esigue altezze previste per la posa delle condotte.

In conclusione, a seguito delle valutazioni basate su:

- assetto morfologico dell'abitato;
- stato di alterazione dell'ammasso roccioso considerato;
- dati provenienti da studi precedenti in possesso dello scrivente;

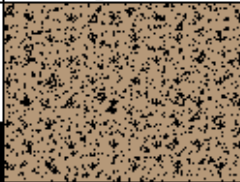
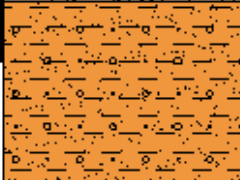
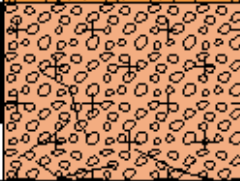
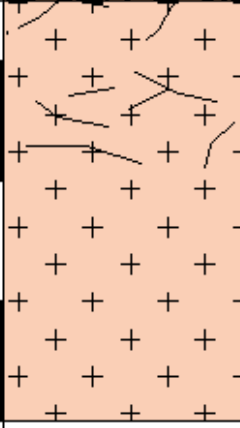

è stato possibile stimare quantitativamente le percentuali di substrato litoide che, in fase d'opera, dovrà essere asportato attraverso l'utilizzo di idonei macchinari ($R_c < 120 \text{ Kg/cm}^2$, $R_c > 120 \text{ Kg/cm}^2$, es. martello-escavatore), in relazione alle altezze di scavo di progetto (1.30 – 1.40 cm)

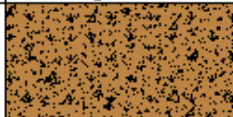

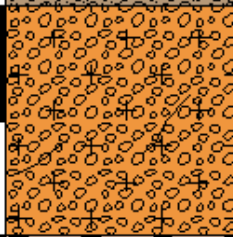
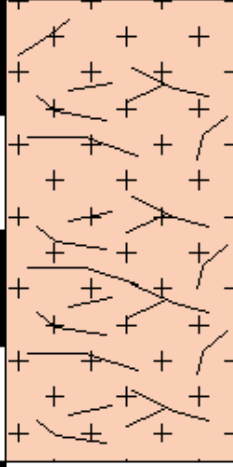

Per l'area investigata, in questa fase progettuale, tale stima quantitativa corrisponde al **40 %** del volume di terreno scavabile previsto in progetto.





Nella tabella che segue vengono riassunti i valori percentuali di substrato litoide e terreno sciolto.

Terreno sciolto		60%
Roccia	dura >120 Kg/cm ²	20%
	tenera <120Kg/cm ²	20%

Alla luce delle osservazioni effettuate e considerando la tipologia dei terreni investigati, le caratteristiche strutturali dell'opera da realizzare si ritengono compatibili, in rapporto al peso della struttura e al carico ammissibile del terreno.

Prof. (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica	Falda
0.30 m		suolo bruno-grigiastro in matrice sabbioso-limosa, copertura erbacea, presenza di radici	
0.60 m		sabbie limose bruno rossastre, scheletro medio (\emptyset inclusi: centimetrico), clasti da angolosi a sub-angolosi	
0.90 m		graniti arenizzati estremamente alterati in matrice limosa rossastra	
1.60 m		monzograniti equigranulari, con fenocristalli euedrali di K-feldspati, alterati e fratturati, il grado di alterazione decresce con la profondità	
			

Prof. (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica	Falda
0.20 m		sabbie brune in matrice limosa, compattate	
0.60 m		sabbie grossolane in matrice limosa bruno-grigiastra, scheletro abbondante (Ø inclusi: da centimetrico a decimetrico), clasti da angolosi a sub-angolosi	
1.00 m		graniti arenizzati estremamente alterati in matrice limosa bruno-rossastra, scheletro medio (Ø inclusi: da pluricentimetrico a pluridecimetrico), clasti da angolosi a sub-angolosi	
1.80 m		monzograniti equigranulari, alterati e fratturati	
			

Prof. (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica	Falda
0.20 m		suolo bruno in matrice sabbioso-limosa, copertura erbacea, presenza di radici	
0.60 m		sabbie grossolane beige ciottolose, scheletro abbondante (Ø inclusi: da centimetrico a pluridecimetrico), clasti da sub-angolosi a sub-arrotondati	
1.00 m		sabbie grossolane bruno-rossastre, scheletro abbondante (Ø inclusi: da centimetrico a decimetrico), clasti da angolosi a sub-angolosi	
1.50 m		graniti arenizzati estremamente alterati in matrice limosa bruno-rossastra, scheletro medio (Ø inclusi: da pluricentimetrico a pluridecimetrico), clasti da angolosi a sub-angolosi	

Alla luce delle osservazioni effettuate e considerando la tipologia dei terreni investigati, le caratteristiche strutturali dell'opera da realizzare si ritengono compatibili, in rapporto al peso della struttura e al carico ammissibile del terreno.

Il valore di RMR di base determinato per i litotipi intrusivi tardo-paleozoici è pari a **69.78**, tipico di un ammasso roccioso di qualità **buona**, come riportato nella tabella sottostante.

Parametri dell'ammasso roccioso		Valori
Resistenza della roccia intatta	A1	7
Indice RQD	A2	16,00
Spaziatura delle discontinuità	A3	9,78
Condizioni delle discontinuità	A4	24
Acqua sotterranea	A5	15
Orientamento discontinuità	A6	-2
RMRc	$\sum ai$	69,78
CLASSE II - BUONO		

6.3 **Stima dei parametri geotecnici**

L'assetto stratigrafico del sottosuolo nei primi metri di profondità è caratterizzato dalla presenza in superficie dei riporti antropici frammisti ai depositi eluvio-colluviali. A profondità si intercetta il substrato litoide costituito dai litotipi intrusivi tardo-paleozoici.

L'analisi dei primi metri di profondità conferma che il substrato risulta costituire un terreno di fondazione dotato di buona capacità portante e possedere un assetto geometrico capace di dare stabilità.

Unità 4

Rilevato stradale

I parametri geotecnici che possono essere desunti per questo strato sono i seguenti:

- Peso di volume naturale $\gamma = 18.50 \div 19.00$ kN/mc
- Angolo di attrito interno $\phi = 28 \div 30^\circ$
- Coesione $c = 0.10$ daN/cm^q
- Modulo elastico $EI = 80 \div 100$ daN/cm^q

Unità 3

Riporti antropici

I parametri geotecnici che possono essere desunti per questo strato sono i seguenti:

- Peso di volume naturale $\gamma = 17 \div 18$ kN/mc

- Angolo di attrito interno $\phi = 26\div 27^\circ$
- Coesione $c = 0.00$ daN/cm²
- Modulo elastico $EI = 70\div 90$ daN/cm²

Unità 2

Coltri eluvio-colluviali. Sedimenti legati alla gravità e prodotti di disfacimento dei litotipi granitici.

I parametri geotecnici che possono essere desunti per questo strato sono i seguenti:

- Peso di volume naturale $\gamma = 18\div 18.50$ kN/m³
- Angolo di attrito interno $\phi = 30\div 31^\circ$
- Coesione $c = 0.00$ daN/cm²
- Modulo elastico $EI = 100\div 120$ daN/cm²

Unità 1

Litotipi genitoidi in facies leucogranitica e monzogranitica

I parametri geotecnici che possono essere desunti per questo strato sono i seguenti:

- Peso di volume naturale $\gamma = 22\div 23$ kN/m³
- Angolo di attrito interno $\phi = 42\div 45^\circ$
- Coesione $c = 1.00\div 1.50$ daN/cm²
- Modulo elastico $EI = 5.000$ daN/cm²

La tabella che segue mostra i parametri geotecnici rilevati nelle singole unità litostratigrafiche riconosciute:

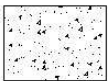
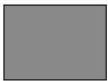


PARAMETRI GEOTECNICI DELLE UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE			Peso di volume naturale γ (kN/mc)	Angolo di attrito interno φ (°)	Coesione C (daN/cmq)	Modulo elastico EI (daN/cmq)
TERRE						
	Unità 4	RILEVATO STRADALE	18,50 ÷ 19,00	28 ÷ 30	0,10	80 ÷ 100
	Unità 3	TERRE DI RIPORTO	17,00 ÷ 18,00	26 ÷ 27	0,00	70 ÷ 90
	Unità 2	COLLUVI	18,00 ÷ 18,50	30 ÷ 31	0,00	100 ÷ 120
ROCCE						
	Unità 1	LEUCOGRANITI MONZOGRANITI E	22,00 ÷ 23,00	42 ÷ 45	1,00 ÷ 1,50	5.000

Tabella 2 – Parametri geotecnici dei terreni interessati dalla posa delle condotte.

7. CONCLUSIONI

- Tale studio ha messo in evidenza che dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzato da litotipi riconducibili al periodo di tempo compreso tra il Paleozoico e l'Olocene.
- Dal punto di vista geologico l'area è formata quasi esclusivamente di graniti risalenti al Carbonifero Superiore-Permiano. Si tratta di monzograniti e leucograniti inequigranulari a luoghi a fenocristalli di k-feldspato e, subordinatamente da litotipi metamorfici quali diatessiti, metatessiti e ortogneiss.
- Le sezioni stratigrafiche osservate e i dati in possesso dello scrivente (ricavati dalla campagna di indagini per la progettazione della rete gas per il bacino n. 5 della Sardegna), hanno permesso di verificare la fattibilità geotecnica delle opere previste, tramite l'analisi delle caratteristiche strutturali, e geotecniche del sito.
- L'entità non eccessivamente gravosa dei carichi consente di valutare le unità litostratigrafiche individuate come caratterizzate da sufficienti proprietà meccaniche di portanza.
- È d'obbligo precisare che la posa in opera della rete di distribuzione del gas prevista in progetto coinvolge i primi 140 cm di profondità, parzialmente caratterizzati dalla presenza di riporti costituenti i rilevati e i sottofondi stradali comunali. Gli esigui carichi esercitati da tali tubazioni e l'eccellente qualità ed adattabilità dei materiali costituenti consentono di valutare i terreni considerati come caratterizzati da un grado di idoneità elevato.
- Sono state caratterizzate le unità litostratigrafiche distinte ricadenti nell'area investigata e ricavati i parametri geotecnici. I valori ottenuti conferiscono alle unità litostratigrafiche caratteristiche meccaniche compatibili con l'opera in progetto.

PARAMETRI GEOTECNICI DELLE UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE			Peso di volume naturale γ (kN/mc)	Angolo di attrito interno φ (°)	Coesione C (daN/cm ²)	Modulo elastico E _I (daN/cm ²)
TERRE						
	Unità 4	RILEVATO STRADALE	18,50 ÷ 19,00	28 ÷ 30	0,10	80 ÷ 100
	Unità 3	TERRE DI RIPORTO	17,00 ÷ 18,00	26 ÷ 27	0,00	70 ÷ 90
	Unità 2	COLLUVI	18,00 ÷ 18,50	30 ÷ 31	0,00	100 ÷ 120
ROCCE						
	Unità 1	LEUCOGRANITI MONZOGRANITI	22,00 ÷ 23,00	42 ÷ 45	1,00 ÷ 1,50	5.000

- Per la natura eterogenea delle unità litostratigrafiche riconosciute, ed in base ad i limitati carichi applicati dall'opera in progetto, i cedimenti totali, che principalmente si verificheranno nel breve termine ovvero nelle fasi iniziali della realizzazione dell'opera, sono sopportabili e non andranno ad interferire sulla stabilità dell'opera.

- Il fronte di scavo non necessita di interventi di contenimento in relazione alle esigue altezze previste per la posa delle condotte.
- In conclusione, a seguito delle valutazioni basate su:
 - assetto morfologico dell'abitato;
 - stato di alterazione dell'ammasso roccioso considerato;
 - dati provenienti da studi precedenti in possesso dello scrivente;

è stato possibile stimare quantitativamente le percentuali di substrato litoide che, in fase d'opera, dovrà essere asportato attraverso l'utilizzo di idonei macchinari ($R_c < 120 \text{ Kg/cm}^2$, $R_c > 120 \text{ Kg/cm}^2$, es. martello-escavatore), in relazione alle altezze di scavo di progetto (1.30 – 1.40 cm)

Per l'area investigata, in questa fase progettuale, tale stima quantitativa corrisponde al **40 %** del volume di terreno scavabile previsto in progetto.

- Alla luce delle osservazioni effettuate e considerando la tipologia dei terreni investigati, le caratteristiche strutturali dell'opera da realizzare si ritengono compatibili, in rapporto al peso della struttura e al carico ammissibile del terreno.
- Tenuto presente quanto analizzato nel presente studio si ritiene che dal punto di vista geologico-tecnico non esistano condizioni ostative alla realizzazione delle opere previste dal progetto.

8. BIBLIOGRAFIA

Servizio Geologico d'Italia – *Carta Geologica della Sardegna alla Scala 1:250.000 (2008).*
Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena, Centro di GeoTecnologie – Firenze

Servizio Geologico Nazionale – *Carta Geologica della Sardegna alla Scala 1:200.000 – Firenze (2001)*

Servizio Geologico Nazionale – *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. LX (2001) – Roma.*

Gorini A. – *Progettazione definitivo/esecutiva rete gas Bacino n. 5 della Sardegna - Relazione geologica e idrogeologica – 2012.*

Gorini A. – *Progettazione definitivo/esecutiva rete gas Bacino n. 5 della Sardegna - Relazione geotecnica e indagini geognostiche – 2012.*

I TECNICI

Dott. Ing. Giuseppe Delitala



Dott. Geol. Alberto Gorini

