



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna
Servizio Progetti e Costruzioni



**L88 - MANUTENZIONE STRAORDINARIA E RIASSETTO FUNZIONALE
DEL COLLEGAMENTO MULTISETTORIALE
VILLANOVATULO - ZONA INDUSTRIALE DI ISILI - IS BARROCUS**

**1° LOTTO 2° COMPARTO - 1° STRALCIO:
RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
ACQUEDOTTO - TRATTA "IS PILLUS"**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Parte A - PARTE GENERALE

RELAZIONI SPECIALISTICHE
RAPPORTO GEOLOGICO E GEOTECNICO
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Allegato

A.3.2.1

Scala:

Redazione:

*Dott. Geol. Antonello Frau
(per RTP Peltz - Frau - Nieddu - Casula)*

Coordinatore della progettazione:

Ing. Stefano Serra

Responsabile del Procedimento:

Ing. Nicoletta Sale

**Il Direttore del Servizio
Progetti e Costruzioni**
Ing. Roberto Meloni

Il Direttore Generale
Ing. Franco Ollargiu

PROGR.	DATA	ADOZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
1ª EMISSIONE	29-03-2019			
REV. 1	05-07-2019	DDSPC n. 890 del 06.08.2019 DDSPC n. 1231 del 16.10.2019		

INDICE

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	4
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	8
<i>Riferimenti geomorfologici generali</i>	8
<i>Riferimenti geomorfologici locali</i>	10
<i>Caratteristiche geopedologiche e di uso del suolo</i>	16
<i>Pericolosità geologica</i>	18
<i>Pericolosità sismica</i>	20
<i>Caratteristiche geologiche</i>	22
<i>Idrologia superficiale e sotterranea</i>	29
INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE	33
PARAMETRI DI RIFERIMENTO PER IL MODELLO GEOTECNICO	44
INDICAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI SCAVI, CAVE - DISCARICHE	46
CONSIDERAZIONI SUGLI EVENTUALI MECCANISMI DI CORROSIONE DELLE CONDOTTE / TUBAZIONI	52
INDICAZIONI OPERATIVE ED ACCESSORIE	54
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	57

PREMESSA

Nell'ambito delle attività complementari alla progettazione definitiva-esecutiva per la realizzazione dei lavori di cui al progetto L88- Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili – Is Barroccus Condotta Is Pillus – Su Murtaxiu, è stata redatta la presente relazione geologica in ottemperanza alle disposizioni legislative del settore di cui al D.P.R. n. 50/2016 art. 23 (Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi) c. 1 lett. i – nel quale si stabilisce che deve essere verificata la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera. Così come stabilito dalla citata norma, la progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo e allo stato attuale la presente è relativa unicamente al secondo e terzo livello. Nella presente progettazione si prevede uno stralcio del 1° lotto funzionale di cui alla progettazione preliminare che consiste nel rifacimento del tratto di condotta (Tratto E-E') dall'uscita della galleria di Is Pillus alle vasche di Su Murtaxiu, per una lunghezza di circa 2050 m, con posa di tubazioni in ghisa sferoidale DN 600 tramite riscavo della condotta esistente in acciaio DN 400

La presente relazione è stata eseguita in conformità alla recente Normativa tecnica vigente di cui al Decreto 17 Gennaio 2018, "aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (18A00716), GU n.42 del 20-2-2018 - Suppl. Ordinario n. 8" (NTC 2018 emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, al Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n.380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.) e in particolare al punto 6.2.1 secondo il quale la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio; caratteristiche che quindi devono essere descritte e sintetizzate dal modello geologico di riferimento.

La Relazione Geologica, in base ai contenuti di tale norma, comprende, sulla base dei specifici rilievi ed indagini eseguite, l'identificazione delle formazioni presenti

nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi; definisce inoltre il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

A seguito della redazione della relazione geologica preliminare, attraverso l'osservazione diretta e sulla base dell'esecuzione di indagini geognostiche svolte e relazionate con elaborato già consegnato alla committenza, si è quindi provveduto ad elaborare la presente relazione che costituisce parte integrante degli elaborati del progetto.

E' stato quindi possibile ricostruire la sequenza litostratigrafica differenziando unità dotate di caratteristiche litologiche, petrografiche e geotecnico/geomeccanico riconoscibili sul terreno e distinguibili da quelle adiacenti. Si è così pervenuti alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito che sarà direttamente interessato dalle opere in progetto. Lo studio geologico si articola pertanto essenzialmente nei seguenti punti:

- Definizione del comparto geolitologico di superficie dell'area oggetto di studio e del territorio circostante;
- Definizione del modello geologico del suolo e sottosuolo, in relazione alle opere previste, attraverso la valutazione delle condizioni geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e di uso del suolo generali del territorio oggetto di intervento e delle relative situazioni di pericolosità geologica;
- Valutazione delle proprietà delle Unità litotecniche;
- Valutazione delle caratteristiche dei substrati di appoggio
- Stesura della relazione geologica.

I caratteri topografici e vincolistici nonché geologico-morfologici e idrogeologici preliminari dell'area di intervento sono stati già ampiamente trattati nella relazione geologica preliminare alla quale si rimanda per tutti gli aspetti tecnici e cartografici.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'area in esame e sede del progetto nella Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000 nel Foglio n° 540 sez. IV – Isili (serie 25, edizione 1 IGMI) e nella Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000 nella sezione 540020 (Stazione di Nurallao).

Nello specifico gli interventi progettuali principali previsti nella attuale elaborazione progettuale riguardano il tratto di condotta ricadente in agro di Isili, in prossimità del confine Est del territorio, che si snoda dall'uscita della galleria di Is Pillus sino alle vasche di Su Murtaxiu (poste a Est dell'Agglomerato Industriale del Sarcidano).

L'opera prevista è relativa alla dismissione e sostituzione del tratto di condotta esistente, disposta su un settore rettilineo di una pista esistente utilizzata anche per uso agricolo. Si sviluppa su un substrato carbonatico leggermente ondulato e interseca dei deboli avvallamenti orientati in direzione NE-SW.

Gli interventi previsti non hanno particolare incidenza sull'assetto geologico e geotecnico in quanto trattati di opere di rifacimento su tratti già antropizzati e aventi scarsa incidenza sui substrati.

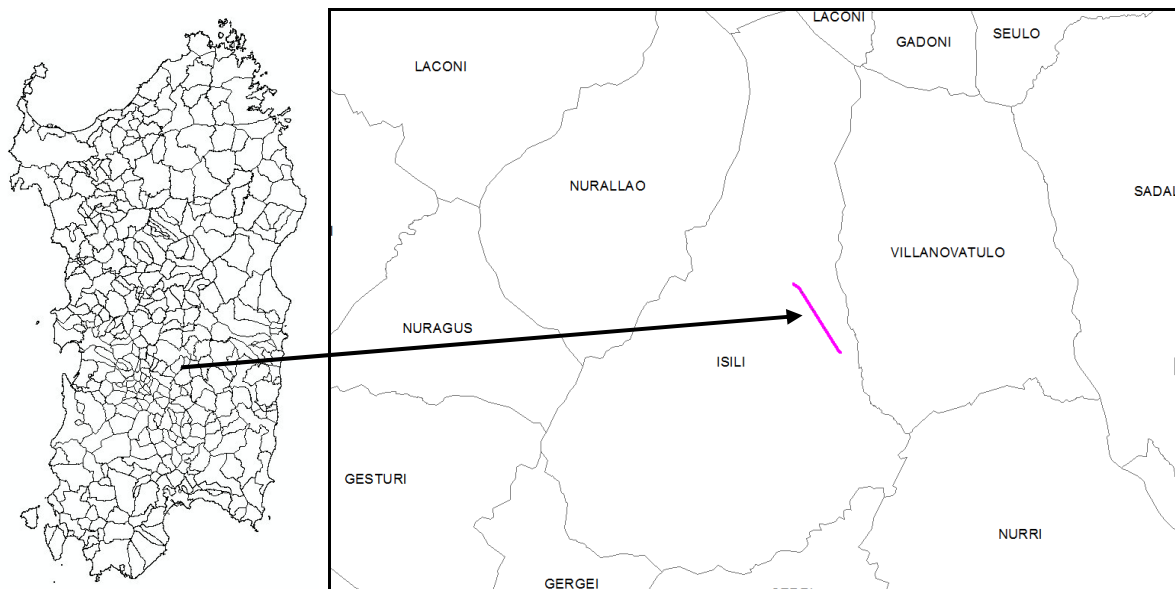


Figure 1: localizzazione generale dell'area

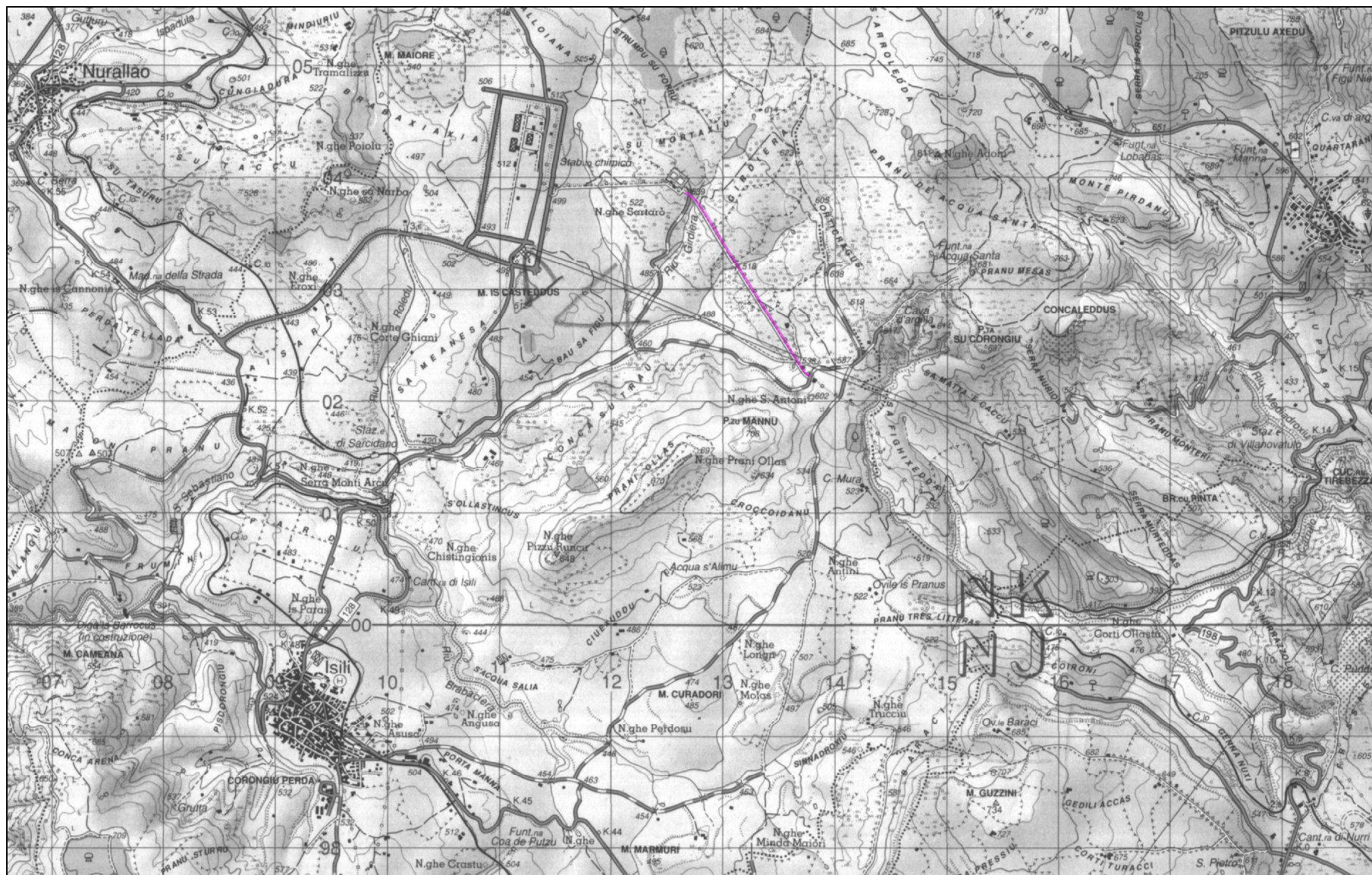


Figure 2: Inquadramento topografico – scala 1.50.000 – Foglio 540

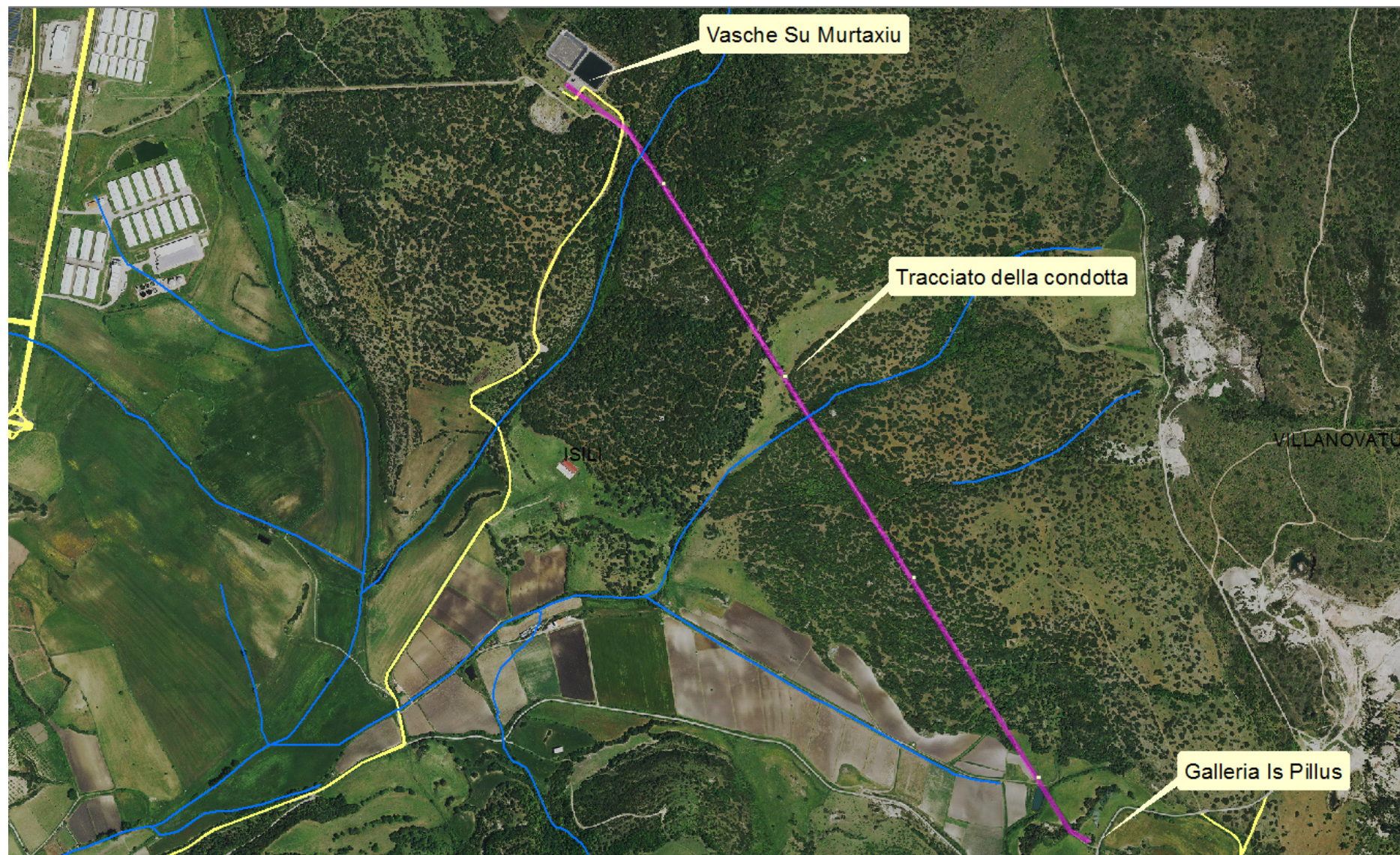


Figure 4: localizzazione su ortofoto anno 2016 con indicazione dell'idrografia e dalla viabilità di accesso

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Riferimenti geomorfologici generali

La morfologia ricalca fedelmente la distribuzione areale e i caratteri giaciturali della formazione geologica predominante, costituita dal potente complesso dolomitico calcareo (ribassato) dell'area del Tacco del Sarcidano e subordinatamente del complesso sedimentario oligomiocenico terziario.

Da un punto di vista strettamente geomorfico si osserva che l'area in questione è interamente ubicata a valle del Tacco del Sarcidano, sul bordo della fossa sarda, in un dominio costituito quasi interamente da litologie di natura dolomitica della sequenza del Tacco del Sarcidano. Le forme del rilievo del settore considerato sono leggermente ondulate e in parte substrutturali dovute a superfici di spianamento. In particolare si osserva che il tracciato si snoda su una superficie carbonatica che degrada verso SW con pendenze in genere comprese tra il 20% e il 35%. La condotta esistente segue un tracciato in direzione NW-SE tra l'uscita della galleria di Is Pillus e le vasche di carico di Su Murtaxiu. L'andamento morfologico generale, parzialmente inclinato, è legato ad una superficie originaria di natura carbonatica ribassata tettonicamente lungo un allineamento parallelo alla condotta è leggermente incisa trasversalmente da una serie di vallecole orientate in direzione NE-SW. Dalla Galleria di Is Pillus la condotta si snoda dapprima per un piccolo tratto all'interno del fondovalle in cui ha origine il Rio Funtana Iri o Rio Congiuedda, in prossimità di F.na Coloris. In tale settore il fondovalle è ondulato e caratterizzato dall'assenza di particolari processi geomorfologici fatta eccezione per quelli legati al ruscellamento superficiale diffuso e a tratti ad erosioni concentrate. La restante parte della condotta, sino alle vasche di Su Murtaxiu, segue un andamento ondulato in quanto intercetta piccoli avvallamenti in genere arrotondati come quello del Rio Congiaduredda o Rio Girdiera. Nelle aree prossime alla condotta sono evidenti gradini di bancata di strato (in genere aventi altezze di circa 50 cm) e forme legate a microcarsismo superficiale per via della presenza di rocce carbonatiche (vaschette di corrosione).

L'acclività dell'area di intervento è in genere medio- bassa; le pendenze maggiori sono riscontrabili nei tratti in cui la traccia intercetta i principali avvallamenti in cui scorrono i corsi d'acqua.



Figure 5: avvallamento del Rio Girdiera

Sono presenti numerosi blocchi rocciosi di natura dolomitica, aventi volumi unitari talvolta del mc, derivati dalle attività di scavo a suo tempo effettuate per il posizionamento della condotta esistente. Sono posti lungo il tracciato ma in condizioni di stabilità tale da non generare fenomeni di reptazione o movimenti che chiaramente non avvengono per mancanza di pendenza. In genere gli stessi costituiscono la copertura della traccia esistente e dovranno quindi essere rimossi ai fini dell'esecuzione delle lavorazioni.



Figure 6: massi derivanti dalle attività di scavo

Nel tratto indagato non si rilevano fenomeni di instabilità geomorfologica fatta eccezione per l'erosione incanalata di natura fluviale in corrispondenza del Rio Girdiera e degli altri attraversamenti.

Riferimenti geomorfologici locali

Così come già precisato, l'andamento della condotta viene dettagliato per settori, a partire dall'uscita della galleria di Is Pillus dove la medesima deve attraversare un primo tratto della lunghezza di circa 350 metri circa (dalla sezione 0 alla sezione 20) in cui si sviluppa la parte apicale della valleccola del Rio Funtana Iri (o Rio Congiuedda). Il dislivello è nel complesso contenuto in circa 30 metri (tra la parte iniziale della condotta e il fondovalle): la valleccola anzidetta prosegue il suo andamento e trae origine poco oltre in corrispondenza dell'ingresso della vecchia miniera di Punta Su Corongiu. Il compluvio intercettato si presenta nel complesso scarsamente arrotondato e limitatamente inciso, con un piccolo solco di ruscellamento centrale in cui scorrono le acque meteoriche e quelle derivate dalle sorgenti della sorgente di Funtana Coloris (due fonti ravvicinate). Il tracciato fiancheggia anche un vascone esistente, dotato anche di argine, che raccoglie le acque delle sorgenti. L'intero settore prossimo al vascone di accumulo e quindi al canale di drenaggio delle acque superficiali, presenta attualmente una falda subsuperficiale con livello quasi prossimo al piano di campagna.

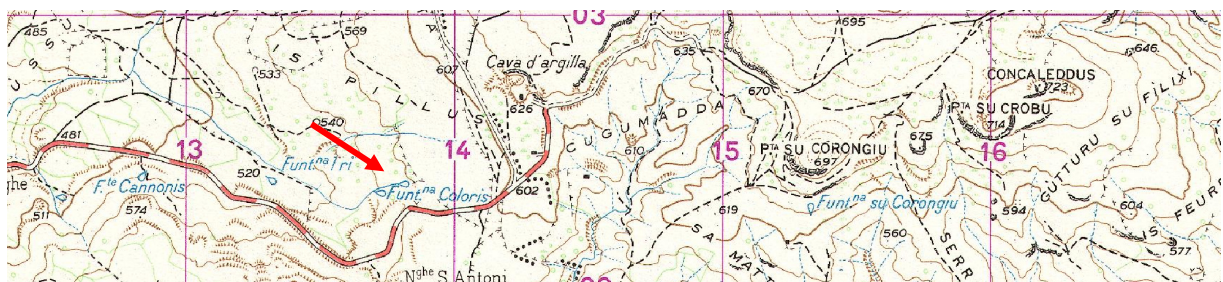


Figure 7: I.G.M. del 1960 dal quale si osserva la posizione delle sorgenti di Funtana Coloris

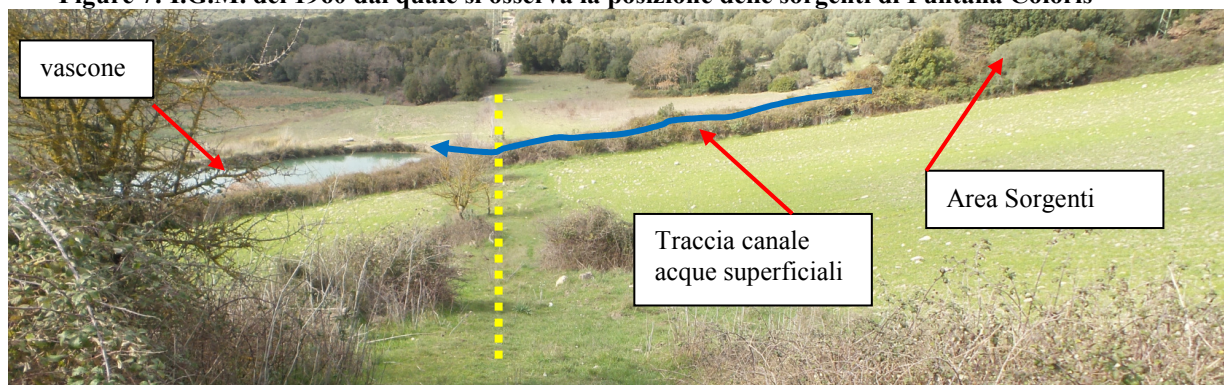


Figure 8: avvallamento parte apicale Rio Funtana Iri (in giallo la traccia della condotta)

Solo il tratto iniziale dalla galleria al fondovalle (grosso modo ubicato in corrispondenza della sezione n. 15) presenta una acclività contenuta nel 20%; a partire dal settore in cui si intercetta il canale di drenaggio delle acque delle sorgenti (che vengono convogliate verso il vascone), e sino alla sezione 20 circa, la superficie diviene subpianeggiante. Nel tratto in questione, in prossimità della sezione 16 – 167, è presente anche la fascia di transito della linea di alta tensione.

La variazione di pendenza riscontrata a partire dalla sezione 20 è riconducibile al contatto di natura tettonico tra la Formazione di Nurallao (terziario) e quella mesozoica di Dorgali (Tacco del Sarcidano). L'ammasso roccioso dolomitico tende infatti a comparire dapprima con i suoi strati basali leggermente pendenti e caratterizzati dalla presenza di gradini di bancata di strato, per poi divenire una vera e propria superficie rocciosa substrutturale in cima, con graduale limitato aumento della pendenza.



Figure 9: variazione di pendenza riscontrata dalla sezione 20 e riconducibile al contatto di natura tettonica tra le formazioni geologiche (Terziario e Secondario)

Un debole avvallamento legato al ruscellamento concentrato proveniente dal settore est, caratterizza il tratto posto in prossimità delle sezioni n. 24 e 25. A partire dalla sezione 26, dove si rileva una recinzione che di fatto ostruisce il transito anche nell'area in cui si snoda la condotta, la medesima si sviluppa dapprima con una debole pendenza di circa il 10 % per poi proseguire, sino alla sezione 44 circa, sulla superficie dolomitica subpianeggiante, adeguatamente ricoperta da blocchi rocciosi dolomitici aventi volumetria in genere inferiore al mc.



Figure 10: recinzione posta in prossimità della sezione 26



Figure 11: ricarica di blocchi rocciosi sul lato della condotta (traccia in giallo)

Si rileva che sul lato opposto a quello della condotta, si sviluppa anche una linea elettrica secondaria sostenuta da tralicci di piccole dimensioni comunque posati su platee. Specie in prossimità delle sezioni 32, 33 si rileva la vicinanza della platea

del traliccio, al pozzetto esistente. Di tali potenziali interferenze occorre tenere debita considerazione durante le fasi operative.



Figure 12: platea del traliccio e pozzetto condotta esistente

Dalla sezione 44 si sviluppa una zona interessata da deflussi incanalati. Dapprima, in corrispondenza delle sezioni 49-50, dopo un ripido tratto caratterizzato da una pendenza a tratti prossima al 30-35%, si intercetta un piccolo compluvio caratterizzato dal deflusso superficiale di un affluente del Rio Congiaduredda (loc. Piranferta). Si tratta delle acque che provengono dai drenaggi della miniera sovrastante i cui scarichi dei laghetti di falda intercettati durante gli scavi, vengono convogliati con trincee drenanti per essere rilasciati nella rete naturale di drenaggio. In corrispondenza di tale compluvio è inoltre presente un pozzetto di scarico.



Figure 13: compluvio località Piranferta

Oltre un piccolo displuvio posto in prossimità della sezione 54, si sviluppa la vallecola del Rio Congiaduredda, il cui alveo è intercettato nel tratto in prossimità della sezione 60 – 61. La valle si presenta con fianchi a debolissima acclività con fondo

arrotondato con solco di ruscellamento caratterizzato da una ridotta sezione di deflusso in cui sono evidenti depositi limosi ed argillosi legati al trasporto solido della sovrastante area mineraria. Due piccoli tubolari garantiscono il deflusso in situazioni di magra ma risultano certamente insufficienti per il drenaggio in occasione di di piena. Anche il rio Congiaduredda ha una alimentazione superficiale determinata dai deflussi della miniera oltre che da piccole manifestazione sorgentizie legate principalmente al contatto tettonico che ribassa la successione delle dolomie.



Figure 14: compluvio del Rio Congiaduredda e relativo alveo



Figure 15: tubolari presenti nell'attraversamento

Il successivo tratto subpianeggiante compreso tra il limite ovest dell'avvallamento del Rio Congiaduredda sezioni 69-70 e l'inizio della vallecchia in cui scorre il Rio Girdiera (sezione 83), si presenta subpianeggiante e privo di processi geomorfologici particolari.



Figure 16: tratto subpianeggiante posto tra le sezioni 70 ed 83

La valle del Rio Girdiera si presenta con fianchi più ripidi caratterizzati da affioramento rocciosi dolomitici con presenza di opere di attraversamento in c.a. Il suo bacino idrografico si estende sino al settore di N.ghe Adoni e il corso d'acqua è alimentato da manifestazioni sorgentizie di contatto stratigrafico e tettonico (come ad esempio la medesima sorgente di Girdiera, posta lungo la località di Gutturu Trunconis

Nella vallata del Rio Girdiera la condotta attraversa in subalveo il corso d'acqua. I processi geomorfologici afenti in tale settore sono riconducibili prevalentemente ad erosioni localizzate di natura fluviale.



Figure 17: valle del Rio Girdiera

Il tratto terminale di raccordo alle vasche di Su Murtaxiu avviene sulla superficie suborizzontale priva di particolari processi geomorfologici se non di quelli legati al ruscellamento diffuso.

In tutto il tracciato della condotta non si rinvencono processi geomorfologici in atto di natura gravitativa ed il settore è esente da manifestazioni di tipo franoso. Si rileva il complesso delle interferenze di natura antropica con opere di natura elettrica.

Caratteristiche geopedologiche e di uso del suolo

L'ambiente pedologico del territorio va visto in relazione alle caratteristiche delle formazioni geo-litologiche presenti, ai diversi aspetti morfologici, climatici e vegetazionali.

Il settore prossimo a quello della condotta si sviluppa su un settore in cui lo spessore del suolo è minimo in quanto caratterizzato da una diffusa rocciosità affiorante. Nelle aree circostanti si riscontra un pedotipo più evoluto di tipo A-C in genere a tessitura franco sabbiosa, fortemente pietroso ma con spessori comunque contenuto di pochi decimetri. Considerando che le opere previste in progetto andranno a sostituire l'esistente e che quindi le attività di scavo interesseranno solo ed esclusivamente i tratti in cui la condotta è già esistente, si esclude qualsiasi interferenza con le aree pedologiche circostanti e le attività di scavo non incideranno sui pedotipi.

Per ciò che concerne l'uso del suolo si osserva che il tracciato si sviluppa a ridosso di aree interessate da bosco di latifoglie con copertura arborea dal 20% al 50% (codice 3111) e dalla macchia mediterranea (codice 3231).

Solo nel tratto iniziale prossimo alla galleria Is Pillus si rilevano aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti (codice 243) e prati artificiali (codice 2112). Questi ultimi si rilevano anche in prossimità del Rio Congiaduredda.

Di seguito la rappresentazione cartografica dell'uso del suolo delle aree circostanti la condotta.

Pericolosità geologica

Al fine di valutare la compatibilità anche in riferimento al quadro normativo, vengono di seguito riportate alcune considerazioni specie in merito al documento ufficiale di pericolosità e rischio idrogeologico della Regione Sardegna, ossia il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, al progetto IFFI e alla pericolosità sismica.

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico ha valore di Piano Territoriale di settore in quanto dispone con finalità di salvaguardia di persone, beni ed attività, dai pericoli e dai rischi idrogeologici e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Esso è stato adottato con Delibera della Giunta Regionale n° 54/33 del 30/12/2004. Il Decreto Assessoriale n° 3 del 21/02/2005, di esecutività della suddetta Delibera è stato pubblicato sul BURAS n° 8 del 11/03/2005. Da tale data decorrevano i 90 giorni entro i quali i Comuni dovevano provvedere a riportare, alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente, i perimetri delle aree a rischio e di pericolosità e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico. Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici. Gli ambiti di riferimento del Piano sono i sette Sub-Bacini individuati, all'interno del Bacino Unico Regionale, ognuno dei quali è caratterizzato in generale da una omogeneità geomorfologica, geografica e idrologica: Sulcis, Tirso, Coghinas-Mannu-Temo, Liscia, Posada – Cedrino, Sud-Orientale, Flumendosa-Campidano-Cixerri. Per ciò che concerne la perimetrazione dell'area si osserva che il settore di intervento ricade nel sub-bacino del Flumendosa – Campidano - Cixerri. Il settore di Isili è stato mappato solo parzialmente nel P.A.I. originale (edizione 2006) per ciò che concerne la pericolosità di franamento. Nello specifico si osserva per il settore in argomento non è stata inserita alcuna perimetrazione di pericolosità idraulica e da frana. Pur tuttavia si osserva che il Comune di Isili ha attualmente in atto gli studi sull'assetto del territorio che però non sono stati ancora presentati ed approvati dal Consiglio Comunale e tantomeno trasferiti in ADIS per le necessarie ed indispensabili attività istruttorie ed autorizzative. Un precedente studio di compatibilità geologica – geotecnica e idraulica associato al PUC era stato approvato dal Consiglio Comunale ma risulta al momento decaduto. Di fatto non sono quindi individuabili situazioni ufficiali di pericolosità idraulica o da frana. Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

della Sardegna (PGRA), approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016, ha riportato la situazione di pericolosità idraulica e di frana per il territorio in questione, con aggiornamento delle mappe (pdf pubblicate sul sito dell'Autorità di Bacino) al mese di Dicembre del 2014. Il quadro attuale di pericolosità e rischio idraulico, è riportato con l'identificazione delle perimetrazioni tramite i file shp pubblicati sul sito dell'Autorità. Infatti, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 17/05/2017, ai sensi dell'art. 42 delle NA del PAI, è stato approvato l'aggiornamento e integrazione del PGRA già approvato con DPCM del 27/10/2016. Questo ha comportato l'aggiornamento e l'integrazione dei set di dati al 31.12.2016. Per le aree in argomento, nella pianificazione vigente, non sono segnalate pericolosità di tipo franoso; non sono ugualmente segnalate aree interessate da fenomeni gravitativi dal progetto IFFI (inventario dei Fenomeni Franosi Italiani). Per gli attraversamenti del Rio Girdiera e del Rio Congiaduredda, si ritiene non applicabile l'art. 30ter comma 2 delle vigenti Norme di attuazione del PAI, che prescriverebbe l'effettuazione di apposito studio idrologico - idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica. Infatti il successivo comma 3 dello stesso articolo consente comunque, in assenza di tale studio, l'esecuzione degli interventi di cui all'art. 27 delle stesse Norme relativo alle aree a pericolosità idraulica molto elevata, ed in particolare degli interventi di manutenzione straordinaria (art. 27 comma 3 lett. b.) e di ristrutturazione di infrastrutture pubbliche a rete essenziali e non delocalizzabili (art. 27 comma 3 lett. e.), tipologie a cui si può ricondurre l'intervento in progetto. Il comma 6 lett. c. dell'art. 27 prescriverebbe la redazione dello studio di compatibilità idraulica per gli interventi di cui al comma 3 lett. e., ma l'art. 21 comma 2 lett. c. delle Norme esenta comunque da tale redazione, in caso di attraversamenti in subalveo di condotte, a condizione che tra fondo alveo e estradosso della condotta ci sia almeno un metro di ricoprimento, prescrizione rispettata negli elaborati progettuali dell'intervento.

Da quanto sopra si conclude che non si rende necessario eseguire gli studi di compatibilità idraulica per le aste intercettate nonostante sui medesimi corsi d'acqua sia state rilevate le fasce di tutela in funzione del rango gerarchico, pari a 10 metri (rango 1).

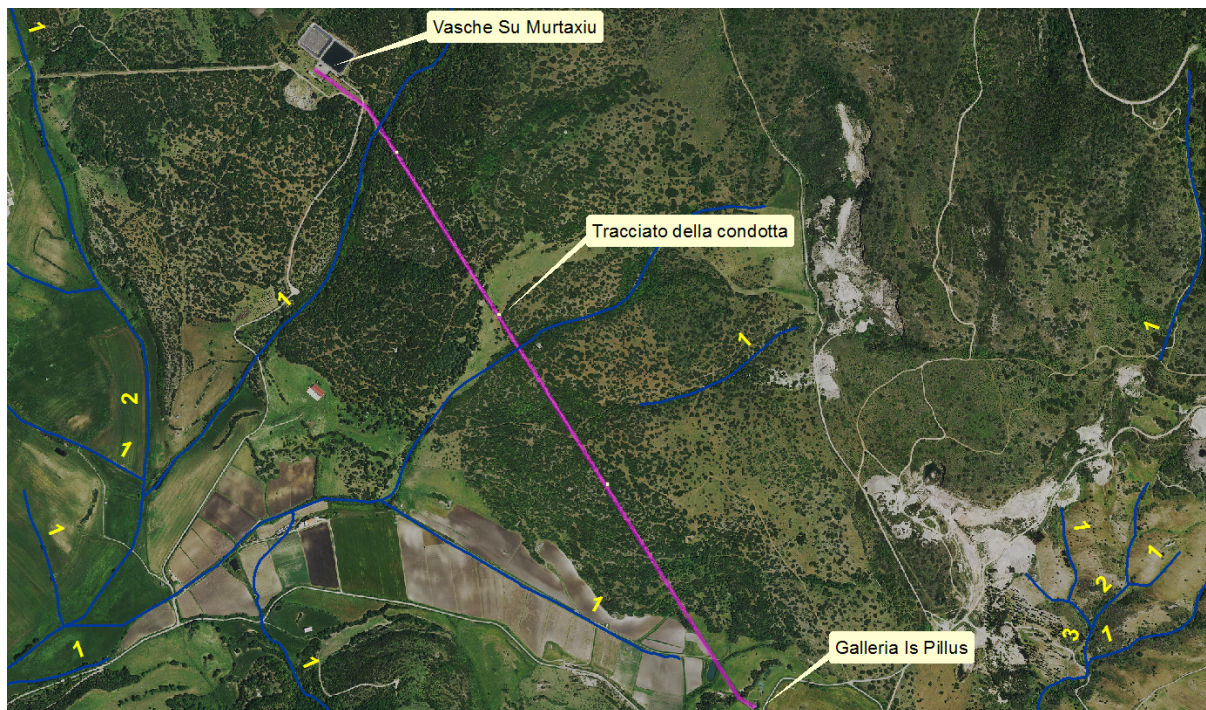


Figure 19: rango dei corsi d'acqua

Pericolosità sismica

Vengono di seguito riportate alcune considerazioni in relazione alla pericolosità sismica e alla classificazione dei terreni di intervento. La valutazione viene eseguita sulla base delle conoscenze geologico-stratigrafiche dei terreni in questione. Le “Norme Tecniche per le Costruzioni” – D.M. del 17/01/2018 – NTC 2018, così come le precedenti NTC 2008, definiscono le regole per progettare l’opera sia in zona sismica che in zona non sismica. Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il “bedrock” attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (VS_{30}). Il sito può essere classificato con il valore delle VS_{30} così come riportato nella tabella 3.2II delle NTC 2018 al paragrafo 3.2.2. Rispetto alla precedente previsione delle NTC 2008, non è prevista la classificazione sulla base dei valori delle SPT.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figure 20: categorie dei terreni secondo le NTC 2018

Ai fini della valutazione si eseguono solitamente prove sismiche con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.” (tratto da *Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves – V. Roma 2006)*).

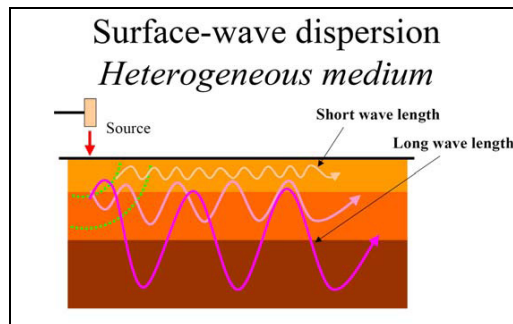


Figure 21: metodologia di indagine - trasmissione onde

In assenza di prove sismiche ma sulla base della conoscenza delle sezioni stratigrafiche del luogo di intervento, si ritiene che il profilo stratigrafico in questione, considerata l'omogeneità litologica del settore relativo alla presenza di litologie carbonatiche e dolomitiche spesse e giacenti sul substrato metamorfico, sia da classificare quasi interamente come appartenente alla **categoria A: ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo di 3 m**. Solamente il settore posto a ridosso della galleria di Is Pillus, giacente sui sedimenti terziari, è con ogni probabilità da ascrivere alla **categoria B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**.

Si osserva che per il comune di Isili il valore di accelerazione orizzontale (ag/g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni è < 0,05 e quello di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è pari a 0,05.

Caratteristiche geologiche

Così come già rappresentato anche nella sezione geomorfologica della presente relazione, si osserva che le aree di intervento presentano una geologia di base abbastanza semplice e quasi totalmente omogenea.

La geologia ufficiale evidenzia che il tracciato della condotta attraversa diverse Formazioni geologiche e che la successione stratigrafica dei luoghi è così riassumibile dal basso verso l'alto:

- Formazione di Genna Selole. Conglomerati quarzosi e quarzoareniti molto mature; alla base livelli carboniosi e argille. DOGGER sigla GNS; tale

Formazione non è intercettata dal tracciato ma affiora unicamente nelle aree minerarie poste a NE della condotta. Tali litologie poggiano sul substrato metamorfico delle metaroliti affioranti solo nell'area della miniera.

- Formazione di Dorgali. Dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici. DOGGER-MALM (sigla DOR). Affiora diffusamente in tutto il tracciato fatta eccezione per l'area posta a ridosso della galleria di Is Pillus. E' rappresentata dal bancate talora metriche di dolomie calcaree scarsamente fessurate (fatta eccezione per i tratti interessati da piccole lineazioni tettoniche)
- Conglomerato di Duidduru (Formazione di Nurallao). Conglomerati poligenici eterometrici e sabbie con locali livelli di biocalcareni, talvolta con componente vulcanica. Oligocene Sup. – Burdigaliano - Sigla NLL1. Tale Formazione si rinviene in prossimità del versante posto in destra idrografica del Rio Funtana Iri ed è quindi intercettata dal tracciato per un limitato tratto della lunghezza di circa 80 metri.
- Arenarie di Serra Longa (Formazione di Nurallao). Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. Oligocene sup. - Burdigaliano – sigla NII2. E' rappresentato da sabbie e arenarie a diverso grado di cementazione e si rinvencono diffusamente in tutto il settore posto in corrispondenza della galleria di Is Pillus e nel versante posto in sinistra idrografica del Rio Funtana Iri. Tali arenarie sono quindi intercettate dalla condotta per una lunghezza di circa 200 metri a partire dalla galleria di Is Pillus (anche al di sotto delle coperture colluviali del fondovalle)
- Litofacies nelle Arenarie di Serra Longa (Formazione di Nurallao). Bancate metriche di arenarie fossilifere e biocalcareni. Oligocene sup. - Burdigaliano – Sigla NII2a – Non sono intercettate dalla condotta ma sono evidenti sul lato in sinistra idrografica del Rio Funtana Iri, intercalate nelle arenarie.
- Marne di Gesturi. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti. Burdigaliano sup. - Langhiano medio (sigla GST). Occupano il versante del rilievo del Pranu Ollas e quindi non sono intercettate dal tracciato della condotta
- Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. Olocene - sigla b2

- Travertini. Depositi carbonatici stratificati, da compatti a porosi, con tracce di resti vegetali e gusci di invertebrati (Sigla f1). Olocene. Si rinvencono in un settore a SW della condotta, sulla destra idrografica del Rio Funtana Iri e sono legati alla venuta a giorno di acque ricche in carbonato legate alla superficie ribassata del Tacco.

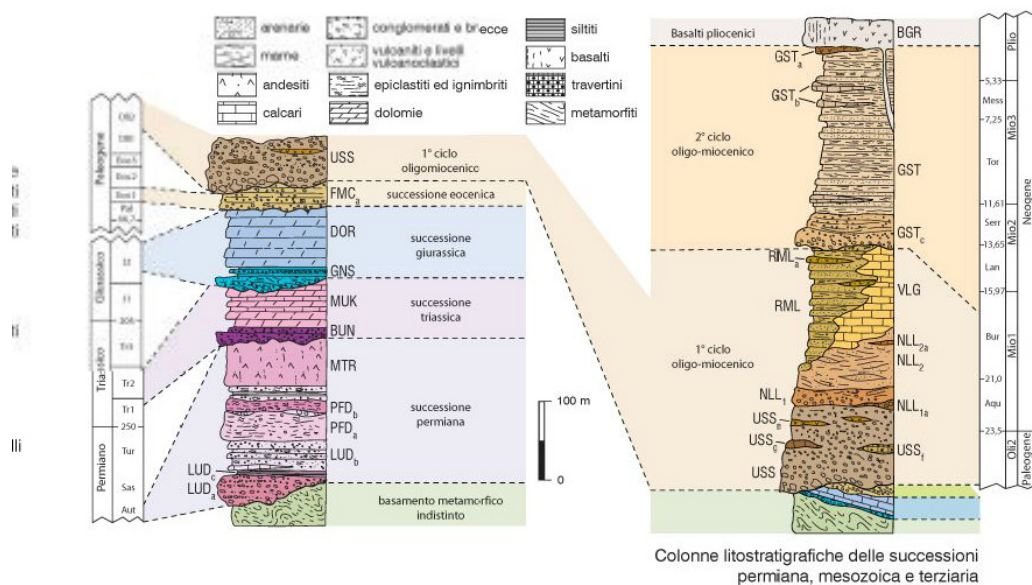
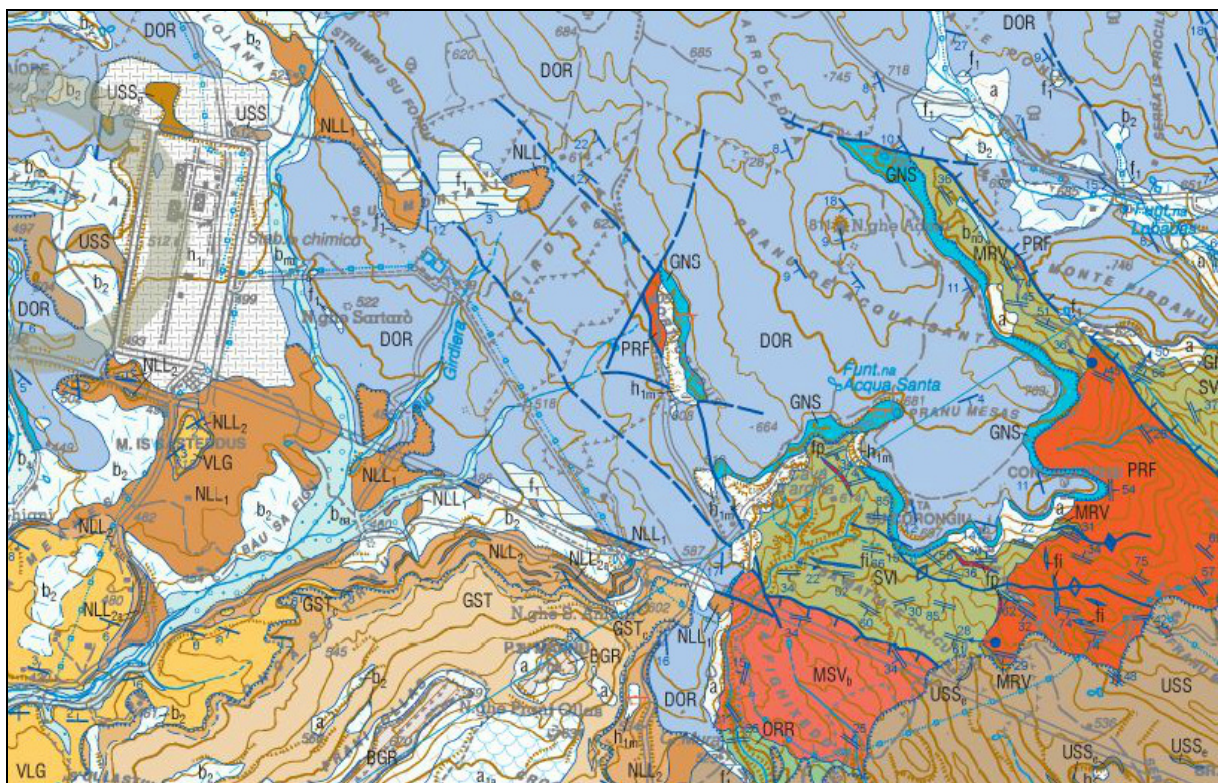


Figure 22: Figure 23: progetto ISPRA - Cartografia geologica Ufficiale del settore

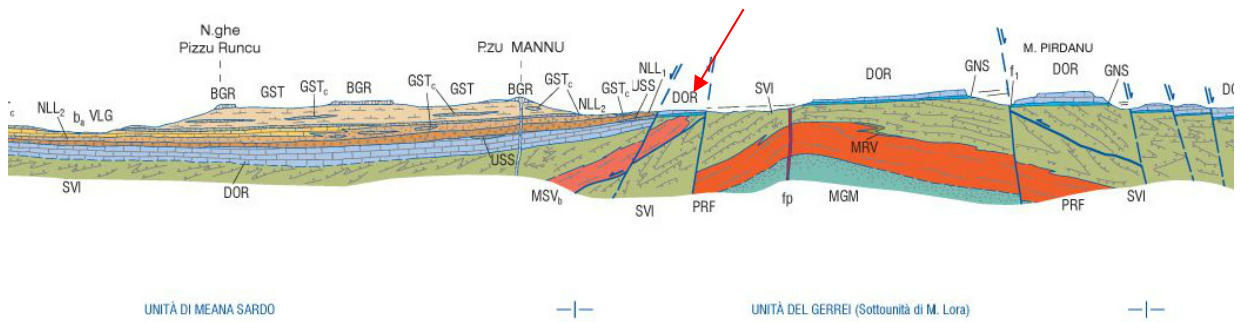


Figure 24: traccia di sezione ufficiale dalla cartografia ISPRA

I rilievi di campagna hanno consentito di verificare la sequenza indicata. Dal punto di vista strutturale si osserva che la superficie carbonatica della F. di Dorgali è ribassata tettonicamente dalla restante parte del Tacco del Sarcidano con una faglia diretta certa che si sviluppa parallelamente al tracciato della condotta circa 250 metri a monte della stessa sul lato NE.





Figure 25: affioramento delle dolomie della Formazione di Dorgali



Figure 26: affioramento di Arenarie di Serra Longa in prossimità della galleria di Is Pillus



Figure 27: livello di biocalcarene della Formazione di Nurallao in prossimità delona di faglia che delimita tettonicamente il contatto con la Formazione di Dorgali

Un'altra lineazione tettonica diretta è quella che permette il contatto tra la Form. di Nurallao e quella di Dorgali sul versante destro della vallecchia del Rio Funtana Iri.

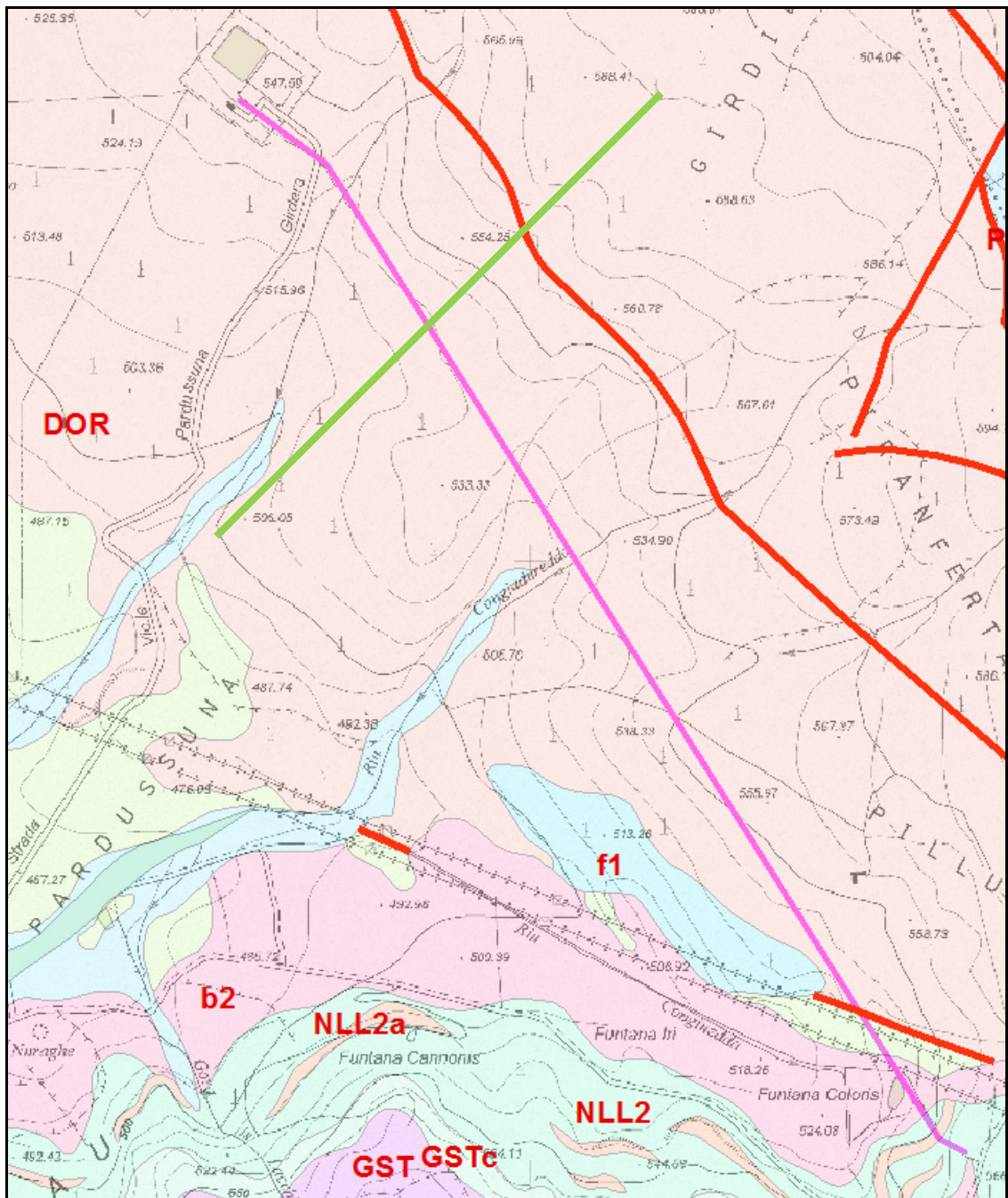


Figure 28: geolitologia del settore - scala 1:10.000 (in verde la traccia della sezione)

L'analisi del tracciato evidenzia la presenza iniziale di arenarie grossolane e microconglomeratiche ben distinguibili nella parete della zona in cui hanno origine nel opere. Tali litologie affiorano dalla sezione 0 alla sezione 3 circa per poi ripresentarsi intorno alla sezione 4. Nella sezione 4 si rileva una intercalazione di biocalcareni. Non si esclude che il contatto tra il conglomerato di Duidduru e la Formazione delle

arenarie di Serra longa sia proprio in prossimità della zona in cui si sviluppa la parte apicale della vallata del Rio Funtana Iri e che nel tratto posto tra la sezione 13-16 le stesse formazioni siano appunto sormontate da coltri detritiche colluviali.

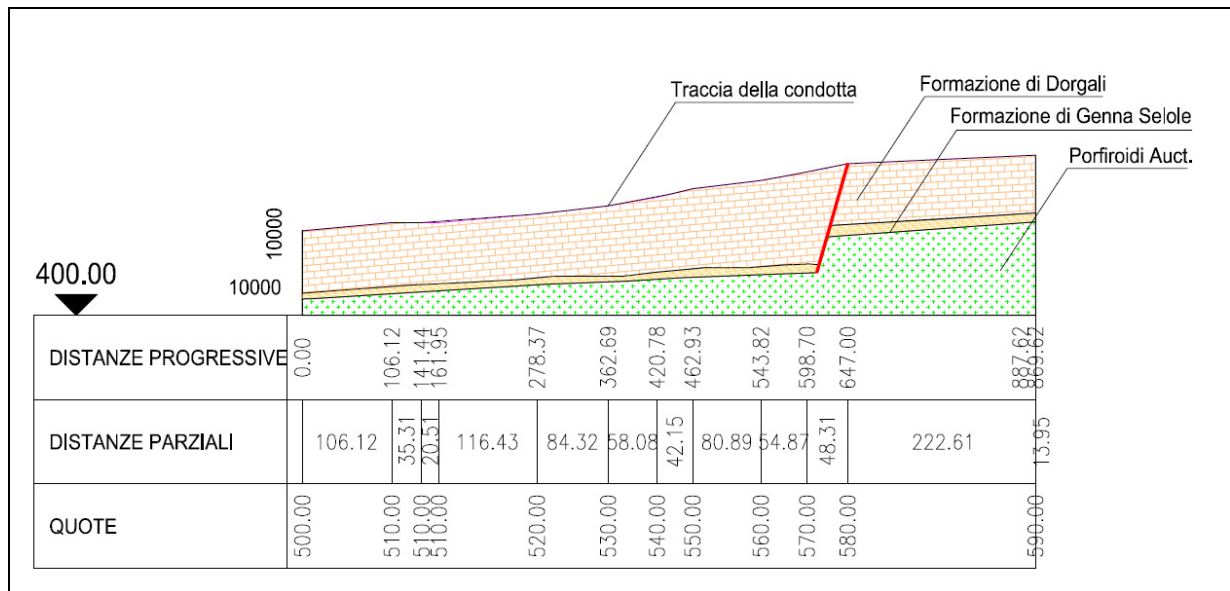
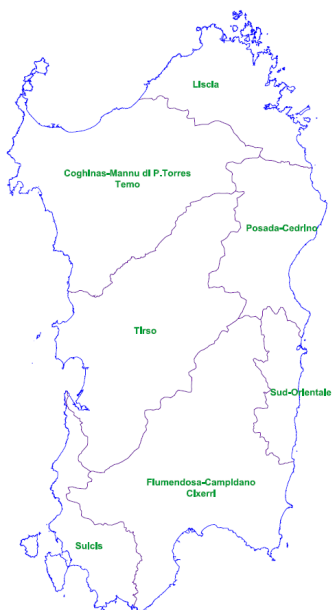


Figure 29: sezione geologica esemplificativa del settore di cui alla tavola 28

Tra la sezione 15 e la sezione 20 il substrato di appoggio della condotta è rappresentato da conglomerati e biocalcareni della Formazione di Nurallao – Conglomerato di Duidduru. Tale formazione è delimitata tettonicamente dalla Formazione di Dorgali che si sviluppa a partire dalla sezione 20 sino alla fine della condotta.

Per il profilo geologico si rimanda all'apposita sezione grafica. Si evidenzia che l'opera in questione interesserà in prevalenza il substrato carbonatico mesozoico e i depositi carbonatici di riporto che ricoprono attualmente la traccia della condotta. Parte dello scavo sarà quindi realizzato all'interno dei materiali di riporto mentre l'allargamento del medesimo, da eseguirsi al fine di realizzare le nuove opere, interesserà il substrato roccioso di natura dolomitico calcarea in gran parte del tracciato.

Idrologia superficiale e sotterranea



Secondo la suddivisione dei bacini idrografici riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico, il settore in questione è compreso nel sub-bacino n° 7 – Flumendosa – Campidano – Cixerri. L'idrografia superficiale è rappresentata da una serie di corsi d'acqua a carattere periodico e a regime torrentizio e che presentano deflussi idrici durante i periodi di massima piovosità. Il bacino idrografico di riferimento è il Flumini Mannu, a monte del Lago di San Sebastiano.

In particolare la rete di deflusso intercettata dal tracciato della condotta è rappresentata dal Rio Funtana Iri o Riu Congiuedda che drena le acque del settore posto a SE del tacco in corrispondenza dell'area mineraria e del tratto compreso tra la sezione 0 e la sezione 36 circa. Il Rio Funtana Iri, dopo aver raccolto le acque del suo affluente di destra rappresentato dal Rio Congiaduredda (intercettato dal tracciato della condotta) si immette nel Rio Su Salixi all'altezza della viabilità che conduce alla vasche di carico di Su Murtaxiu. Un'altro canale affluente del Rio Su Salixi (Rio Bau e Carru) è rappresentato dal Rio Girdiera (a monte Guttururu Trunconis) che drena le acque del settore Nord occidentale del rilievo su cui sorge il N.ghe Adoni. Il tracciato della condotta, a partire dal settore posto in corrispondenza della galleria di Is Pillus, intercetta quindi dapprima la vallecchia in cui ha origine il Rio Funtana Iri. Le acque del settore compreso tra la sezione 0 e la sezione 36 vengono quindi drenate direttamente verso tale corso d'acqua.

Dalla sezione 36 e sino alla sezione 54, le acque del settore convergono in un compluvio secondario affluente di sinistra del Rio Congiaduredda. Quest'ultimo corso d'acqua drena le acque del settore comprese tra la sezione 54 e la sezione 70.

Alcuni piccoli compluvi a partire dalla sezione 70 e sino alla fine del tracciato verso le vasche di Su Murtaxiu, vengono drenate direttamente dal Rio Girdiera.

Per via della morfologia ondulata il tracciato intercetta comunque anche ulteriori piccoli compluvi secondari caratterizzati da ruscellamento concentrato solo in occasione di forti precipitazioni. Di seguito una rappresentazione schematica dell'idrografia del settore dalla quale si desumono gli elementi fondamentali della circolazione superficiale.

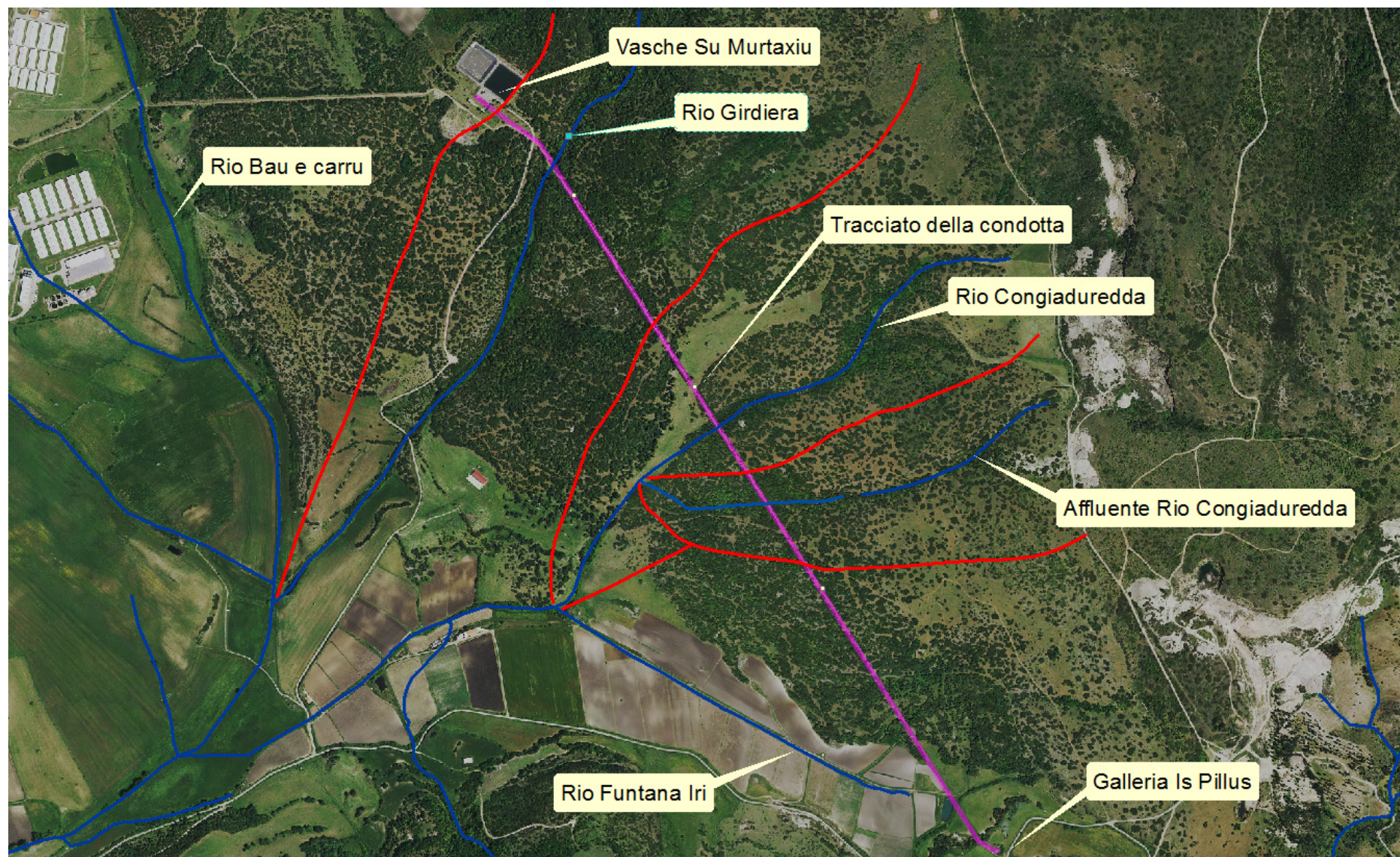


Figure 30: idrografia superficiale del settore (in rosso le linee spartiacque principali a ridosso della condotta)

Per ciò che concerne l'**idrologia sotterranea** si osserva che le caratteristiche litologiche delle formazioni, unitamente ai rapporti di giacitura e alle abbondanti precipitazioni, danno luogo ad una variabilità di andamento delle eventuali linee di scorrimento subsuperficiale. La relativa eterogeneità delle stesse formazioni ed il loro assetto strutturale, rendono quindi necessaria la definizione schematica del tipo di permeabilità (sia essa primaria o secondaria, per porosità o per fessurazione ecc.). Sono state così distinte in via preliminare diverse regioni in base ai diversi caratteri di permeabilità delle rocce (Unità Idrogeologiche), e rappresentato da quattro livelli con grado diverso di permeabilità:

- 1) Impermeabile ($K < 10^{-7}$ cm/sec);
- 2) Bassa Permeabilità ($10^{-4} > K > 10^{-7}$ cm/sec);
- 3) Media Permeabilità ($10 > K > 10^{-4}$ cm/sec);
- 4) Alta Permeabilità ($K > 10$ cm/sec);

Si distinguono tre tipi differenti di permeabilità: per porosità, per fessurazione, per fessurazione e carsismo. Occorre precisare che la precedente distinzione, in assenza di sicure prove di permeabilità che consentano l'esatta determinazione del coefficiente K , è stata effettuata sulla base dei dati riportati in letteratura e dall'insieme delle osservazioni di campagna relative agli aspetti litologici, giaciturali etc. E' comunque possibile che la permeabilità di certi litotipi, in seno alla medesima formazione, possa essere differente perchè al limite delle classi di permeabilità sopra definite.

Il complesso carbonatico Mesozoico (su cui si sviluppa in prevalenza la condotta) presenta una permeabilità medio-alta per fratturazione e carsismo con $10^{-3} < k < 10$ cm/sec. Essendo delimitato alla base da argilliti o da metamorfiti si verifica che le acque di infiltrazione riemergono pertanto o come sorgenti di frattura nelle dolomie stesse o di contatto stratigrafico al passaggio con le argille e le metamorfiti sottostanti l'assise carbonatica.

La permeabilità del complesso calcareo, arenaceo e conglomeratico oligomiocenico è strettamente legata alla porosità delle arenarie e, nei banchi biocalcarenitici, alla fratturazione. In genere si osserva che il complesso, in funzione dell'alterazione, tende a manifestare una permeabilità a tratti bassa. Nei tratti sabbiosi più permeabili della medesima formazione, le acque tendono localmente

ad infiltrarsi per poi raggiungere comunque successioni argillose e marnose sottostanti che vengono intercettate nelle perforazioni del sottosuolo. Ne deriva che al di sotto delle sequenze e tra queste e la successione metamorfica paleozoica si rilevano altri livelli permeabili che ospitano falde di interesse. I detriti e i sedimenti di natura colluviale che chiudono le sequenze stratigrafiche, presentano invece una permeabilità elevata per porosità. Nel tratto della condotta si osserva che nell'area iniziale posta in corrispondenza della valle del Rio Funtana Iri durante gli scavi vi è la massima probabilità di intercettare acque subsuperficiali di falda legate alla circolazione di alimentazione della Sorgente di Funtana Coloris. L'alimentazione di tale sorgente è strettamente legata all'area mineraria sovrastante; non si esclude infatti che la direzione di deflusso sia orientata in direzione E-W e che per via della giacitura delle dolomie e del banco argilloso che delimita le stesse (affiorante nell'area mineraria) le acque delle sorgenti della zona di Funatna Coloris derivino dal flusso profondo proveniente dall'area mineraria.

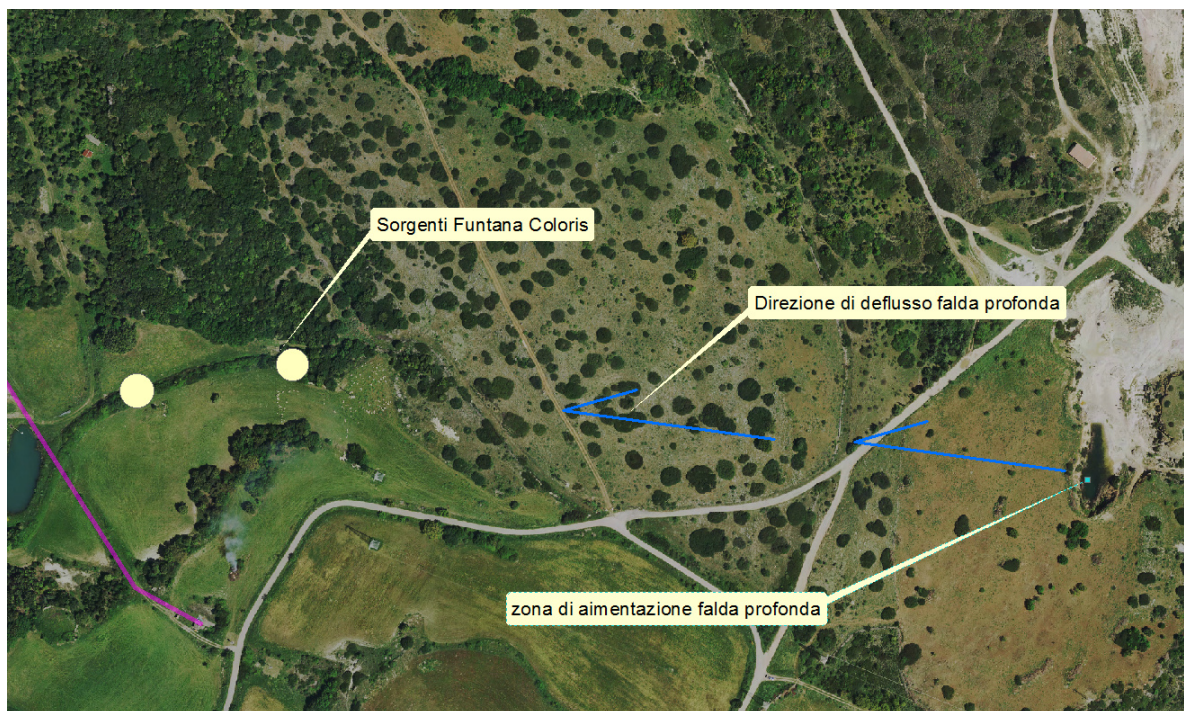


Figure 31: interconnessione tra sorgenti di Funtana Coloris e area mineraria

INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Nell'ambito delle fasi propedeutiche alla progettazione definitiva relativa all'intervento *L88- Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili – Is Barroccus*, sono state effettuate alcune indagini geologiche e di caratterizzazione. Il piano particolareggiato di indagine previsto nella relazione geologica e geotecnica preliminare evidenziava la necessità di procedere ad approfondimenti geognostici, pur considerando che parte degli affioramenti rocciosi sono particolarmente visibili e che si hanno a disposizione parte dei parametri derivanti da indagini eseguite nel settore. Il progetto preliminare si riferiva a due ambiti di intervento principali (Impianto ponte Maxia) e quindi le indagini erano state suddivise in funzione della localizzazione degli interventi previsti a livello preliminare. Il presente progetto prevede invece solo un ambito di intervento.

- Nell'area in argomento sono state effettuate
- Indagine georadar
- Prelievo di n. 4 campioni per la caratterizzazione chimica delle terre. Considerato che la condotta si sviluppa subsuperficialmente e che il tracciato è quasi interamente ricoperto da massi ciclopici e pietrame di piccole dimensioni è stata variata l'ipotesi di scavo dei pozzetti geognostici in quanto non eseguibile per profondità di scavo sino al limite della condotta. In sostituzione sono stati effettuati 4 prelievi (due superficiali sui riporti rocciosi) e due mediante trivella a mano.
- analisi chimiche sulle terre su n. 4 campioni lungo il tracciato della condotta

Per ciò che concerne l'analisi condotta con il georadar si evidenzia che i punti di indagine sono stati nel complesso 24, identificati secondo le seguenti coordinate Gauss Boaga e come meglio rappresentati anche sinteticamente nella foto aerea di Google Earth.

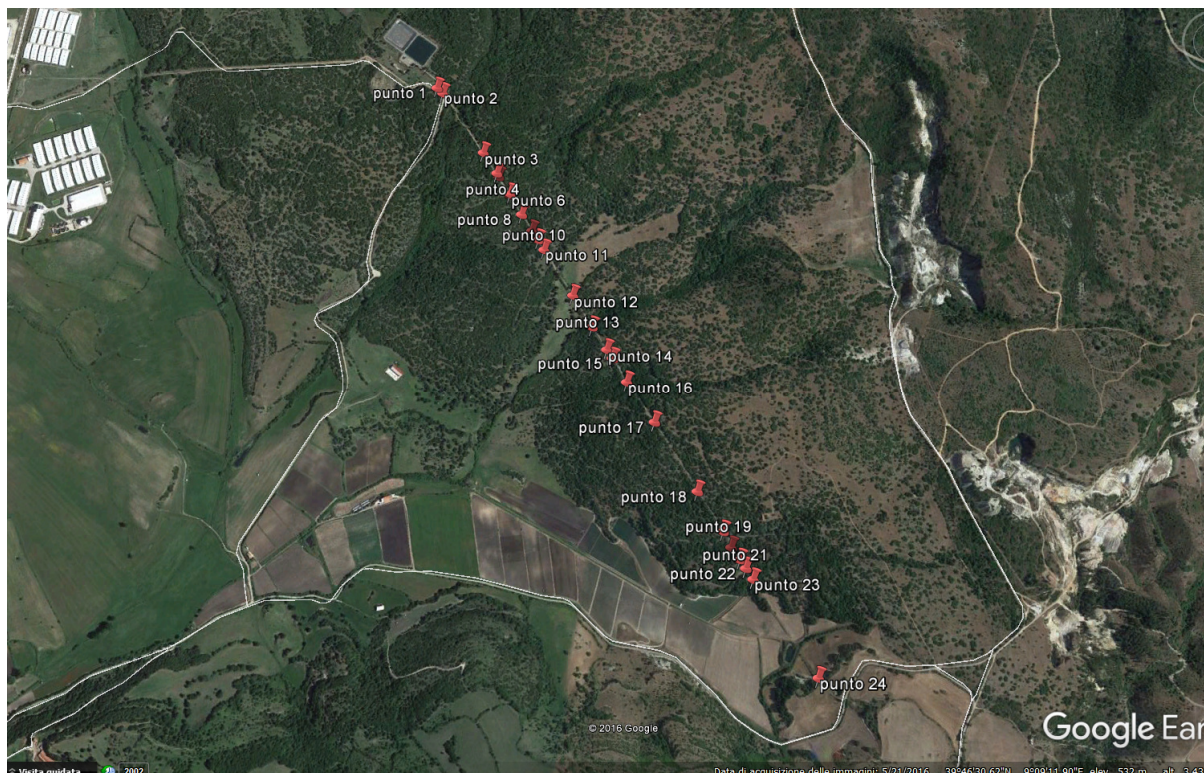


Figure 32: localizzazione punti indagine georadar

Punto sezione	Coordinata X	Coordinata Y
Punto 1	1512628.30	4403674.49
Punto 2	1512649.72	4403663.43
Punto 3	1512763.04	4403490.92
Punto 4	1512799.95	4403436.15
Punto 5	1512809.40	4403420.63
Punto 6	1512842.88	4403374.07
Punto 7	1512842.02	4403371.85
Punto 8	1512873.80	4403316.40
Punto 9	1512903.85	4403269.84
Punto 10	1512921.02	4403244.34
Punto 11	1512936.48	4403215.51
Punto 12	1513018.91	4403089.12
Punto 13	1513078.12	4403014.86
Punto 14	1513115.07	4402945.00
Punto 15	1513127.98	4402903.96
Punto 16	1513166.61	4402852.97
Punto 17	1513240.46	4402737.67
Punto 18	1513356.39	4402555.84
Punto 19	1513420.81	4402450.52
Punto 20	1513445.71	4402410.61
Punto 21	1513468.90	4402377.35
Punto 22	1513482.64	4402356.29
Punto 23	1513504.10	4402325.25
Punto 24	1513661.29	4402071.36

Dall'analisi specifica si osserva che la localizzazione delle sezioni è stata condizionata fortemente dalla presenza degli accumuli dei blocchi rocciosi posati sul tracciato e dalla presenza di recinzioni che di fatto hanno inglobato in proprietà privata la condotta. La risposta del segnale è stata inoltre condizionata fortemente dalla linea elettrica di alta tensione e localmente dai tralicci della linea di media tensione che scorre parallelamente alla condotta. Per i commenti specifici si rimanda all'apposita sezione della presente

Per ciò che concerne i prelievi per le caratterizzazioni chimiche, così come già specificato, sono stati effettuati in totale 4 prelievi nei punti così individuati:

Punto sezione	Coordinata X	Coordinata Y
Campione C1	1513591,31	4402176,52
Campione C2	1512741,21	4403523,36
Campione C3	1513016,20	4403086,65
Campione C4	1513307,96	4402628,15

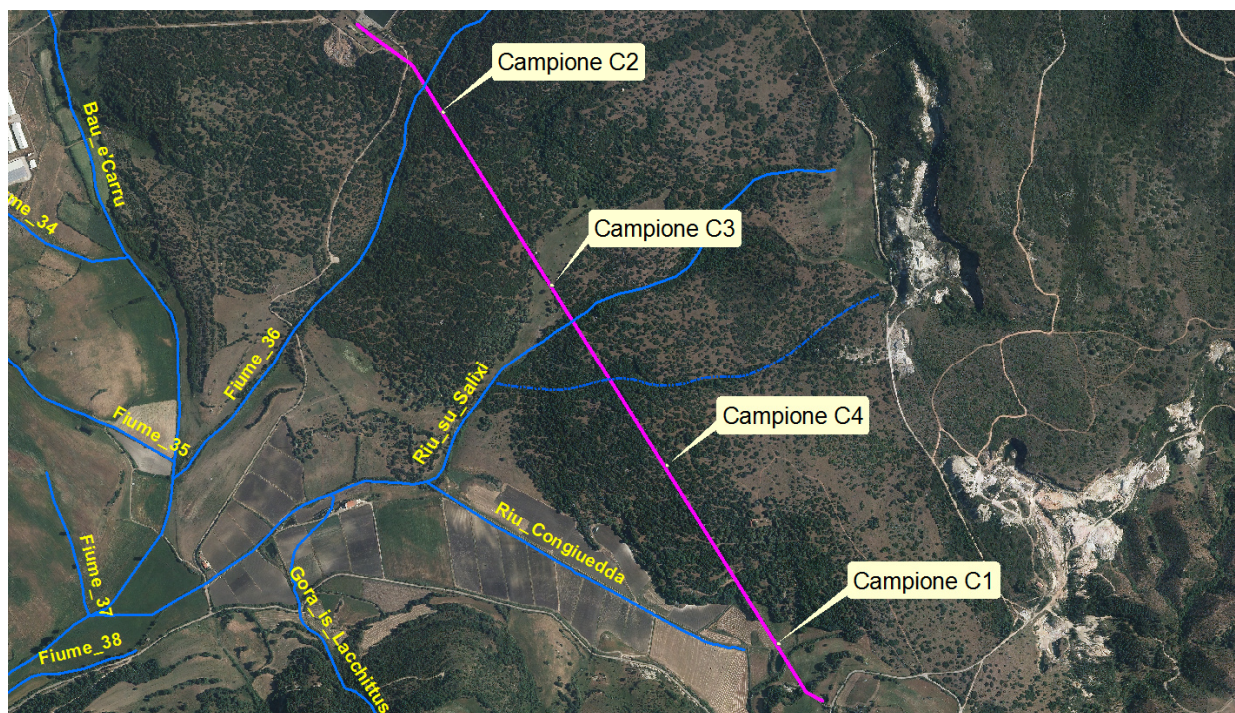


Figure 33: localizzazione dei prelievi eseguiti per la caratterizzazione chimica

L'indagine georadar è stata effettuata lungo il tracciato eseguendo n. 24 sezioni trasversali la cui ubicazione è stata influenzata notevolmente dalle condizioni locali di rilievo. Il georadar è stato attrezzato con una configurazione di acquisizione che prevede l'utilizzo simultaneo di 3 canali:

- Antenna Trasmittente/Ricevente da 600 MHz;
- Antenna Trasmittente/Ricevente da 200 MHz;
- Antenna Trasmittente da 600 MHz e Ricevente 200 MHz (Cross Polare).

Tale configurazione consente di eseguire indagini che dalle frequenze maggiori a quelle inferiori consentono di raggiungere, in condizioni ottimali, maggiori profondità a scapito di una capacità risolutiva del segnale inferiore. Prima dell'inizio dei lavori è stata eseguita una taratura dello strumento in apposito pozzetto esistente.

Nel caso specifico ci sono state quindi numerose difficoltà legate alle interferenze connesse all'acquisizione e dovute alla presenza:

- Materiale di ricoprimento della condotta a grossi blocchi e grossolano di ricoprimento (in tutti i tratti di intervallo tra i punti 1 e 23)
- Presenza di vegetazione arbustiva
- Recinzioni che hanno inglobato la traccia della condotta (tra il punto 11 e il punto 13)
- Interferenze elettriche della linea di media tensione in corrispondenza dei tralicci ubicati lungo il percorso e alla linea di alta tensione nel tratto compreso tra il punto 23 e il punto 24
- Presenza di un cavidotto quasi sovrastante la traccia della condotta

Specie laddove sono state rilevate interferenze elettromagnetiche, pur avendo eseguito più sezioni, non sono stati rilevati dati come ad esempio nel tratto tra il punto 23 e il punto 24.





Figure 34: esecuzione delle misurazioni con il georadar

Di seguito le relative profondità di acquisizione con riferimento ai punti di rilievo e riferita alla generatrice superiore del tubo

<i>Punto sezione</i>	<i>Coordinata X</i>	<i>Coordinata Y</i>	<i>Profondità (m)</i>
Punto 1	1512628.30	4403674.49	0.62
Punto 2	1512649.72	4403663.43	0.65
Punto 3	1512763.04	4403490.92	0.63
Punto 4	1512799.95	4403436.15	0.60
Punto 5	1512809.40	4403420.63	0.83
Punto 6	1512842.88	4403374.07	0.83
Punto 7	1512842.02	4403371.85	0.58
Punto 8	1512873.80	4403316.40	0.78
Punto 9	1512903.85	4403269.84	0.53
Punto 10	1512921.02	4403244.34	0.68
Punto 11	1512936.48	4403215.51	1.00
Punto 12	1513018.91	4403089.12	0.94
Punto 13	1513078.12	4403014.86	1.02
Punto 14	1513115.07	4402945.00	1.03
Punto 15	1513127.98	4402903.96	1.13
Punto 16	1513166.61	4402852.97	0.80
Punto 17	1513240.46	4402737.67	0.85
Punto 18	1513356.39	4402555.84	0.64
Punto 19	1513420.81	4402450.52	0.94
Punto 20	1513445.71	4402410.61	0.66
Punto 21	1513468.90	4402377.35	0.66
Punto 22	1513482.64	4402356.29	0.59
Punto 23	1513504.10	4402325.25	0.64
Punto 24	1513661.29	4402071.36	0.44

L'indagine ha consentito di rilevare l'andamento della condotta definendone la relativa profondità di rinvenimento. Si rimanda al profilo longitudinale presente per una valutazione delle relative previsioni con l'intersezione delle sezioni del georadar.

Nel tratto della condotta rilevata con il georadar, considerato che si dovrà procedere alla realizzazione di opere di scavo in roccia e alla rimozione dei materiali che di fatto costituiscono la copertura della condotta, rappresentato prevalentemente da pietrame in blocchi anche ciclopici di calcare e calcare dolomitico, è stata eseguita una preventiva caratterizzazione chimico fisica atta a valutare le possibilità di riutilizzo delle terre e rocce da scavo. Ai fini della caratterizzazione chimica, sono state effettuate nel complesso 4 analisi secondo il prospetto riportato nell'inquadramento topografico.

La norma cogente assunta come riferimento è l'art. 24 comma 1 e l'All. 4 del D.P.R. n. 120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 D.L. n. 133/2012 e s.m.i.". Poiché tale norma non stabilisce numero e distribuzione dei campioni da analizzare, ci si è riferiti alle indicazioni dell'All. 2 del suddetto decreto relative ad infrastrutture lineare, individuando un punto di campionamento ogni 500 metri circa.

I campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali sono stati prelevati come campioni compositi in relazione alla tipologia ed agli orizzonti individuati.





Figure 35: campioni prelevati

A seguito del prelievo sono stati omogeneizzati in situ, tramite quartatura, privato dei materiali estranei (radici, vegetazione spontanea etc.); la frazione maggiore di 2 cm (setacciatura), è stata scartata in laboratorio (Prochem snc con sede in Ploaghe) con l'ausilio di apposito vaglio.

Le analisi effettuate sui terreni e sui riporti rocciosi, sono state condotte traguardando i limiti di riferimento per i riporti, suolo e sottosuolo, riportati nella parte Quarta, titolo V, allegato 5, tab. 1 colonna B del D.Lgs 152/06. Il set di parametri analitici da ricercare è stato comunque definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera. I parametri considerati sono stati i seguenti: *Residuo fisso a 110°C e a 550°C / Arsenico / Cadmio / Cobalto / Cromo totale / Cromo VI / Mercurio / Nichel / Piombo / Rame / Zinco / Idrocarburi C>12 / BTEX / Solfati / Cloruri*

Gli IPA e l'amianto non sono stati definiti (il regime di riferimento all'atto dell'indagine era il DM 161/2012) in quanto l'area di scavo non è posta ad una distanza inferiore ai 20 m dalla viabilità. I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le

Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A Tabella 1 allegato 5, al titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i. I certificati sono riportati in allegato. Non si rilevano superamenti delle C.S.C.



PROCHEM

Prochem snc
Via Roma 20 - 07017 PLOAGHE (SS)
Tel: 079 447033 - Fax: 079 448844

Analisi terra e rocce da scavo			
(Certificato valido ai sensi del R.D. 842/28)			
Certificato n°	090/17	Data:	12 aprile 2017
Campione di:	Terreno da scavo C1 da 0-1metro		
Proveniente da:	Condotta idrica Is Pillus		
Richiedente:	Dott. Geol. Antonello Frau Via Aldo Moro n° 43 - 08030 Nurallao (CA)		
Data campionamento:	06 aprile 2017		
Campionamento effettuato da:	il richiedente		
Recapitato in laboratorio da:	Idem		
Caratteristiche del materiale:	Il campione è costituito da materiale derivante da indagine geologica.		
Rif. Legislativo:	LEGGE 9 agosto 2013, n. 98 (art.41 bis) - DM 161 del 10.08.2012 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali". D.lgs. 152/06 (art. 184 bis)		

Parametri ①	Unità di misura	Campione ¹	Valori Limite ²	Metodo analitico	L. di rilevabilità sulla frazione < 2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	80,6	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	76,5	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	18,64	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,46	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	4,87	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	17,23	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	< 0,5	2	IRSA Q64	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	17,24	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	18,88	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	6,64	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	37,65	150	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Idrocarburi C>12	mg/kg	< 0,5	50	EPA 420.1	< 0,5 mg/kg ss.
BTEX	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 420.1	< 0,1 mg/kg ss.
IPA	mg/Kg	n.d.*	10	EPA TR	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0.01 %
Solfati	mg/kg	352,7	-----	CNR-IRSA 3090	-----
Cloruri	mg/kg	431,7	-----	CNR-IRSA 3120	-----

① Tutte le determinazioni sono riferite alla sostanza secca

② Tab. 1A, Parte IV, All. 5, D.Lgs. 152/2006

I parametri IPA e Amianto non sono stati determinati, (*) poiché sono state verificate le condizioni riportate nel DM 161 del 10.08.2012 da eseguirsi nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

COMMENTO: Sulla base della provenienza del campione e delle analisi effettuate con riferimento alle disposizioni di cui all'allegato 4 al D.M. 161/2012 e dal confronto con i valori soglia di contaminazione nel suolo di cui alla Tabella 1, colonna A, All. 5, parte IV al D.lgs. 152/06 il materiale in questione può essere destinato all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava poiché la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A Tabella 1 Allegato 5 alla Parte IV del D.lgs. 152/06, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione.

Il dottore Chimico iscritto all'Albo
Ordine di Sassari al n.66 - Giuseppe Cabizza





PROCHEM

Prochem snc
Via Roma 20 - 07017 PLOAGHE (SS)
Tel: 079 447033 - Fax: 079 448844

Analisi terra e rocce da scavo			
(Certificato valido ai sensi del R.D. 842/28)			
Certificato n°	091/17	Data:	12 aprile 2017
Campione di:	Terra cumulo C2		
Proveniente da:	Loc. Perd e Quaddus – Isili (CA)		
Richiedente:	Dott. Geol. Antonello Frau Via Aldo Moro n° 43 - 08030 Nurallao (CA)		
Data campionamento:	06 aprile 2017		
Campionamento effettuato da:	il richiedente		
Recapitato in laboratorio da:	Idem		
Caratteristiche del materiale:	Il campione è costituito da materiale derivante da indagine geologica.		
Rif. Legislativo:	LEGGE 9 agosto 2013, n. 98 (art.41 bis) - DM 161 del 10.08.2012 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali". D.lgs. 152/06 (art. 184 bis)		

Parametri ①	Unità di misura	Campione ¹	Valori Limite ²	Metodo analitico	L. di rilevabilità sulla frazione < 2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	99,2	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	98,3	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	9,96	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,40	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	3,17	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	3,73	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	< 0,5	2	IRSA Q64	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	9,95	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	3,96	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	5,59	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	29,65	150	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Idrocarburi C>12	mg/kg	< 0,5	50	EPA 420.1	< 0,5 mg/kg ss.
BTEX	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 420.1	< 0,1 mg/kg ss.
IPA	mg/Kg	n.d.*	10	EPA TR	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0.01 %
Solfati	mg/kg	352,7	-----	CNR-IRSA 3090	-----
Cloruri	mg/kg	431,7	-----	CNR-IRSA 3120	-----

① Tutte le determinazioni sono riferite alla sostanza secca

② Tab. 1A, Parte IV, All. 5, D.Lgs. 152/2006

I parametri IPA e Amianto non sono stati determinati, (*) poiché sono state verificate le condizioni riportate nel DM 161 del 10.08.2012 da eseguirsi nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

COMMENTO: Sulla base della provenienza del campione e delle analisi effettuate con riferimento alle disposizioni di cui all'allegato 4 al D.M. 161/2012 e dal confronto con i valori soglia di contaminazione nel suolo di cui alla Tabella 1, colonna A, All. 5, parte IV al D.lgs. 152/06 il materiale in questione può essere destinato all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava poiché la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A Tabella 1 Allegato 5 alla Parte IV del D.lgs. 152/06, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione.

Il dottore Chimico iscritto all'Albo
Ordine di Sassari al n.66 - Giuseppe Cabizza





PROCHEM

Prochem snc
Via Roma 20 - 07017 PLOAGHE (SS)
Tel: 079 447033 - Fax: 079 448844

Analisi terra e rocce da scavo			
(Certificato valido ai sensi del R.D. 842/28)			
Certificato n°	092/17	Data:	12 aprile 2017
Campione di:	Terra C3 da 0-1 metro		
Proveniente da:	Condotta idrica Is Pillus		
Richiedente:	Dott. Geol. Antonello Frau Via Aldo Moro n° 43 - 08030 Nurallao (CA)		
Data campionamento:	06 aprile 2017		
Campionamento effettuato da:	il richiedente		
Recapitato in laboratorio da:	Idem		
Caratteristiche del materiale:	Il campione è costituito da materiale derivante da indagine geologica.		
Rif. Legislativo:	LEGGE 9 agosto 2013, n. 98 (art.41 bis) - DM 161 del 10.08.2012 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali". D.lgs. 152/06 (art. 184 bis)		

Parametri ①	Unità di misura	Campione ¹	Valori Limite ²	Metodo analitico	L. di rilevabilità sulla frazione < 2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	82,0	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	79,5	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	17,28	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,54	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	7,78	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	34,93	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	< 0,5	2	IRSA Q64	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	20,76	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	20,52	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	6,33	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	56,35	150	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Idrocarburi C>12	mg/kg	< 0,5	50	EPA 420.1	< 0,5 mg/kg ss.
BTEX	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 420.1	< 0,1 mg/kg ss.
IPA	mg/Kg	n.d.*	10	EPA TR	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0.01 %
Solfati	mg/kg	165,5	-----	CNR-IRSA 3090	-----
Cloruri	mg/kg	209,4	-----	CNR-IRSA 3120	-----

① Tutte le determinazioni sono riferite alla sostanza secca

② Tab. 1A, Parte IV, All. 5, D.Lgs. 152/2006

I parametri IPA e Amianto non sono stati determinati, (*) poiché sono state verificate le condizioni riportate nel DM 161 del 10.08.2012 da eseguirsi nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

COMMENTO: Sulla base della provenienza del campione e delle analisi effettuate con riferimento alle disposizioni di cui all'allegato 4 al D.M. 161/2012 e dal confronto con i valori soglia di contaminazione nel suolo di cui alla Tabella 1, colonna A, All. 5, parte IV al D.lgs. 152/06 il materiale in questione può essere destinato all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava poiché la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A Tabella 1 Allegato 5 alla Parte IV del D.lgs. 152/06, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione.

Il dottore Chimico iscritto all'Albo
Ordine di Sassari al n.66 - Giuseppe Cabizza





PROCHEM

Prochem snc
Via Roma 20 - 07017 PLOAGHE (SS)
Tel: 079 447033 - Fax: 079 448844

Analisi terra e rocce da scavo		
(Certificato valido ai sensi del R.D. 842/28)		
Certificato n°	093/17	Data: 12 aprile 2017
Campione di:	Rocce C4	
Proveniente da:	Condotta idrica Is Pillus	
Richiedente:	Dott. Geol. Antonello Frau Via Aldo Moro n° 43 - 08030 Nurallao (CA)	
Data campionamento:	06 aprile 2017	
Campionamento effettuato da:	il richiedente	
Recapitato in laboratorio da:	Idem	
Caratteristiche del materiale:	Il campione è costituito da materiale derivante da indagine geologica.	
Rif. Legislativo:	LEGGE 9 agosto 2013, n. 98 (art.41 bis) - DM 161 del 10.08.2012 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali". D.lgs. 152/06 (art. 184 bis)	

Parametri ①	Unità di misura	Campione¹	Valori Limite²	Metodo analitico	L. di rilevabilità sulla frazione < 2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	97,5	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	94,3	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	6,58	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,15	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	2,47	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	3,50	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	< 0,5	2	IRSA Q64	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	5,66	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	7,24	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	4,39	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	39,05	150	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Idrocarburi C>12	mg/kg	< 0,5	50	EPA 420.1	< 0,5 mg/kg ss.
BTEX	mg/Kg	< 0,1	1	EPA 420.1	< 0,1 mg/kg ss.
IPA	mg/Kg	n.d.*	10	EPA TR	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0.01 %
Solfati	mg/kg	198,8	-----	CNR-IRSA 3090	-----
Cloruri	mg/kg	238,3	-----	CNR-IRSA 3120	-----

① Tutte le determinazioni sono riferite alla sostanza secca

② Tab. 1A, Parte IV, All. 5, D.Lgs. 152/2006

I parametri IPA e Amianto non sono stati determinati, (*) poiché sono state verificate le condizioni riportate nel DM 161 del 10.08.2012 da eseguirsi nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

COMMENTO: Sulla base della provenienza del campione e delle analisi effettuate con riferimento alle disposizioni di cui all'allegato 4 al D.M. 161/2012 e dal confronto con i valori soglia di contaminazione nel suolo di cui alla Tabella 1, colonna A, All. 5, parte IV al D.lgs. 152/06 il materiale in questione può essere destinato all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava poiché la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A Tabella 1 Allegato 5 alla Parte IV del D.lgs. 152/06, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione.

Il dottore Chimico iscritto all'Albo
Ordine di Sassari al n.66 - Giuseppe Cabizza



Studio Chimico Professionale dei dottori Cabizza Giuseppe P.IVA e C.F. 01456920907 Tribunale di Sassari n. 7340 CCIAA n. 0095493.
Qualificato dal Ministero Sanità per i metodi MOCF e FT-IR sull'amianto ed è certificato ISO 9001-2008 QualityItalia n.31 QMS2015 del 22.04.2015 EAC35 (Laboratori).

PARAMETRI DI RIFERIMENTO PER IL MODELLO GEOTECNICO

Per il settore in questione sono state eseguite alcune verifiche geomeccaniche al fine di parametrizzare l'ammasso roccioso su cui si svilupperanno le opere di fondazione dei pozzetti. Sulle dolomie della Formazione di Dorgali nel tratto affiorante posto in corrispondenza del Rio Girdiera, è stata eseguita una valutazione geomeccanica con i seguenti Parametri di ingresso:

PARAMETRI	VALORI
R1 - resistenza a compressione uniassiale	100,00 MPa
R2 - R.Q.D.	80,0 %
R3 - spaziatura delle discontinuità	0.6 m
R4a - lunghezza discontinuità	3-10 m
R4b - apertura discontinuità	0,1 - 1.0 mm
R4c - rugosità	Leggermente Rugosa
R4d - riempimento	<5 mm mater. tenero
R4e - alterazione	Leggermente alterata
R5 - condizioni idrauliche	Asciutto
R6 - orientamento discontinuità (fondazione)	Molto Favorevole
Alterabilità della massa rocciosa	Alta resistenza all'alterazione

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

	BASE	CORRETTO
RMR	65,3	65,3
Classe	II	II
Descrizione	Buono	Buono
ϕ (°)	37.6	37.6
c (KPa)	326.46	326.46
Ed (GPa)	30.58	30.58
Q index	10.652	10.652
RSR index	60.16	60.16

Con l'applicazione del criterio di rottura di Hoek-Brown con i seguenti dati iniziali riportati nella tabella sottostante

PARAMETRI	VALORE
σ_c - resistenza compressione uniassiale	100 MPa
σ_n - sforzo normale	0 MPa
Costante m	3.5
Costante s	0.1
Costante A	0.651
Costante B	0.679

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

PARAMETRO	VALORE
C (KPa)	5.791,36
ϕ (°)	54.2
τ (KPa)	5.791,36

Il valore del peso specifico delle dolomie può essere assunto pari a 2,3 T/m³ valore tipico delle dolomie cariate.

Per ciò che concerne la Formazione di Nurallao (Arenarie di Serra Longa) o la Formazione delle Marne di Gesturi si stimano i seguenti parametri derivati da analisi eseguite sulle medesime formazioni nell'ambito di progettazioni eseguite in ambiti stratigrafici omogenei.

Per le Arenarie di Serra Longa il range dei valori di coesione è valutabile intorno ai 40-50 Kpa con valori di angolo di attrito di 35-40° - P.S. 2.0 t/mc. Tali dati sono quelli che si dovranno applicare nel tratto iniziale della condotta sino alla sezione 20 circa.

Per i materiali colluviali, qualora gli stessi costituiscano il substrato di fondazione delle opere (tratto compreso tra le sezioni 13-16), possono essere utilizzati in via preliminare i seguenti valori: coesione 20-25 Kpa – angolo di attrito 23°-25° - P.S. 1.7-1.8 T/mc

INDICAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI SCAVI, CAVE - DISCARICHE

In relazione alle modalità costruttive delle opere previste si evidenzia che qualsiasi intervento dovrà necessariamente comportare l'esecuzione di scavi più o meno profondi.

Lo scavo di eventuali trincee, per le opere di fondazione o per la posa di reti di sottoservizio, per profondità inferiore ad 1,0 metro sarà comunque parzialmente svolto, con la massima probabilità, su terreni di riporto o orizzonti terrosi a diversa consistenza ma nei quali non si verifica la necessità (tranne rari casi) di utilizzo di opere di sostegno delle pareti.

Tutti gli approfondimenti necessitano naturalmente di un allargamento dello scavo, ma con ogni probabilità gli stessi interesseranno l'ammasso roccioso. Solo nei casi in cui il medesimo allargamento prosegua su terra (ad esempio colluvi), potrebbe rendersi necessario il sostegno della parete di scavo. Soltanto nei casi in cui l'inclinazione delle pareti è tale da garantire la stabilità delle stesse per aderenza del terreno anche in caso di pioggia lo scavo può essere eseguito senza sbadacchiature.

Il materiale dello scavo, specie per quello che potrà essere recuperato, potrà essere accumulato lungo il bordo dello scavo almeno ad una distanza pari alla metà della profondità. Eventuali materiali inquinanti o comunque non classificabili come terre e rocce da scavo dovranno essere conferiti a discarica autorizzata. Per le terre e rocce da scavo potrà essere seguita la procedura prevista dal D.P.R. 120/2017, producendo le apposite autocertificazioni e caratterizzazione dei materiali (già effettuate in sede progettuale del presente lavoro).

La larghezza degli scavi deve in ogni caso consentire l'esecuzione dei lavori in condizioni di massima sicurezza e in osservazione di tutte le norme vigenti in materia. Si evidenzia a tal fine che l'apertura di uno scavo altera sempre la pendenza naturale delle scarpate creando i presupposti per pericolosi incrementi degli sforzi di taglio, i quali possono condurre alla creazione di superfici di rottura e quindi al collasso dello scavo. La scelta delle pendenze di sicurezza da assegnare al profilo degli scavi dipende dalla resistenza al taglio del terreno, dall'altezza dello scavo e dalle condizioni di circolazione delle acque sotterranee.

Si riporta di seguito un grafico ricavato dalla letteratura e frutto dell'esperienza acquisita sul comportamento dei pendii in vari tipi di terreno. Considerando che il

tracciato della condotta del lotto 1 interessa quasi interamente litologie coesive e rocciose, si stima che le pendenze da assegnare allo scavo, con verifica a breve termine, possano essere valutare, per profondità di circa 2 metri, al massimo in 1/4.

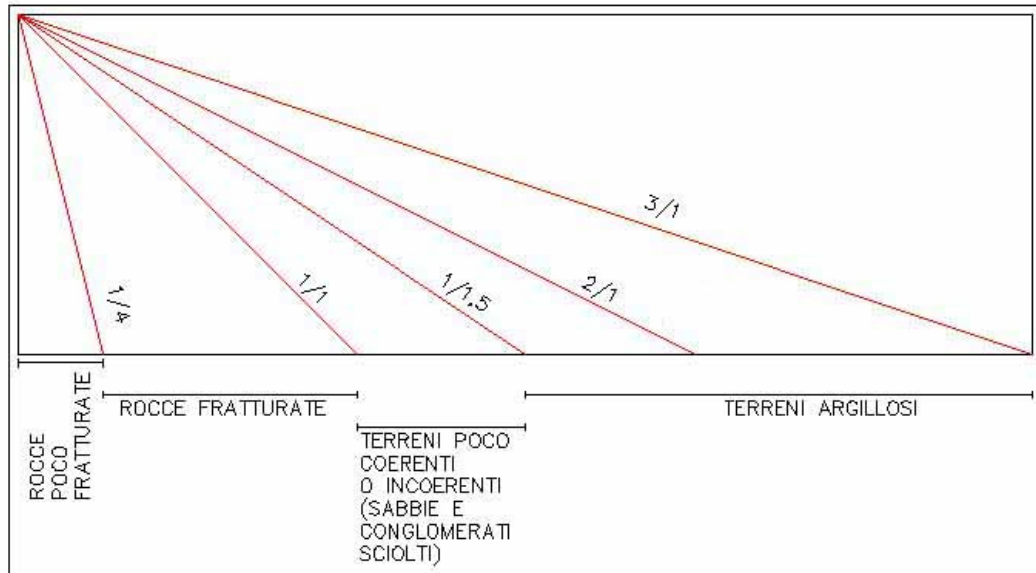


Figura 1: inclinazione delle scarpate in funzione delle condizioni litologiche

Per ciò che concerne lo scavo da realizzare si osserva che è previsto il rifacimento in sostituzione della vecchia condotta. Ciò comporta uno scavo dapprima su materiali di riporto ma successivamente, per effetto dell'approfondimento e allargamento del piano di posa, si ha la completa e totale intercettazione delle litologie rocciose di natura dolomitica.

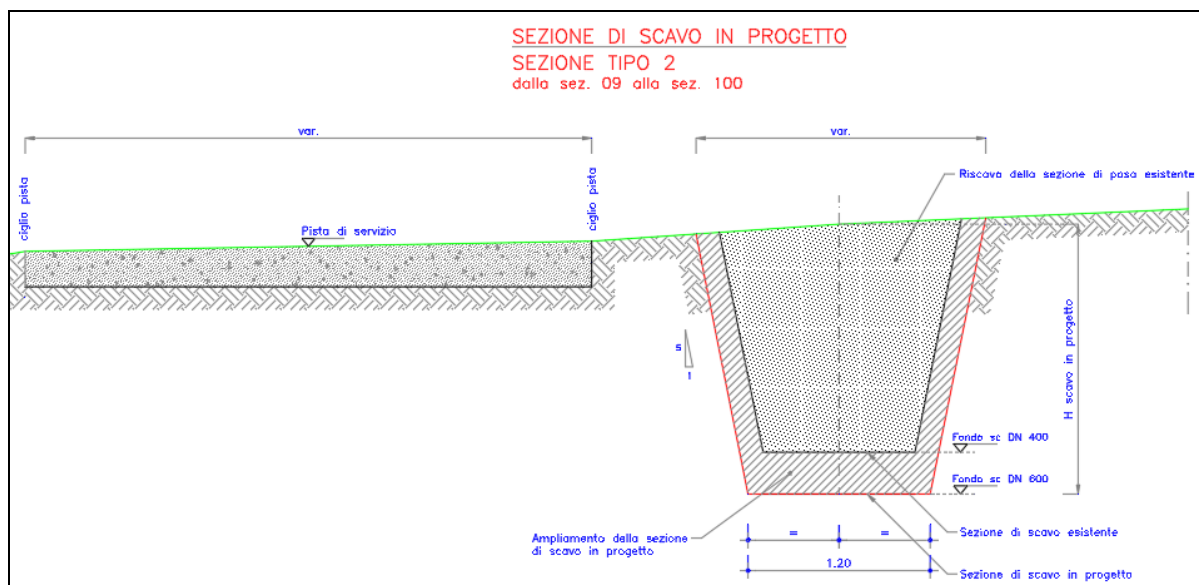
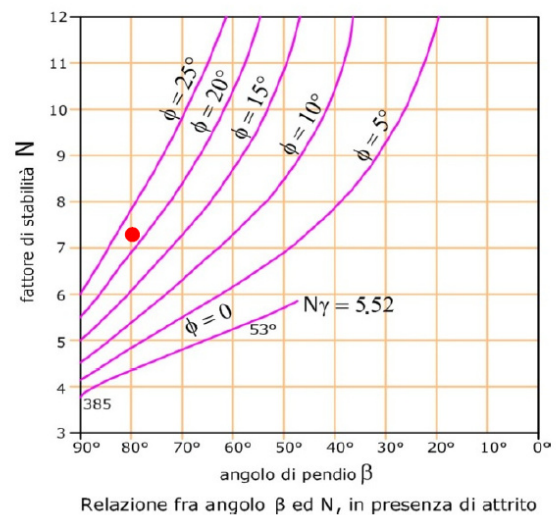
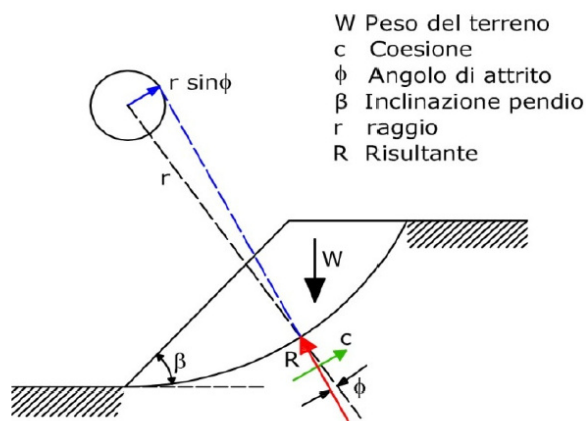


Figure 36: sezione di scavo

Solamente il tratto iniziale a partire dalla galleria di Is Pillus, per una lunghezza di circa 300 metri, interesserà dapprima i materiali di riporto (ricoprimento della condotta esistente) e successivamente sabbie ed arenarie delle formazioni terziarie con locali livelli biocalcarenitici. Nel complesso lo scavo previsto (ampliamento ed abbassamento dell'esistente) per il restante tratto, fatta eccezione per i materiali di copertura superficiali della condotta esistente, è quindi quasi interamente in roccia dura e compatta per la quale è indispensabile l'uso del martellone. Ai fini della verifica di stabilità si riportano di seguito le seguenti indicazioni. Nel tratto compreso tra le sezioni 13-16 e nei quali si riscontra in prevalenza la presenza di terreni costituiti da materiali colluviali, sulla base dei parametri geotecnici indicati nella presente, si ritiene che possa essere utilizzata una verifica semplificata con il metodo di Taylor per litologie omogenee caratterizzate da coesione e attrito. Assumendo una profondità di scavo massima di 2,50 metri, un angolo di pendio dello scavo posto pari al massimo ad 80°, si ottiene un'altezza critica di 10,30 metri con un FS di 4,12.

H =	2,50	[m]		
γ =	1,80	[t/m ³]	β =	80,0 [° gradi]
c =	2,54	[t/m ²]	N =	7,30



H =	altezza del fronte di scavo
γ =	peso di volume dello scavo
c =	coesione
β =	inclinazione del pendio
N =	fattore di stabilità
Hc =	altezza critica
FS =	fattore di sicurezza

$$FS = \frac{Hc}{H} = N \cdot \frac{c}{\gamma \cdot H}$$

$$Hc = N\gamma \cdot \frac{c}{\gamma}$$

Hc = 10,30 [m]

FS = 4,12

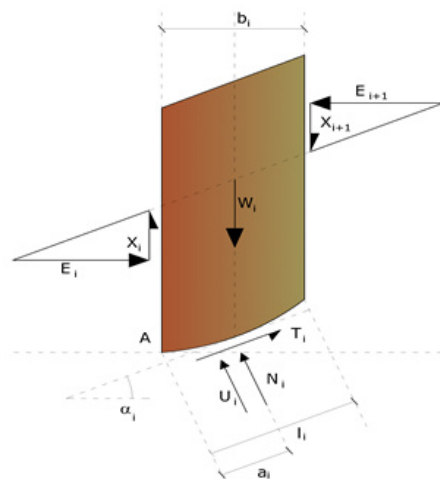
Per il tratto in cui la condotta intercetta la Formazione di Nurallao o La Formazione delle marne di Gesturi, utilizzando i parametri geotecnici riportati nella presente, si effettua la verifica con il metodo di Bishop utilizzando sempre una parete di scavo con angolo di circa 80°.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11,66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	15,63 m
Ordinata vertice destro superiore ys	11,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	10,0	7,5
2	15,0	7,5
3	15,2	7,5
4	16,3	7,5
5	16,5	10,0
6	19,0	10,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;
K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (t/m ³)	Litologia
1	0.5	35	2.0	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7,31
Ascissa centro superficie	15,63 m
Ordinata centro superficie	10,24 m
Raggio superficie	3,07 m

(ID=104) xc = 15,629 yc = 10,242 Rc = 3,066 Fs=7,31

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,44	-22,1	0,48	88,44	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	237,3	349,5
2	0,44	-13,4	0,46	213,32	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	300,0	339,9
3	0,44	-5,0	0,44	276,33	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	306,3	333,2
4	0,44	3,3	0,44	281,81	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	263,1	328,5
5	0,47	12,0	0,48	241,88	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	173,8	345,8
6	0,41	20,6	0,44	2179,29	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	2137,5	507,8
7	0,44	29,5	0,51	2149,38	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	2156,3	554,6
8	0,44	39,7	0,58	1880,4	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	1961,2	581,4
9	0,44	51,8	0,72	1483,16	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	1583,3	641,1
10	0,44	72,0	1,43	819,06	0,0	0,0	0,5	35,0	0,0	-278,3	951,9

Nel caso dello scavo in roccia appare superfluo qualsiasi verifica di stabilità in quanto la valutazione a seguito della classificazione geomeccanica eseguita si riscontra un ammasso roccioso con caratteristiche qualitative buone e nel complesso con elevati valori dell'angolo di attrito e della coesione.

Per ciò che concerne l'approvvigionamento di materie prime si segnala che le cave regolarmente autorizzate più vicine che consentono la fornitura di sabbie e di un misto cava, sono localizzate entro la distanza di 20 km dal sito in questione (agro di Gesturi). La discarica o impianto di trattamento in procedura semplificata, più vicina, è invece localizzata in agro di Mandas. Complessivamente si stima che il volume di scavo in roccia sia pari a circa l'80-85% del nuovo volume totale (ampliamento ed abbassamento).

CONSIDERAZIONI SUGLI EVENTUALI MECCANISMI DI CORROSIONE DELLE CONDOTTE / TUBAZIONI

Considerata la tipologia dell'opera in progetto si ritiene necessario esplicitare alcune considerazioni in relazione agli eventuali meccanismi di corrosione delle condotte/tubazioni. Nel paragrafo relativo all'inquadramento geomorfologico e in particolare nelle considerazioni relative alla geopedologia, sono state riportate alcune considerazioni relative agli spessori degli orizzonti pedologici e alle caratteristiche dei suoli. Si è anche detto che lo spessore degli stessi è in genere molto variabile e talvolta profondo anche se non si esclude che in funzione delle condizioni di alterazione del substrato, possano essere presenti spessori maggiori.

Considerando pertanto le relazioni tra gli spessori anzidetti e le profondità di scavo previste, non si esclude che possano manifestarsi interazioni tra terreni e condotte/tubazioni per le quali si ritiene doveroso riportare alcune considerazioni in merito ai meccanismi di corrosione.

In relazione alla corrosione elettrochimica si osserva che solo nei tratti in cui si intercetta la falda è possibile possano manifestarsi potenziali fenomeni di corrosione (anche per effetto della possibilità di aumento dei solfati in concentrazione delle acque superficiali e subsuperficiali che si originano nell'area mineraria). La possibilità che comunque possano variare le condizioni pedologiche lungo il tracciato sono minime e solo nel tratto iniziale tra la sezione 0 e 20 possono manifestarsi possibilità di formazione di macropile di aerazione differenziale ossia di pile geologiche. Si ritiene estremamente bassa o nulla la possibilità che possano manifestarsi fenomeni di corrosione microbiologica per l'assenza di ambienti anaerobici. Lo spessore dei suoli è inoltre minimo o nullo e quindi i fattori fisici di corrosione sono ridotti al minimo. La resistività delle rocce dolomitiche è nel complesso medio elevata, il pH è in genere di tipo basico e pertanto anche la corrosione elettrochimica si ritiene bassa.

Considerato che il progetto in questione prevede la posa di tubazioni in ghisa (aventi rivestimento esterno in lega zinco-alluminio da 400 gr/mq e strato di finitura) si ritiene che a tal fine possano essere relazionati i valori di resistività previsti da letteratura e da prove di resistività eseguite dal sottoscritto nell'ambito delle medesime rocce carboinatiche in occasione di lavori svolti. Nello specifico si osserva

che i valori di resistività richiamati per le dolomie e calcari dolomitici siano comunque maggiori di 500 Ω metro così come riportato nella seguente tabella esemplificativa.

ROCCE	RESISTIVITÀ (OHM X M)	ROCCE	RESISTIVITÀ (OHM X M)	ROCCE	RESISTIVITÀ (OHM X M)
acqua di mare	0,18 ÷ 0,24	sabbie e ghiaie imbibite di acqua salata	0,5 ÷ 5	cineriti e tufi vulcanici	10 ÷ 100
acqua di falda	10 ÷ 30	marne	20 ÷ 60	lave	300 ÷ 15.000
acqua di fiume	20 ÷ 60	calcari, dolomie	70 ÷ 10.000	gneiss e graniti alterati	100 ÷ 1.000
acqua di sorgente	50 ÷ 100	calcari marnosi	50 ÷ 300	gneiss e graniti integri	1.000 ÷ 10.000
sabbie e ghiaie asciutte	1000 ÷ 6.000	arenarie	30 ÷ 2000	basalti	2.000 ÷ 90.000
sabbie di acqua dolce e ghiaie imbibite	50 ÷ 500	arenarie quarzose	300 ÷ 10.000	gessi	4.000 ÷ 12.000
calcareniti	30 ÷ 1.000	argilla	1 ÷ 100	suolo di copertura	150 ÷ 900

Figure 37: sezione di scavo

Alcune indagini geoelettriche finalizzate al calcolo della resistività svolte su dolomie e calcari dolomitici del Tacco del Sarcidano, a cui è ascrivibile la Formazione in questione, sono risultate pari, per profondità comprese tra -1,50 e 3,50 metri dal p.c., a valori compresi tra 5300 e 7500.

Considerato che la norma UNI EN 545 sconsiglia l'utilizzo delle tubazioni in ghisa per valori di resistività inferiori a 500 Ω metro, si ritiene che l'utilizzo di tale tipologia possa essere giustificato anche sulla base dei valori di resistività delle rocce interessate.

INDICAZIONI OPERATIVE ED ACCESSORIE

In relazione alle modalità operative e di realizzazione dell'opera, a seguito della ricostruzione del modello geologico, si riportano di seguito, alcune considerazioni che potranno essere eventualmente di supporto sia per la ricostruzione del modello geotecnico e sia per la progettazione delle opere.

- Per la ricostruzione del modello geotecnico sono stati utilizzati i dati riportati nella ricostruzione del modello geologico di riferimento che vede sostanzialmente distinti, in tutti gli ambiti di riferimento, la presenza, in gran parte del tracciato della condotta, di rocce dolomitiche più o meno fessurate sormontate da deboli spessori di suolo nelle tasche della roccia. Solo nel primo tratto sino alla sezione 20, si riscontrano suoli maggiormente spessi e substrati sabbioso arenacei con deboli intercalazioni di biocalcareni. Gli spessori sono richiamati nelle sezioni e si suppone che, in funzione delle condizioni di appoggio delle opere in progetto, queste ultime, a seguito della rimozione dei riporti rocciosi esistenti, interesseranno quasi ovunque il substrato roccioso. L'ammorsamento delle opere dovrà quindi avvenire previa rimozione degli strati di riporto, sempre nel complesso roccioso dolomitico calcareo e, per ciò che concerne il tratto sino alla sezione 20, nel substrato arenaceo. Si ritiene che quindi, prescindendo dalle opportune considerazioni geotecniche debbano essere eliminati tutti i riporti ed eventuali rinvenimenti di terreni umidi e saturi o organici potenzialmente intercettabili unicamente in corrispondenza delle sezioni 13-16 ca.
- Dal punto di vista geomorfologico, nell'ambito delle aree di intervento prevalgono processi di ruscellamento diffuso e in corrispondenza delle aree di deflusso della rete idrografica, processi di natura fluviale. Non si rilevano problematiche di instabilità gravitativa o processi in atto o potenziali di natura geomorfologica tali da condizionare la realizzazione delle opere in progetto. Si rimanda alla trattazione geomorfologica per i dettagli attinenti ai singoli ambiti di realizzazione delle opere.
- Dal punto di vista idrogeologico le interazioni con la rete idrografica si verificano in corrispondenza della parte apicale della vallecchia del Rio Funtana Iri, del Rio Congiaduredda e del Rio Girdiera. La falda si ritiene che sia subsuperficiale nel

tratto prossimo alla sezione 13-14. Lo sbancamento da effettuare in tale settore può quindi interagire dal punto di vista idrogeologico.

- Gli interventi in progetto, per le loro modalità costruttive, comporteranno l'esecuzione di scavi più o meno profondi. Lo scavo dovrà essere condotto mantenendo sempre adeguate condizioni di sicurezza atte a garantire stabilità della parete. L'inclinazione della parete dovrà essere tale da garantire la stabilità delle stesse, per aderenza del terreno, anche in caso di pioggia. L'apertura di uno scavo altera sempre la pendenza naturale delle scarpate creando i presupposti per pericolosi incrementi degli sforzi di taglio, i quali possono condurre alla creazione di superfici di rottura e quindi al collasso dello scavo. La scelta delle pendenze di sicurezza da assegnare al profilo degli scavi dipende dalla resistenza al taglio del terreno, dall'altezza dello scavo e dalle condizioni di circolazione delle acque sotterranee che nel caso in questione fatta eccezione per il tratto già richiamato, sono per lo più assenti. In via generale e prudentiale, sui materiali rocciosi è possibile l'adozione di una inclinazione dello scavo pari o prossima a 75°.
- Per ciò che concerne le percentuali di scavo in terra /roccia, si precisa che la "scavabilità" è chiaramente funzione delle caratteristiche del substrato. Nel caso in questione lo scavo dovrà essere eseguito nello stesso ambito della condotta esistente effettuando unicamente un minimo ampliamento e abbassamento del piano attuale. Lo scavo dei riporti potrà quindi avvenire direttamente con benna mentre per le nuove sezioni di scavo e per gli ampliamenti sarà necessario l'uso del martellone. In via generale, sulla base di dati di letteratura, si associano solitamente le velocità delle onde sismiche di tipo P con quelle di scavo in termini di rippabilità (ad esempio con macchina operatrice di tipo caterpillar D7, D9) ed escavabilità con escavatore cingolato dotato di benna. Valori delle velocità sismiche prossime a 900 m/s rilevate in formazioni litoidi e/o arenizzate, possono essere associati a modalità di scavo con l'utilizzo dell'escavatore. Al di sopra e fino a velocità prossime a 1.400 m/s, si utilizza il martellone e in caso di valori superiori si passa all'esplosivo. Sulla base dei profili di scavo previsti nelle aree di realizzazione dello sbarramento e delle risultanze delle indagini, si ipotizza una percentuale di scavo in roccia che necessita dell'utilizzo del martellone stimabile in circa 80-85% del nuovo scavo totale previsto

(ampliamento e abbassamento). I dati indicati dovranno comunque essere validati e valutati in sede diretta esecutiva dei lavori e dovranno portare eventualmente all'immediato aggiornamento del modello geologico e geotecnico di riferimento. In definitiva, in relazione alle modalità di scavo si osserva che la parte sovrastante dei riporti, potranno essere asportate con il semplice utilizzo della benna. Per le rocce dolomitiche e calcaree e per le biocalcareni occorrerà fare ricorso al martello oleodinamico.

- Per il riutilizzo dei materiali di scavo, si osserva che le analisi chimiche effettuate hanno valori compatibili con eventuali riutilizzi in cantiere e al di fuori del medesimo.
- Per ciò che concerne il reperimento di eventuali materiali impiegabili ai fini della costruzione, si segnala che nelle zone circostanti sono presenti attività estrattive con una potenzialità sufficiente a coprire il fabbisogno dei materiali. Dall'analisi del Piano cave e dalle informazioni derivate in situ, possono essere individuate diverse cave in esercizio poste a distanza inferiore ai 20 Km dai siti di utilizzo. In relazione agli impianti di trattamento rifiuti, si segnala ugualmente la disponibilità di siti a distanza inferiore a 20 Km.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'ambito delle attività complementari alla progettazione definitiva-esecutiva per la realizzazione dei lavori di cui al progetto L88- Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili – Is Barroccus Condotta Is Pillus – Su Murtaxiu il sottoscritto Dott. Geol. Antonello Frau, geologo, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna al n. 291, ha provveduto a redigere la presente relazione geologica che definisce un appropriato modello geologico definitivo – esecutivo di riferimento per il progettista e per la realizzazione delle opere in progetto.

Nella presente sono stati presi in esame lo stato di fatto dei luoghi, e le principali caratteristiche geologiche, geologico-tecnico idrogeologiche e geomorfologiche della zona. Quindi, in conformità alle regole e norme tecniche stabilite dalle disposizioni vigenti in materia, è stata redatta questa relazione contenente le indicazioni circa gli interventi proposti, nonché la sintesi degli approfondimenti tecnici effettuati in rapporto all'entità, alla tipologia e categoria dei lavori da progettare.

Dal punto di vista geomorfologico si osserva che l'area in questione è interamente ubicata a valle del Tacco del Sarcidano, sul bordo della fossa sarda, in un dominio costituito quasi interamente da litologie di natura dolomitica della sequenza del Tacco del Sarcidano. Le forme del rilievo del settore considerato sono leggermente ondulate e in parte substrutturali dovute a superfici di spianamento. In particolare si osserva che il tracciato si snoda su una superficie carbonatica che degrada verso SW con pendenze in genere comprese tra il 20% e il 35%. La condotta esistente segue un tracciato in direzione NW-SE tra l'uscita della galleria di Is Pillus e le vasche di carico di Su Murtaxiu. L'andamento morfologico generale, parzialmente inclinato, è legato ad una superficie originaria di natura carbonatica ribassata tettonicamente lungo un allineamento parallelo alla condotta è leggermente incisa trasversalmente da una serie di vallecole orientate in direzione NE-SW Si rileva l'assenza di fenomeni di instabilità gravitativa e l'assenza di processi in atto o potenziali di tipo franoso. La presenza di superfici ondulate caratterizzate da erosioni diffuse ed incanalate e i processi fluviali sono la costante comune che contraddistingue i settori di intervento.

In relazione alla pericolosità geologica è stata effettuata una valutazione degli strumenti di pianificazione sovraordinata ed è stata appurata l'assenza di vincoli specifici e la non obbligatorietà di redazione dello studio di compatibilità idraulica.

In relazione alla pericolosità sismica si osserva che per il comune di Isili il valore di accelerazione orizzontale (ag/g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni è <0,05 e quello di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è pari a 0,05.

Dall'analisi del rilievo considerata l'omogeneità litologica del settore relativo alla presenza di litologie carbonatiche e dolomitiche spesse e giacenti sul substrato metamorfico, si può ritenere di classificare le rocce dolomitiche come appartenenti alla **categoria A**: *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo di 3 m*. Solamente il settore posto a ridosso della galleria di Is Pillus, giacente sui sedimenti terziari, è con ogni probabilità da ascrivere alla **categoria B**: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*.

Con riferimento alle caratteristiche geopedologiche del settore è stata evidenziata la quasi totale assenza di pedotipi in quanto già scavati per effetto della messa in opera delle precedenti opere.

E' stata effettuata una valutazione delle caratteristiche geologiche dell'area. Con riferimento all'area, La geologia ufficiale evidenzia che il tracciato della condotta attraversa diverse Formazioni geologiche e che la successione stratigrafica dei luoghi è così riassumibile dal basso verso l'alto:

- Formazione di Genna Selole. Conglomerati quarzosi e quarzoareniti molto mature; alla base livelli carboniosi e argille; tale Formazione non è intercettata dal tracciato ma affiora unicamente nelle aree minerarie poste a NE della condotta. Tali litologie poggiano sul substrato metamorfico delle metarioliti affioranti solo nell'area della miniera.
- Formazione di Dorgali. Dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici. Affiora diffusamente in tutto il tracciato fatta eccezione per l'area posta a ridosso della

galleria di Is Pillus. E' rappresentata da bancate talora metriche di dolomie calcaree scarsamente fessurate (fatta eccezione per i tratti interessati da piccole lineazioni tettoniche)

- Conglomerato di Duidduru (Formazione di Nurallao). Conglomerati poligenici eterometrici e sabbie con locali livelli di biocalcareni, talvolta con componente vulcanica. Tale Formazione si rinviene in prossimità del versante posto in destra idrografica del Rio Funtana Iri ed è quindi intercettata dal tracciato per un limitato tratto della lunghezza di circa 80 metri.
- Arenarie di Serra Longa (Formazione di Nurallao). Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. E' rappresentato da sabbie e arenarie a diverso grado di cementazione e si rinvencono diffusamente in tutto il settore posto in corrispondenza della galleria di Is Pillus e nel versante posto in sinistra idrografica del Rio Funtana Iri. Tali arenarie sono quindi intercettate dalla condotta per una lunghezza di circa 200 metri a partire dalla galleria di Is Pillus (anche al di sotto delle coperture colluviali del fondovalle)
- Litofacies nelle Arenarie di Serra Longa (Formazione di Nurallao). Bancate metriche di arenarie fossilifere e biocalcareni. Non sono intercettate dalla condotta ma sono evidenti sul lato in sinistra idrografica del Rio Funtana Iri, intercalate nelle arenarie.
- Marne di Gesturi. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti. Occupano il versante del rilievo del Pranu Ollas e quindi non sono intercettate dal tracciato della condotta
 - Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica.
 - Travertini. Depositi carbonatici stratificati, da compatti a porosi, con tracce di resti vegetali e gusci di invertebrati. Si rinvencono in un settore a SW della condotta, sulla destra idrografica del Rio Funtana Iri e sono legati alla venuta a giorno di acque ricche in carbonato legate alla superficie ribassata del Tacco.

Con riferimento all'idrologia superficiale è stata effettuata una verifica delle caratteristiche dei principali bacini e si rileva la presenza di tre corsi d'acqua che saranno intercettati dalle opere. La parte apicale del Rio Funtana Iri, il Rio Congiaduredda e il Rio Girdiera.

L'idrogeologia del settore è in stretto rapporto con il grado di permeabilità delle formazioni affioranti e sotterranee. Il complesso carbonatico Mesozoico (su cui si sviluppa in prevalenza la condotta) presenta una permeabilità medio-alta per fratturazione e carsismo con $10^{-3} < k < 10$ cm/sec. Essendo delimitato alla base da argilliti o da metamorfiti si verifica che le acque di infiltrazione riemergono pertanto o come sorgenti di frattura nelle dolomie stesse o di contatto stratigrafico al passaggio con le argille e le metamorfiti sottostanti l'assise carbonatica.

La permeabilità del complesso calcareo, arenaceo e conglomeratico oligomiocenico è strettamente legata alla porosità delle arenarie e, nei banchi biocalcarenitici, alla fratturazione. In genere si osserva che il complesso, in funzione dell'alterazione, tende a manifestare una permeabilità a tratti bassa. Nei tratti sabbiosi più permeabili della medesima formazione, le acque tendono localmente ad infiltrarsi per poi raggiungere comunque successioni argillose e marnose sottostanti che vengono intercettate nelle perforazioni del sottosuolo. Ne deriva che al di sotto delle sequenze e tra queste e la successione metamorfica paleozoica si rilevano altri livelli permeabili che ospitano falde di interesse. I detriti e i sedimenti di natura colluviale che chiudono le sequenze stratigrafiche, presentano invece una permeabilità elevata per porosità. Nel tratto della condotta si osserva che nell'area iniziale posta in corrispondenza della valle del Rio Funtana Iri durante gli scavi vi è la massima probabilità di intercettare acque subsuperficiali di falda legate alla circolazione di alimentazione della Sorgente di Funtana Coloris.

Per ciò che concerne la stima delle quantità di scavo in terra e roccia, si osserva che è previsto il rifacimento in sostituzione della vecchia condotta. Ciò comporta uno scavo dapprima su materiali di riporto ma successivamente, per effetto dell'approfondimento e allargamento del piano di posa, si ha la completa e totale intercettazione delle litologie rocciose di natura dolomitica. Solamente il tratto iniziale a partire dalla galleria di Is Pillus, per una lunghezza di circa 300 metri, interesserà dapprima i materiali di riporto (ricoprimento della condotta esistente) e successivamente sabbie ed arenarie delle formazioni terziarie con locali livelli biocalcarenitici. Nel complesso lo scavo previsto (ampliamento ed abbassamento dell'esistente) per il restante tratto, fatta eccezione per i materiali di copertura

superficiali della condotta esistente, è quindi quasi interamente in roccia dura e compatta per la quale è indispensabile l'uso del martellone

Sono state riportate alcune indicazioni operative ed accessorie in relazione all'esecuzione degli scavi, ai meccanismi di corrosione, modalità di attuazione del progetto, all'incidenza della falda freatica superficiale, all'approvvigionamento dei materiali inerti nonché del conferimento a discarica.

Nurallao, lì Luglio 2019

Il geologo
Dott. Geol. Antonello Frau