

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

SISTEMAZIONE RIO MULINO DE JOSSO - MILIS

CUP: 484H17000990002 - CAT: P1017

PROGETTO DEFINITIVO

il Committente
CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

il Responsabile del Unico del Procedimento
ing. Giorgio BRAVIN

Elab.

A.2

Relazione geologica

R.T.P. CUCCU-FRAU - v. Alfieri n. 21, 09170 - ORISTANO

il capogruppo
ing. Simone CUCCU

geol. Antonello FRAU

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	6
3.1	<i>Riferimenti geomorfologici generali</i>	6
3.2	<i>Riferimenti geomorfologici locali</i>	6
3.3	<i>Caratteristiche geopedologiche e di uso del suolo</i>	9
3.4	<i>Pericolosità idrogeologica</i>	10
3.5	<i>Pericolosità sismica: classificazione dei terreni</i>	11
3.6	<i>Inquadramento geologico</i>	12
3.7	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	14
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	17
4.1	<i>Piano preventivo di indagine</i>	17
4.2	<i>Indagini eseguite</i>	19
4.3	<i>Risultati delle indagini</i>	22
5	ESECUZIONE DEGLI SCAVI E STABILITA' DEI FRONTI, CAVE E DISCARICHE.....	41
6	INDICAZIONI OPERATIVE ED ACCESSORIE	45
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	48

1 PREMESSA

Nell'ambito delle attività complementari alla progettazione definitiva per la realizzazione degli interventi di sistemazione del Rio Mulino de Josso in agro del Comune di Milis, 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 livello.

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.

Attraverso l'osservazione diretta e sulla base delle elaborazioni ed indagini svolte, è 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.

Il centro urbano di Milis è ubicato nel settore centrale del territorio comunale. Immediatamente a Sud dell'abitato si snoda la piana alluvionale del Riu Mannu che drena le acque di un bacino idrografico particolarmente esteso sino al confine tra i territori di Santu Lussurgiu e Cuglieri. I settori a ridosso dell'abitato, inseriti in zone di massima pericolosità idraulica, necessitano pertanto di un'adeguata manutenzione idraulica finalizzata alla messa in sicurezza degli attraversamenti della viabilità provinciale esistente e di un settore a valle della medesima viabilità in cui il corso d'acqua, in corrispondenza di un'ansa fluviale, ha determinato lo scalzamento e asportazione delle opere di protezione precedentemente realizzate. Gli interventi saranno meglio indicati negli inquadramenti topografici delle tavole di progetto di cui il presente studio è parte integrante e sinteticamente nei seguenti stralci.

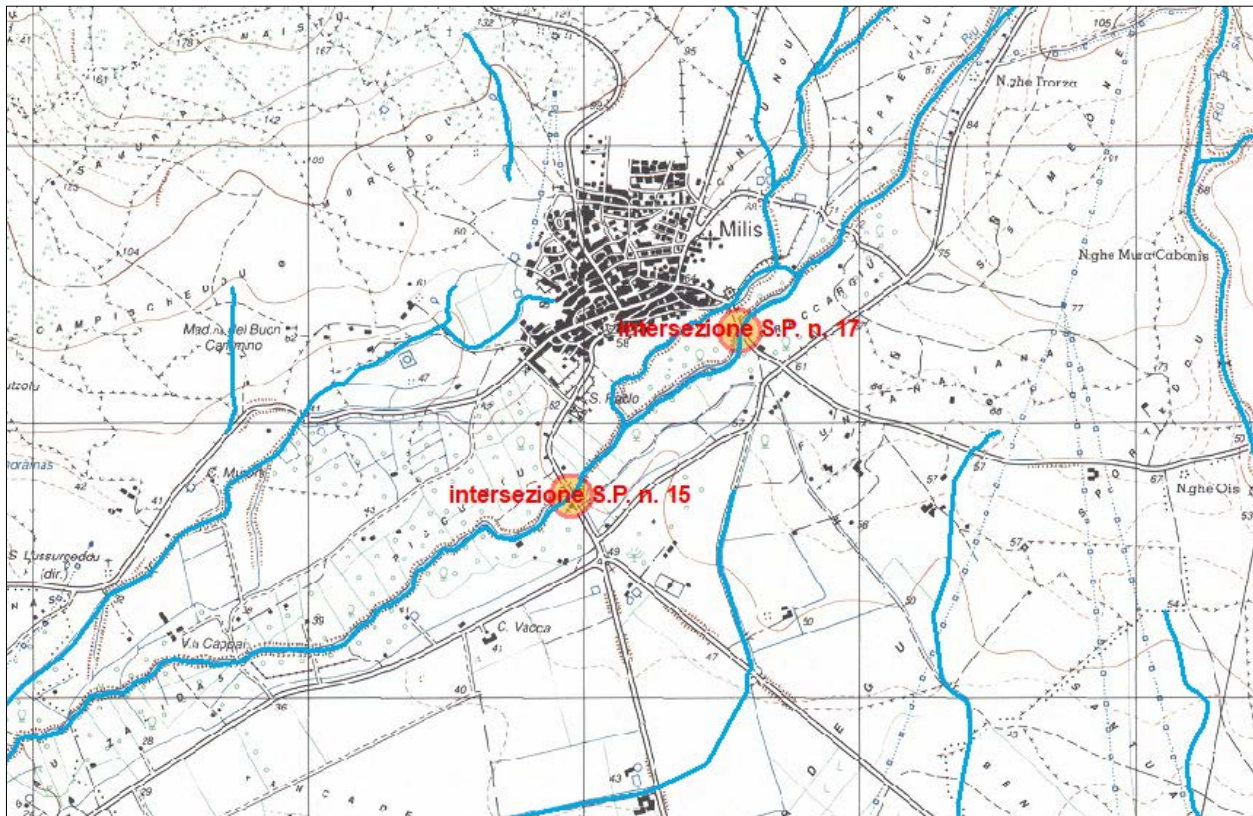


Figure 3: Inquadramento su I.G.M.I. – scala 1:25.000

Nello specifico gli interventi progettuali di manutenzione fluviale saranno realizzati sui tratti che allo stato attuale manifestano le maggiori criticità in funzione del rischio effettivo di perdita di vite umane e danni alle infrastrutture e alle produzioni agricole di rilievo. In particolare, nella presente progettazione definitiva, sono stati programmati i seguenti interventi:

Intersezione S.P. n. 17: manutenzione straordinaria dell'opera interferente:

- pulizia dell'alveo dalla vegetazione per 70 m a monte e 80 m a valle del ponte per una larghezza media di 8 m;
- abbattimento piante di medio e alto fusto (in numero di 75);
- demolizione dei paramenti di rivestimento del corso d'acqua a monte e a valle del ponte;
- rifacimento e ampliamento della soglia di fondo;
- scavo e messa in opera di gabbioni (18 m a monte del ponte e 5 m a valle) su entrambe le sponde con apposizione di geotessile e messa in pristino del piano di campagna dietro il gabbione con parziale reimpiego del materiale oggetto di scavo, anche al fine di limitare i conferimenti a discarica.

Intersezione S.P. n. 15: manutenzione straordinaria dell'opera interferente:

- pulizia dell'alveo dalla vegetazione per 70 m a monte e 80 m a valle del ponte per una larghezza media di 8 m;
- abbattimento piante di medio e alto fusto (in numero di 75);
- demolizione dei paramenti di rivestimento del corso d'acqua a monte e a valle del ponte;
- rifacimento e ampliamento della soglia di fondo;
- scavo e messa in opera di gabbioni (18 m a monte del ponte e 5 m a valle) su entrambe le sponde con apposizione di geotessile e messa in pristino del piano di campagna dietro il gabbione con parziale reimpiego del materiale oggetto di scavo,

anche al fine di limitare i conferimenti a discarica.

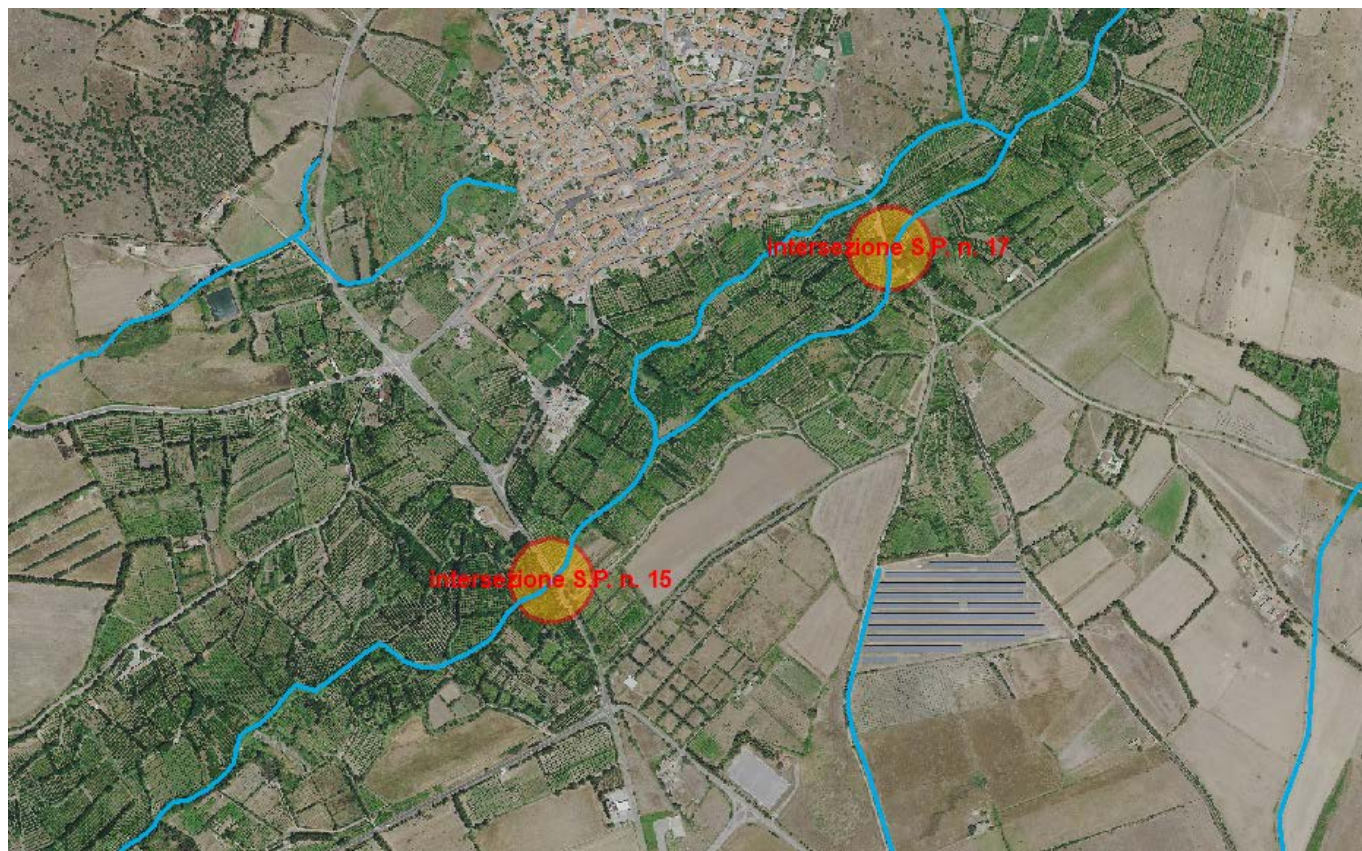


Figure 4: localizzazione degli interventi su ortofoto dell'anno 2016



Figure 5: localizzazione dell'intervento S.P. 17



Figure 6: Intervento S.P.15

3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 Riferimenti geomorfologici generali

Da un punto di vista strettamente geomorfico generale si osserva che l'area di intervento si sviluppa sul lato sud orientale dell'apparato vulcanico del Montiferro, sul settore caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali derivati dall'erosione dei rilievi montani antistanti. L'area deposizionale subpianeggiante del settore compreso tra gli abitati di Milis, San Vero Milis e Bauladu e in particolare tra l'alveo del Riu Mannu e quello del Rio Mare di Foghe, caratterizza questo settore, con altimetrie di circa 60 m. s.l.m. e lo contraddistingue dai settori collinari e montani posti a Nord e Nord Ovest e che costituiscono il bacino idrografico principale del Riu Mannu, oggetto di studio.

L'aspetto pianeggiante dell'area di intervento cambia quindi radicalmente in coincidenza dei bordi che delimitano l'antica fossa sarda (Oligomiocenica). Nell'area vasta del bacino idrografico del Riu Mannu, si sviluppano infatti morfologie e processi tipici di ambiente montano, sino ad altitudini che superano i 1000 metri (1052 m. s.l.m. M. Urugu ad Ovest di Santu Lussurgiu, M. Pertuso 991 m. s.l.m.), che poi lasciano spazio all'apparato collinare vulcanico pliocenico di Seneghe con altimetrie intorno ai 500 m. s.l.m. sino a giungere all'assetto subpianeggiante posto più a valle che confina con la piana di Oristano.

3.2 Riferimenti geomorfologici locali

Nell'area di intervento si distinguono i caratteri geomorfologici tipici delle successioni alluvionali. L'andamento subpianeggiante del territorio è infatti evidente e la costituzione geologica lo testimonia data la presenza quasi totale di depositi alluvionali quaternari dei corsi d'acqua e di quelli pleistocenici antichi.

Le fasce in cui scorrono il Riu Mannu e il Rio Mare di Foghe sono interessate da depositi recenti ed attuali, mentre la zona intermedia tra i due rappresenta una antica area deposizionale da conoide detritica. L'analisi evidenzia minime variazioni altimetriche legate all'imposta originaria del territorio.

Le alluvioni recenti ed attuali del Riu Mannu sono solcate da piccoli compluvi che drenano le acque del settore collinare antistante per immetterle nel tributario principale. In tali aree sono appunto riscontrabili piccole ondulazioni (con dislivelli di qualche metro ma a pendenza costante di circa il 5-10%).

Nello studio di fattibilità tecnica ed economica già approvato dalla Stazione appaltante, sono state evidenziate le variazioni morfologiche avvenute in particolare a carico della rete idrografica, sia per effetto degli interventi antropici finalizzati all'utilizzo colturale della piana alluvionale e sia per effetto dei fenomeni naturali. Tali modifiche sono state sostanziali con riferimento al reticolo dei corsi d'acqua limitrofi come il Rio Strampadorzu o del compluvio a Nord dell'abitato (Zona San Giorgio) e anche all'andamento del Flumini Mannu che si presentava comunque in alcuni tratti più meandriforme rispetto all'andamento attuale.

Quanto sopra per evidenziare che l'area di intervento è caratterizzata da una dinamica fluviale particolarmente intensa con erosioni localizzate in corrispondenza sia delle anse fluviali che delle opere di attraversamento della viabilità provinciale, scalzamenti delle opere di protezione realizzate in passato, rottura dei gabbioni ed inoltre un importante trasporto di materiali alluvionali grossolani.

Nell'alveo sono inoltre presenti grossi blocchi e pietrame di grosse dimensioni derivati proprio dal cedimento e svuotamento dei gabbioni precedentemente realizzati. In definitiva

gli elementi morfologici (compresi quindi quelli di natura antropica oltre che naturali) che interferiscono con le opere sono prevalentemente legati all'evoluzione del territorio a seguito delle modifiche antropiche apportate al reticolo idrografico superficiale e all'assetto viario.

Intervento S.P. 17



Figure 7: ponte ed alveo sulla S.P. 17

Il corso d'acqua presenta una leggera ondulazione verso Sud e l'opera di attraversamento interseca il medesimo in curvatura e specie la sponda in destra idrografica (ma anche l'intero alveo) appare marcatamente erosa a monte e a valle del ponte (paramenti in cls erosi alla base).

L'alveo è caratterizzato dalla presenza di alluvioni superficiali a blocchi e ciottolose. I processi erosivi sono marcati ed inoltre in certi tratti purtroppo non rilevabili a causa dell'occlusione della vegetazione.

Alberi di alto fusto e una vegetazione arbustiva locale rendono infatti quasi impossibile l'osservazione ravvicinata di dettaglio delle condizioni delle sponde. Da un lato effettuano una protezione delle medesime ma dall'altro capita che gli apparati radicali erosi dalla corrente determinino l'instabilità del fusto che così tende a piegarsi verso l'interno dell'alveo. L'eventuale caduta ma anche la vegetazione esistente sui bordi che in occasione delle piene viene presa in carico dalla corrente, costituiscono di fatto un elemento di pericolosità aggiuntiva legata all'ostruzione della luce dei ponti. Le opere di protezione esistenti necessitano pertanto di essere sostituite alla luce della vetustà delle stesse e dei danni provocati dagli episodi alluvionali che si sono succeduti nel tempo così come si ritiene indispensabile procedere alla protezione delle opere di fondazione del ponte che sono maggiormente esposte all'azione erosiva delle acque.

Intervento S.P. 15

Anche per il caso in questione, Il corso d'acqua presenta una leggera ondulazione verso Nord e l'opera di attraversamento interseca il medesimo in curvatura e specie la sponda in sinistra idrografica (ma anche l'intero alveo) appare marcatamente erosa a monte e a valle del ponte (paramenti in cls erosi alla base)



Figure 8: tratto di monte dell'attraversamento della S.S. 15 (a sinistra la fotografia attuale e a destra la fotografia presa da Google Earth con un alveo mantenuto che evidenzia la presenza delle opere e del canale in cls)



Figure 9: scalzamento basale della protezione spondale in cls

In alcuni tratti delle sponde, laddove la vegetazione ne consente l'esplorazione, si osservano anche le opere di protezione spondale passate (gabbionate) realizzate con precedenti interventi di sistemazione idraulica. Nella sinistra idrografica, nel tratto a monte, si rinviene anche un canale in cls a sezione trapezoidale che scarica le acque della cunetta stradale e drena le acque dei terreni limitrofi. Le sponde presentano un'altezza plurimetrica ed essendo state incise dalle onde di piena, non si presentano con pendenza uniforme e graduale ma con andamento concavo e locale gradino erosivo che aumenta la pendenza del tratto di monte della scarpata stessa. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di alluvioni superficiali a blocchi e ciottolose. Anche nel caso in questione alberature di alto fusto e una vegetazione arbustiva locale rendono infatti quasi impossibile l'osservazione ravvicinata di dettaglio delle condizioni delle sponde. Da un lato effettuano una protezione delle medesime ma dall'altro capita, anche per il tratto in questione, che gli apparati radicali erosi dalla corrente determinino l'instabilità del fusto che così tende a piegarsi verso l'interno dell'alveo. L'eventuale caduta ma anche la vegetazione esistente sui bordi che in occasione delle piene viene presa in carico dalla corrente, costituiscono di fatto un elemento di pericolosità aggiuntiva legata all'ostruzione della luce dei ponti. Le opere di protezione esistenti necessitano pertanto di essere sostituite alla luce della vetustà delle stesse e dei danni

provocati dagli episodi alluvionali che si sono succeduti nel tempo così come si ritiene indispensabile procedere alla protezione delle opere di fondazione del ponte che sono maggiormente esposte all'azione erosiva delle acque.

3.3 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 in argomento si sviluppa su aree caratterizzate da pedotipi sviluppatisi su substrati alluvionali. Le aree a ridosso del corso d'acqua presentano suoli caratterizzati da forte spessore su aree pianeggianti ad utilizzazione colturale (agrumeti).

In particolare si osserva che i suoli si presentano con profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, con tessitura da sabbioso franchi a franco argillosi, da permeabili a poco permeabili e con idromorfia temporanea, neutri, saturi. Secondo la classificazione U.S.D.A. tali suoli sono ascrivibili ai Typic, Vertic, Aquic E Mollic Xerofluvents, subordinatamente Xerochrepts. Quanto sopra deriva dalle informazioni reperite nella Carta dei Suoli della Sardegna (rilevamento al 1989).

Per ciò che concerne l'uso del suolo si evidenzia che il comparto adiacente al corso d'acqua è caratterizzato da un uso del suolo di tipo colturale con presenza di oliveti nonché frutteti e frutti minori (codice 222). Qualche incongruenza è presente nel file shp dell'uso del suolo del 2008 pubblicato dalla R.A.S. in quanto vasti appezzamenti destinati ad agrumeto figurano con impianto ad oliveto (codice 223) in corrispondenza del punto di intervento sull'ansa fluviale del Riu Mannu.

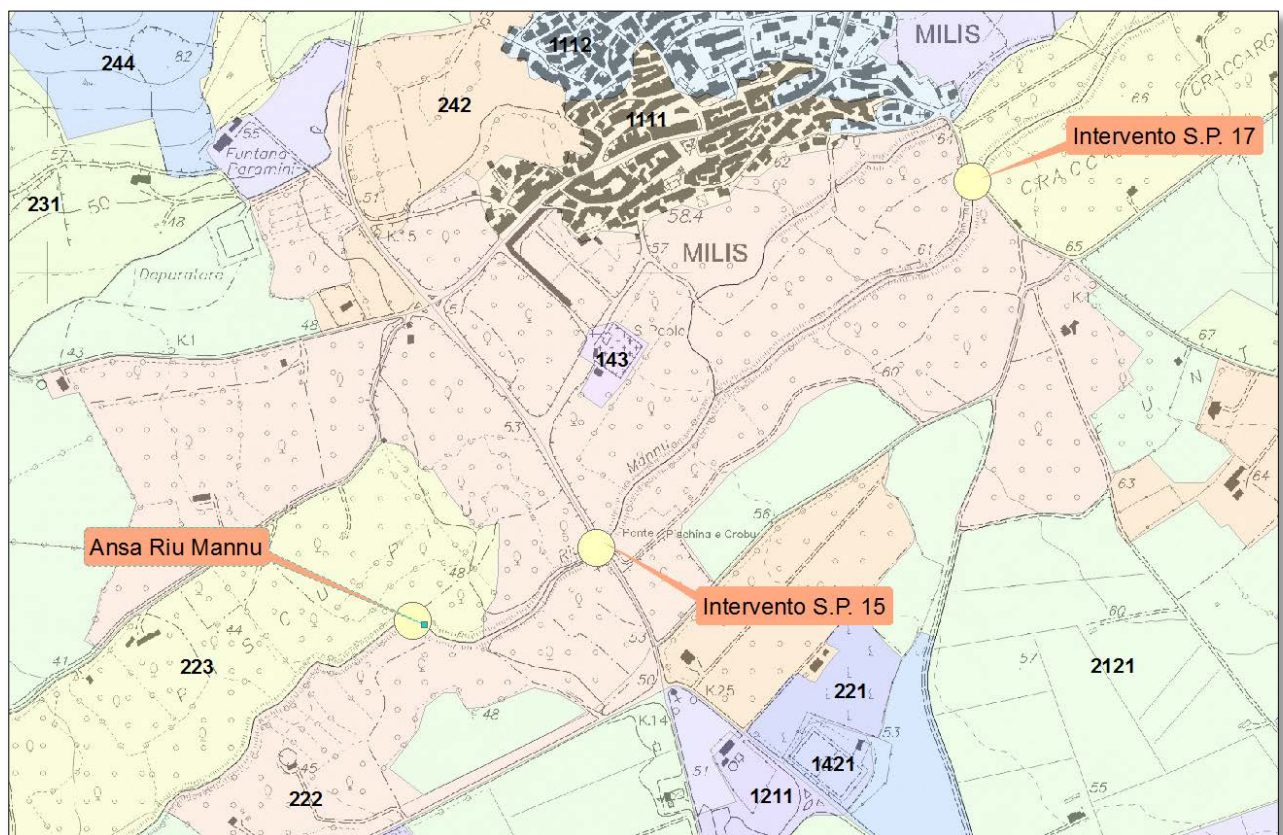


Figure 10: uso del suolo secondo la codifica regionale (anno 2008); il settore a Nord dell'ansa del Riu Mannu oggetto di intervento è in realtà caratterizzato dalla presenza di una vasta area con destinazione ad agrumeto

3.4 Pericolosità idrogeologica

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 n° 2 del Tirso.

Il settore di Milis è stato dapprima mappato solo parzialmente nel P.A.I. originale (edizione 2006) identificando, come settore a bassa pericolosità idraulica (Hi1), il Rio Mannu e Rio Strampadorzu.

Successivamente c'è stata una ripermetrazione della pericolosità idraulica del settore per effetto dell'entrata in vigore del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (2015) che ha apportato alcune modifiche alla perimetrazione originaria del P.A.I. senza però effettuare alcun tipo di classificazione gravosa di pericolosità idraulica. L'intero settore, in parte incluso già nell'area P.A.I., è stato infatti inserito nella fascia "C" geomorfologica senza che però siano stati eseguiti rilievi specifici di dettaglio atti a suddividere le zone di pericolosità interne alla stessa fascia. Successivamente alla entrata in vigore del PGRA nella sua prima stesura, è stato poi adottato da parte del Comune di Milis lo studio di compatibilità geologica geotecnica ed idraulica ex art. 8 c. 2 delle NDA del P.A.I. (pervenendo così ad una ripermetrazione delle aree), che al momento è in fase istruttoria e pertanto non è giunto all'approvazione dell'Autorità di Bacino, che ha compiuto il suo ciclo con l'approvazione da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino dello <Studio comunale di assetto idrogeologico - parte idraulica - redatto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI previgenti al decreto Presidente Regione n. 35/2018> redatto dall'ing. Italo Frau e dal geol. Giorgio Schintu e in fase di istruttoria presso gli uffici dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna (ADIS).

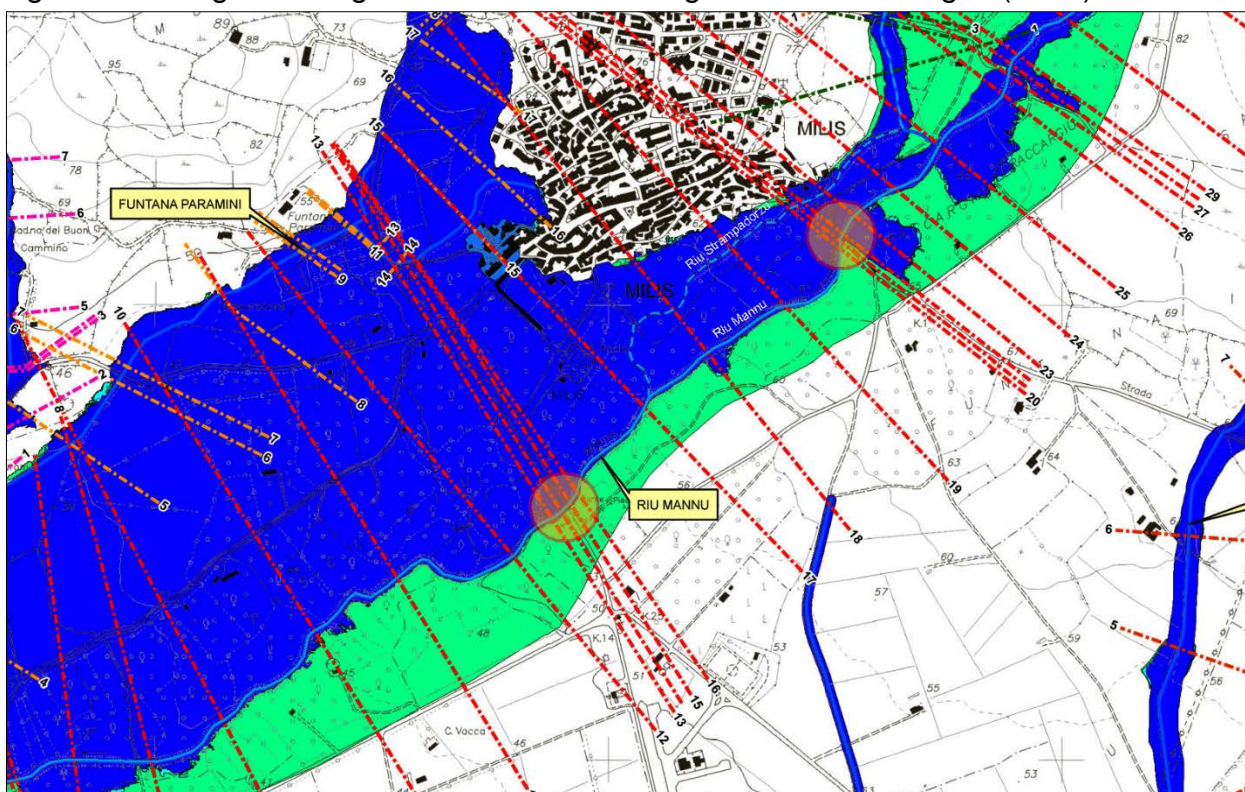


Figure 11: quadro delle aree inondabili individuate nel Studio comunale dell'assetto idrogeologico compatibilità idraulica del comune di Milis approvato dall'AdiS nel 2020 (in arancione le aree di intervento)

Inoltre, il PGRA è stato recentemente revisionato. Infatti, In adempimento delle previsioni dell'art. 14 della Direttiva 2007/60/CE e dell'art. 12 del D. Lgs. 49/2010, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 è stato approvato il Piano di gestione del rischio di alluvioni per il secondo ciclo di pianificazione del PGRA.

Di seguito si riporta quindi il quadro del pericolo idraulico per il settore in questione relativamente ai tratti interessati dal progetto evidenziando comunque che dalla pianificazione ufficiale le aree interessate dall'intervento sono classificate Hi4 e Hi1 rispettivamente in destra e sinistra idraulica, motivo per il quale si è reso necessario lo studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 27 delle N.A. del PAI allegato al presente progetto e al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

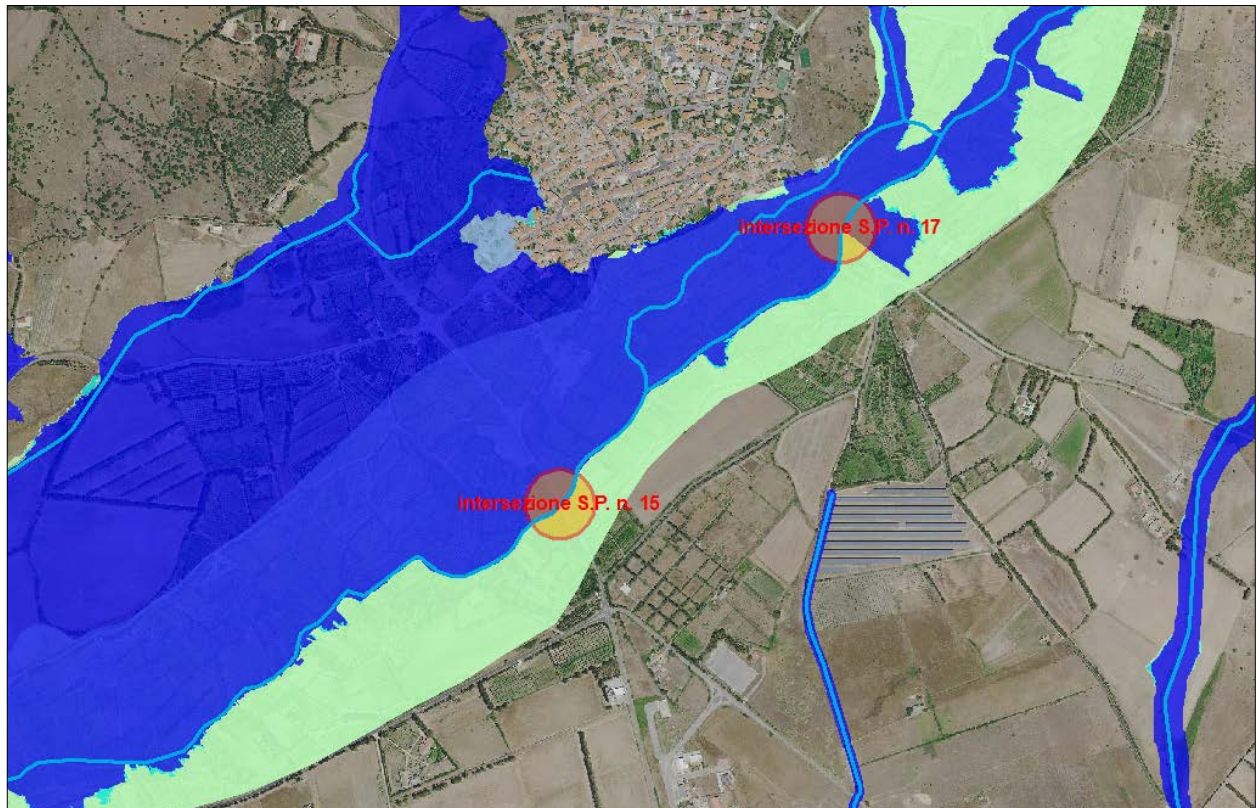


Figure 12: previsione della pericolosità idraulica nel settore in argomento secondo il P.G.R.A. aggiornato nel 2021

infine, per il settore in questione, 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).

3.5 Pericolosità sismica: classificazione dei terreni

Per una completa descrizione dei terreni in relazione alle caratteristiche sismiche, vengono di seguito riportate alcune considerazioni in merito alla pericolosità sismica e alla classificazione dei terreni di intervento. 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 13: categorie dei terreni secondo le NTC 2018

Nel caso in oggetto, sebbene non sia stata eseguita alcuna prova, si ipotizza che, sulla base della conoscenza dei luoghi e sulla base delle risultanze di indagini dirette nella fattispecie di perforazioni eseguite in comparti non distanti, il profilo stratigrafico dell'area, considerata l'omogeneità litologica del settore sia da classificare come appartenente alla **categoria E**: *profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.*

3.6 Inquadramento geologico

La geologia della zona considerata è abbastanza semplice dal punto di vista stratigrafico e strutturale.

La successione dei terreni è infatti costituita da sedimenti quaternari sovrapposti ad elementi vulcanici dell'apparato del Montiferro. Tale substrato pliocenico è affiorante unicamente nell'abitato di Milis e nei settori a Nord del medesimo abitato. I depositi alluvionali contraddistinguono il settore vallivo del Rio Mannu sino alla zona di N.ghe Tronza (circa 1 Km a NE dell'abitato di Milis). Nello specifico, sulla base della ricerca geologica effettuata, nell'area di intervento si rinviene la seguente successione così riassumibile dal basso verso l'alto:

- Unità di Monte Rassu, *caratterizzata dalla presenza di basalti alcalini*, trachibasalti, hawaiiti, a noduli peridotitici e gabbrici, con intercalazioni scoriacee, coni di scorie, tufi e filoni. Età Plio-Pleistocene. Sigla RSU. Tale unità affiora anche all'interno dell'abitato di Milis e trova la sua massima espansione nel settore a NW del medesimo.
- Subunità di Funtana di Pedru Oe (Basalti Della Campeda-Planargia). Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. Età Pliocene Sup. Sigla BPL3. Tali litotipi si rinvencono diffusamente a Est dell'abitato sulla destra e sinistra idraulica del Riu Mannu.
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema Di Portovesme). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Età Pleistocene – sigla PVM2a. Tali depositi alluvionali antichi caratterizzano l'intera area pianeggiante tra gli abitati di Milis e Bauladu e caratterizzano con ogni probabilità anche il substrato di appoggio delle alluvioni recenti ed attuali del Riu Mannu.

- **Depositi alluvionali attuali.** Ghiaie con subordinate sabbie. Olocene (**sigla b**). Occupano le zone di deflusso dei principali corsi d'acqua e sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali ciottolosi, ad elementi grossolani ben elaborati di vulcanite, ghiaie e sabbie con sottostanti livelli argillosi.

Con riferimento agli aspetti strutturali non si osservano strutture di rilievo nell'area di intervento. Nell'area in argomento, come sarà dimostrato nel proseguo, sono state eseguite indagini dirette mediante sondaggio a carotaggio continuo, che hanno comunque evidenziato la mancanza di un substrato roccioso e la presenza di una successione alluvionale particolarmente spessa e costituita da una alternanza di livelli psefitici e psammitici. In genere quasi ovunque si riscontra la presenza di un livello argilloso sottostante le alluvioni superficiali più grossolane. Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia geolitologica di riferimento evidenziando che tutti gli interventi saranno attuati all'interno del comparto alluvionale e che pertanto le opere di fondazione delle strutture previste, interesseranno appunto i depositi alluvionali.

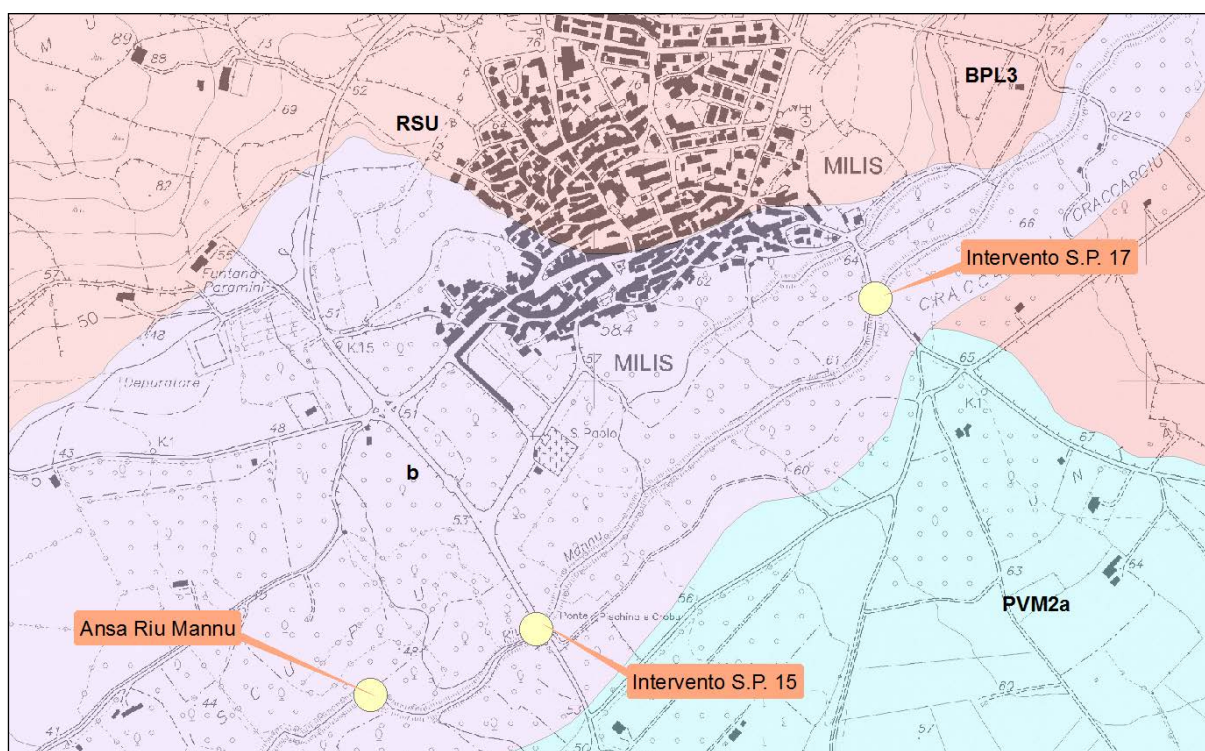


Figure 14: geolitologia dell'area in scala 1:10.000

3.7 Inquadramento idrogeologico



L'area in questione ricade interamente nel Sub Bacino n° 2 del Tirsu così come indicato nel Piano di Assetto Idrogeologico.

Dal punto di vista idrografico generale, nel settore in argomento si osserva che l'idrografia superficiale è caratterizzata da una rete di canali di drenaggio coincidenti con le principali linee di compluvio dirette affluenti, del più importante "Riu Mannu" che scorre a Sud dell'abitato di Milis. Tale corso d'acqua prosegue il percorso riversandosi successivamente nel Riu Mare di Foghe in un punto posto in prossimità dell'abitato di Zeddiani. Il Riu Mannu costituisce quindi il più importante e grosso affluente del Riu Mare di Foghe. Parte delle acque provenienti dalle zone a monte dell'abitato di Milis vengono intercettate da un affluente secondario denominato Riu Strampadorzu e che dopo un percorso parallelo al Riu Mannu, si riversa in quest'ultimo in prossimità del Cimitero Comunale.

Considerato l'ambito di afflusso e delle bonifiche effettuate, si rilevano anche ulteriori piccoli canali antropici che spesso sono o abbandonati o bloccati e costituiscono linee preferenziali di drenaggio sia superficiale che sub superficiale. Di seguito lo schema generale di circolazione del settore e si rimanda alla relazione idraulica per le specifiche. Si evidenzia che il bacino idrografico del Flumini Mannu è particolarmente esteso e determina un deflusso nel complesso breve e ripido dalle pendici del Montiferro. Gli affluenti principali del Riu Mannu, nella zona di Santu Lussurgiu e Bonarcado, sono rappresentati dal Riu Corongiu e Riu de Mesu, mentre nella zona prossima a Milis sono il Riu su Buscu, il Riu Funtana Cannas e il Riu Strampadorzu che lo alimentano dalla destra idrografica.

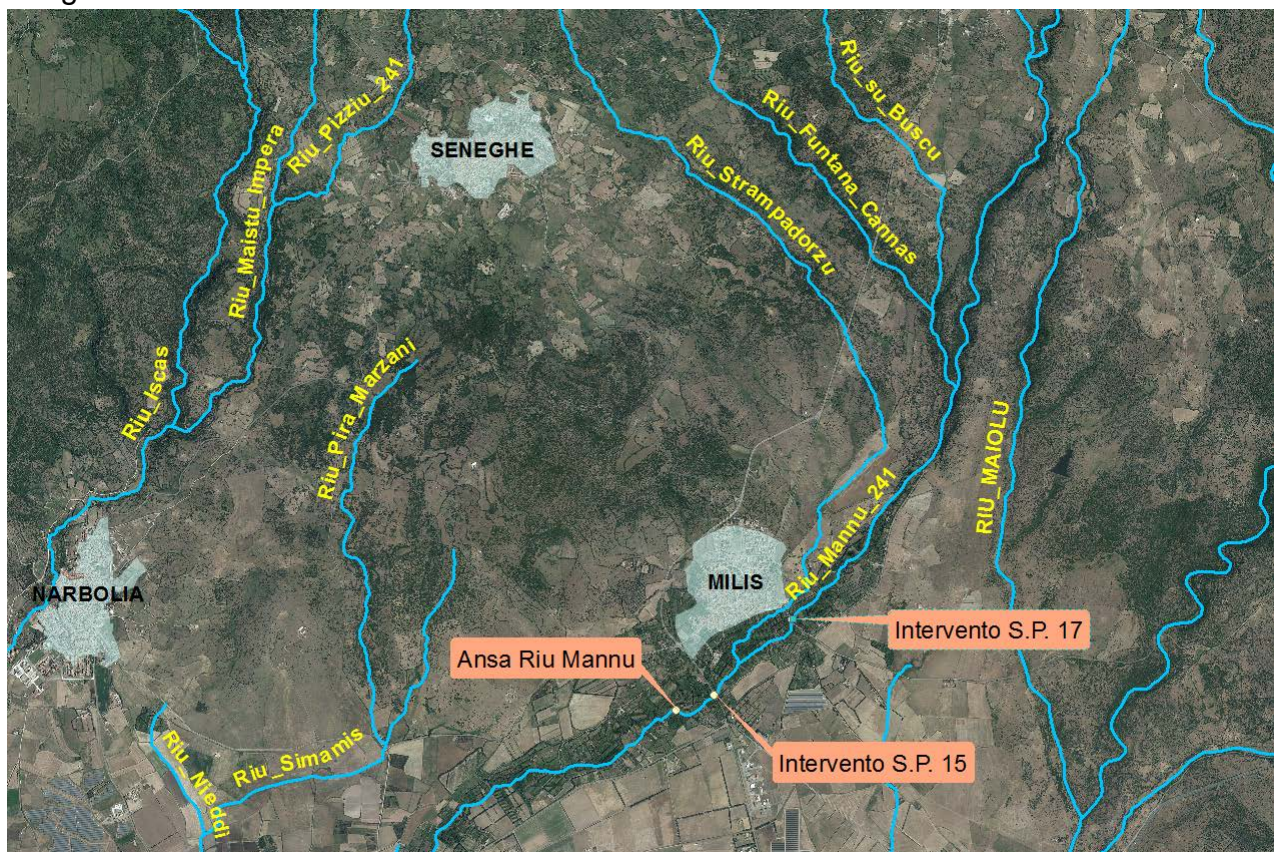


Figure 15: idrografia generale del settore

L'idrografia di dettaglio evidenzia una fitta rete di canali di drenaggio, talora artificiali, che hanno modificato in parte anche l'assetto originario. Parte della rete idrografica originaria, ha infatti subito notevoli variazioni a seguito della forte antropizzazione del territorio (ad esempio la viabilità provinciale di collegamento tra la S.P. 15 e 16), come il corso d'acqua denominato Fiume_344323 e Fiume 343705.

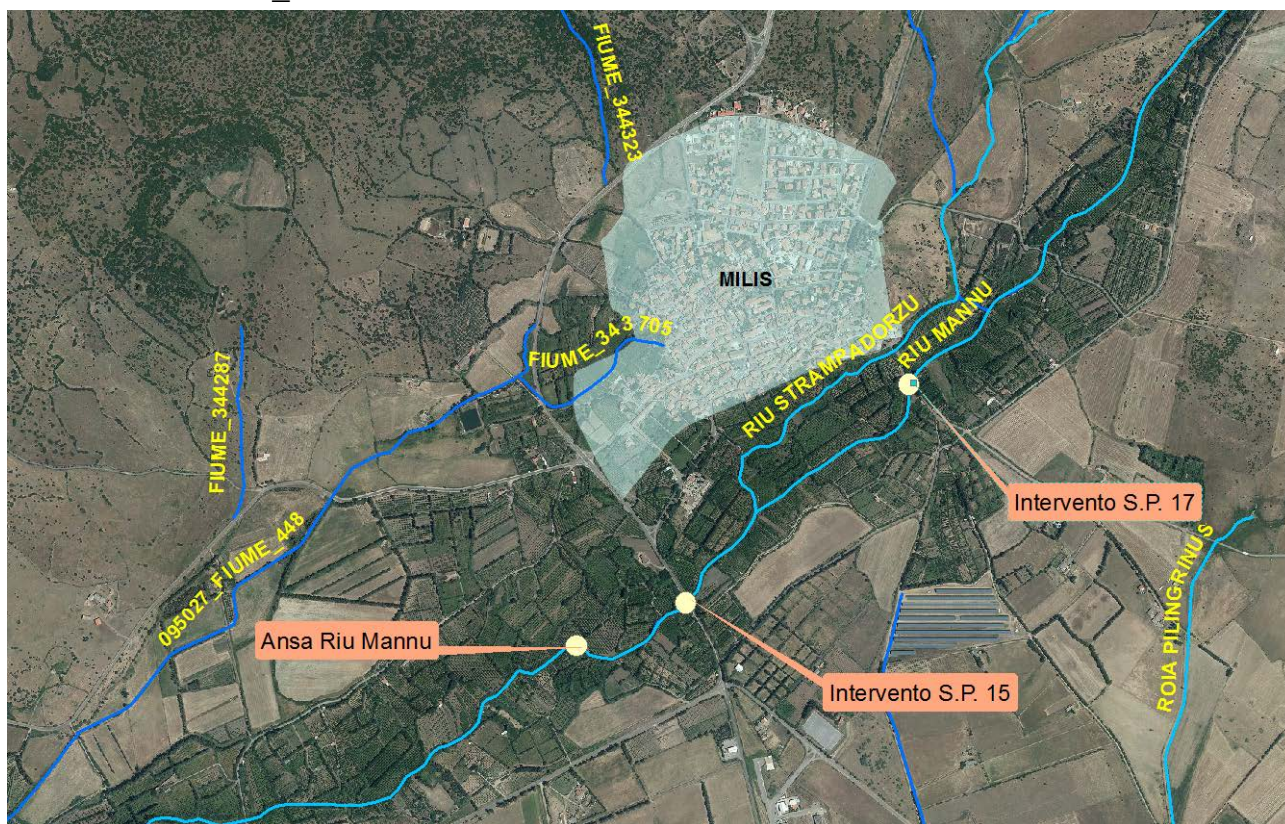


Figure 16.rete idrografica di dettaglio

Anche a ridosso della zona di intervento a valle dei ponti, si rilevano canalizzazioni (anche probabili vecchi meandri abbandonati) che manifestano deflusso in occasione delle precipitazioni e che con ogni probabilità sono drenati da opere di bonifica nel sottosuolo.



Figure 17: canalizzazione esistente a monte del Riu Mannu

Tutti i corsi d'acqua del settore presentano un andamento fortemente dipendente dall'entità delle precipitazioni e quindi carattere in genere torrentizio con piene durante le stagioni piovose e alveo pressochè asciutto durante le stagioni siccitose estive.

Per ciò che concerne le aree di intervento si osserva che nei tratti in cui saranno realizzate le opere non è stato possibile rilevare la presenza di opere di drenaggio fatta eccezione per l'intervento n. 15 dove si osserva comunque la canalizzazione in cls che permette in deflusso delle acque verso il Rio. Nel settore 3 di intervento (ansa in località Piscu Piu), per quanto rilevabile all'osservazione diretta, non si esclude che in fase di scavo possano rilevarsi antiche opere di drenaggio e bonifica in quanto si ritiene che tra il meandro abbandonato e il corso d'acqua, siano state realizzate comunque canalizzazioni e drenaggi di bonifica atti a migliorare le caratteristiche di permeabilità e drenaggio dei terreni. Tali opere sono comunque tali da non inficiare o compromettere la fattibilità delle opere previste che di per se stesse sono comunque permeabili e non causerebbero ostacoli ai deflussi idrogeologici provenienti da monte.

Per ciò che concerne l'idrologia sotterranea si osserva che il modello idrogeologico di riferimento è definito sulla base delle caratteristiche delle formazioni geologiche presenti in situ. Siamo in presenza di depositi che mostrano, dal punto di vista della permeabilità sia primaria che secondaria, caratteristiche differenti. In generale la parte scarsamente permeabile del bacino è costituita dal substrato vulcanico che si riscontra a profondità di qualche decina di metri così come attestano le perforazioni idriche di ricerca di falde profonde censite sul territorio (ad esempio il pozzo idropotabile presente a Nord-Ovest del paese che intercetta il substrato vulcanico ad una profondità di 20 metri al di sotto della copertura alluvionali e colluviale). Le facies vulcaniche hanno una permeabilità variabile che in genere è di tipo medio basso ma che varia in funzione delle tipologie: le vulcaniti basaltiche manifestano una permeabilità per fessurazione mentre le facies più clastiche hanno localmente anche una permeabilità per porosità che varia in funzione del grado di argillificazione dei componenti. In genere comunque la permeabilità è più elevata nei tipi meno saldati e scarsamente argillificati e diviene molto bassa laddove le litologie tendono ad argillificarsi.

Locali intercalazioni argillose nelle alluvioni terrazzate possono ugualmente costituire livelli impermeabili significativi ai fini della limitazione alla circolazione idrica sub-superficiale.

Le alluvioni grossolane e i colluvi si presentano in genere a permeabilità più elevata in quanto presentano localmente una forte concentrazione di scheletro ciottoloso e sabbioso grossolano in matrice scarsamente limosa. Tali depositi manifestano una permeabilità media per porosità. In funzione delle variazioni litologiche, considerato che inoltre per effetto delle infiltrazioni nelle zone collinari si ha una alimentazione delle zone alluvionali sottostanti, è quindi possibile l'intercettazione di una falda superficiale libera e conseguenti manifestazioni sorgentizie di contatto o di trabocco assimilabili a risorgive nelle fasce prospicienti l'apparato collinare (zona *Funtana Paramini*, *Funtana San Lussurgeddu*). La disponibilità idrica sub-superficiale connessa a tale falda nelle alluvioni è comunque testimoniata dalla presenza di numerosi pozzi freatici disposti nelle aree alluvionali. Qualsiasi scavo da eseguire nell'ambito delle opere in progetto sarà comunque eseguito con ogni probabilità, in presenza d'acqua e pertanto le relative verifiche di stabilità dovranno tenere in debito conto dell'interferenza della falda e delle oscillazioni della medesima.

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Piano preventivo di indagine

Le indagini geognostiche e geofisiche sono state ottimizzate in funzione delle esigenze anche di natura geologica e sono state eseguite in conformità alla normativa (NTC, vigente all'atto di esecuzione delle indagini) che definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e di stabilità anche in caso di incendio e curabilità. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto e definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e più in generale trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Rispetto al piano preliminare delle indagini riportate nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, a seguito della richiesta e concertazione con la stazione appaltante, sono state apportate modifiche successive che hanno ridimensionato il suddetto piano rimandando quindi alla fase successiva di attuazione delle opere l'eventuale integrazione delle medesime qualora si rendessero necessarie.

Pertanto il corretto quadro delle indagini preventive è di seguito così riassunto:

a) Sondaggi meccanici: per la caratterizzazione litostratigrafica e tecnica dei terreni saranno utilizzati sondaggi meccanici a carotaggio continuo, seguendo la metodologia a rotazione con aste e carotiere semplice a circolazione diretta. Durante l'esecuzione della perforazione saranno eseguite prove penetrometriche dinamiche in situ tipo S.P.T., mediante campionatore "Raymond" (anche con punta chiusa, per terreni ghiaioso-ciottolosi), per la determinazione del grado di addensamento/consistenza, con descrizione del materiale recuperato, nonché, laddove possibile, il prelievo di campioni indisturbati. I campioni di terreno prelevati, sigillati con paraffina, devono riportare committente, riferimento, località, numero campione, numero sondaggio, profondità testa, profondità scarpa e data.

b) Prove di laboratorio: per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni coesivi saranno condotte analisi geotecniche di laboratorio sui materiali indisturbati campionati durante le perforazioni. I test condotti permetteranno il riconoscimento sia delle caratteristiche fisiche, quali granulometria, contenuto d'acqua, peso di volume e limiti di Atterberg, sia dei parametri meccanici, come angolo di attrito interno drenato, coesione drenata e non drenata, compressibilità.

Di seguito il preventivo particolareggiato di indagine.

Intervento S.P. 17.

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità minima di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)
- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)
- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici
- Prove di laboratorio

Intervento S.P. 15.

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità media di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)
- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)

- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici
- Prove di laboratorio

Intervento ansa fluviale.

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)
- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)
- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici)
- Prove di laboratorio

Per ciò che concerne il prelievo delle terre, ai fini dell'analisi chimica, dovranno essere rispettate le prescrizioni e previsioni delle normative vigenti.

Di seguito il computo di riferimento

Articolo	Descrizione	Quantità	Prezzo unitario	Totale
Impianto cantiere	Impianto di cantiere per indagini geognostiche, compreso l'approntamento in deposito delle attrezzature, degli accessori, dei ricambi e dei consumi; compreso il carico su automezzo, lo scarico in cantiere, il montaggio, lo smontaggio a lavori ultimati, il carico su automezzo e lo scarico in deposito; compreso il trasporto dal deposito al cantiere di lavoro, compreso il ritorno a vuoto; o trasporto delle stesse da cantiere a deposito, compresa l'andata a vuoto; compreso il trasferimento del personale; a corpo cadauno	1	830.57	830.57
Installazione attrezzatura per sondaggio	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER SONDAGGIO in ciascuna postazione di perforazione, su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso l'onere del trasporto da una postazione alla successiva, il carico e lo scarico, il tracciamento e la picchettazione a corpo, cadauno	3	242.91	728,73
perforazione	PERFORAZIONE ad andamento verticale o con inclinazione fino ad un massimo di 15° dalla verticale, eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro 101 mm, in terreno a granulometria media quali sabbie ghiaiose con qualche ciottolo e rocce di durezza media, esclusi quelli che richiedono l'impiego di corone diamantate; compreso l'onere dell'estrazione delle carote e la loro conservazione in apposite cassette catalogatrici queste escluse e compensate a parte; compresa la tubazione di rivestimento del foro; compresa la redazione di una planimetria generale con l'ubicazione delle perforazioni e della stratigrafia di ogni singolo sondaggio; per le seguenti profondità, misurate a partire dal piano campagna, comprese tra: m 0,00 e m 20,00 – a metro lineare	24	67.97	1.631,28

cassette	FORNITURA DI CASSETTA CATALOGATRICE, avente dimensioni interne di m 1,07x0,98x0,15 a 5 scomparti; atta alla conservazione di carote e campioni; compreso l'onere della loro custodia e della loro consegna nel luogo indicato dalla committente	6	32.83	196.98
Camp. ind	PRELIEVO DI CAMPIONE INDISTURBATO, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi, con l'impiego di campionatore a parete sottile spinto a pressione; compreso l'onere della fornitura di fustella zincata, della paraffinatura per eseguire la sigillatura e del trasporto al laboratorio di analisi indicato dal committente; per le profondità seguenti dal piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00	3	60.53	181,59
Camp.riman.	Prelievo di campione rimaneggiato nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, confezionato in doppi sacchetti di polietilene o in barattoli di plastica, o di spezzone di carota lapidea, inserito in un involucro rigido di protezione (tubo in PVC) e opportunamente sigillato con paraffina, compreso l'imballaggio e il trasporto al laboratorio geotecnico incaricato per lo svolgimento delle prove, per ogni campione rimaneggiato	3	10.49	31.47
SPT	ESECUZIONE DI PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST) all'interno dei fori di sondaggio; eseguite con campionatore tipo RAYMOND del diametro di 2"; per le seguenti profondità misurate da piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00.	3	58.16	174.48
laboratorio	Apertura di campione cilindrico in fustella, calcolo degli indici e classificazione terre, determinazione parametri geotecnici delle terre, limiti di Atterberg, analisi granulometrica e prove di taglio a corpo su n. 6 campioni (le prove di taglio saranno eseguite laddove il campione lo permette o sulla frazione fine quando abbondante)	6	140,00	840,00
Analisi suoli	Analisi chimiche fisiche DPR 120/2017 sulle Terre e rocce da scavo, comprensivo dell'onere del campionamento. Per ogni campione	3	260,00	780,00
Totale				5.395,10

L'obiettivo principale del piano di indagine è stato:

- investigare la potenza, spessori, qualità dei materiali superficiali di impostazione delle opere
- investigare le caratteristiche stratigrafiche e geologico – geotecniche dei terreni di sedime;
- effettuare la caratterizzazione ambientale dei luoghi al fine del riutilizzo delle terre e rocce da scavo.

4.2 Indagini eseguite

La distribuzione delle indagini eseguite è di seguito riportata:



Figure 18: distribuzione planimetrica dei sondaggi eseguiti

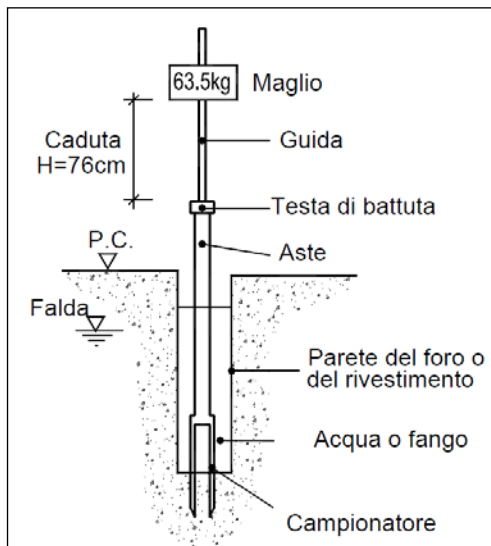
Le indagini sono state svolte dalla ditta del dott. Antonello Angius con sede in Via Italia 143 – 09134 Cagliari. Tutte le operazioni di indagini e campionamento sono state concordate con la direzione lavori che ha seguito direttamente il cantiere.

Riguardo le caratteristiche di indagine si evidenzia che l'attività di perforazione è stata eseguita mediante carotaggio continuo, ad andamento verticale e con diametro 101 mm e tubazione di rivestimento 127 mm. Le pareti del foro sono state sostenute mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio), che è stata approfondita man mano che avanzava la perforazione. Le perforazioni sono state eseguite a secco. Le carote, riposte con cura in apposite cassette catalogatrici in pvc e sigillate, sono state conservate e rimarranno a disposizione per eventuali futuri rilievi. I dati dei sondaggi sono stati riportati negli appositi log stratigrafici nei quali sono stati indicati di diversi parametri di interesse.

Durante l'esecuzione delle perforazioni si è proceduto all'esecuzione di prove SPT in foro. Le prove sono state eseguite seguendo le norme ASTM, mediante l'infissione a percussione del tubo campionario determinando in contemporanea il numero di colpi (N_{SPT}) necessari per infiggerla.

La battitura viene effettuata lasciando cadere un maglio del peso di 63.5 kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il tubo campionario. Il numero di colpi necessario ad ottenere una penetrazione del tubo successivamente alla sua penetrazione statica per effetto del peso ed una previa infissione dinamica di 150 mm (infissione preliminare) per il superamento della zona di maggior disturbo, viene assunto come resistenza penetrometrica (N_{SPT}).

Nel seguito vengono riassunte le caratteristiche salienti dell'attrezzatura e le modalità di prova.



Il numero di colpi corrispondente all'avanzamento dei primi 15 cm. non viene utilizzato in quanto il terreno è potenzialmente disturbato dalle operazioni di carotaggio. Nei calcoli viene considerata la somma dei valori relativi ai due avanzamenti successivi (N_{spt}). Se il numero di colpi per ogni avanzamento è superiore a 50, la prova viene conclusa (prova a rifiuto).

La prova S.P.T. consente l'immediata stima qualitativa della consistenza del terreno ed inoltre, attraverso delle correlazioni empiriche, fornisce una indicazione sul grado di addensamento dei terreni e sulla loro indeformabilità con determinazione dei parametri (per litotipi incoerenti) densità relativa (DR), l'angolo di

resistenza al taglio (ϕ') e la resistenza alla liquefazione ($\tau_{1/\sigma'_{v0}}$) dei terreni granulari; il modulo di taglio a piccole deformazioni (G_0); la resistenza al taglio non drenata c_u di terreni a grana fine e rocce tenere. Nel proseguo saranno riportati i dati e si rimanda al report delle indagini prodotte dalla ditta appaltatrice delle medesime, per maggiori dettagli.

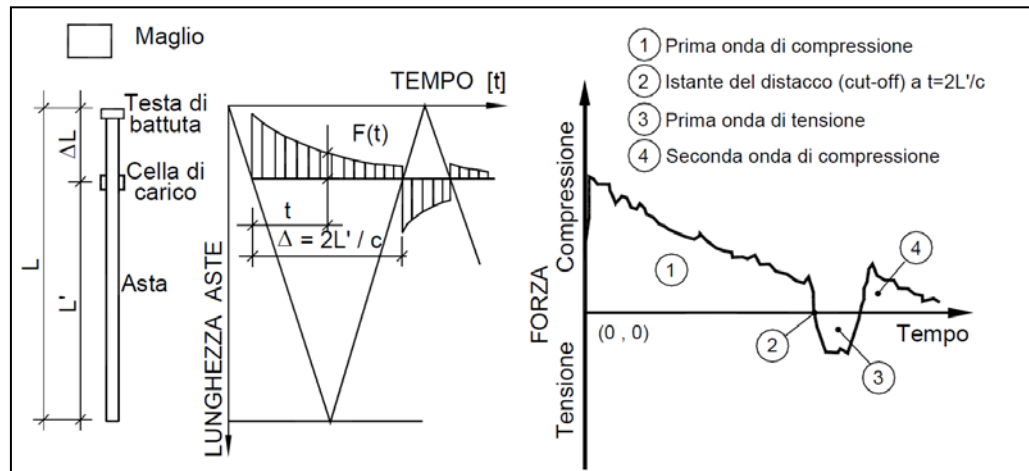
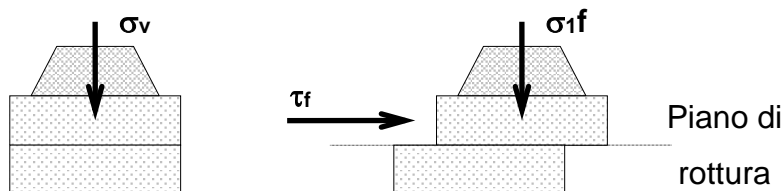


Figure 19: schema per la misura dell'energia trasmessa e tipica forma dell'onda misurata

Oltre alle prove indicate, così come previsto nel piano indagine, sono state concordate con la D.L. le modalità di campionamento alla luce dell'andamento della perforazione.

Sono stati pertanto prelevati 3 campioni rimaneggiati e 2 campioni indisturbati sottoposti in laboratorio a prove di Classificazione CNR-UNI 10006 e di taglio. Le prove geotecniche sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico Geosystem (autorizzato da Ministero LL.PP.).

La prova di taglio consiste nel sottoporre il campione di terreno, opportunamente preparato, a due forze poste su piani ortogonali tra loro, una verticale e una di taglio o orizzontale. In particolare il campione è sottoposto ad una forza verticale costante σ_v (un carico) e uno sforzo di taglio orizzontale τ che aumenta progressivamente fino alla rottura. Tutto è confinato in un cilindro in grado di dividersi in due sezioni traslanti su un piano orizzontale. Alla rottura il valore che avrà raggiunto lo sforzo τ sarà τ_f , mentre $\sigma_f = \sigma_v$ esercitata dal carico \perp al piano di rottura resterà in modo costante durante tutta la prova. In assenza di coesione la retta involucro passa per l'origine degli assi e per il punto di coordinate $\sigma_f; \tau_f$. Con tre prove, eseguite con carichi diversi, potrà essere definito il grafico dei tre punti dell'involucro che allineati all'origine degli assi danno la Retta Involucro attendibile e di conseguenza l'angolo di attrito ϕ del materiale.



Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
Gruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥80										
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

Figure 20: UNI 10006

4.3 Risultati delle indagini

Di seguito le risultanze delle perforazioni a carotaggio continuo.

Sono riportati i log stratigrafici che evidenziano la presenza quasi omogenea di depositi alluvionali grossolani che nel caso del sondaggio S1 si spingono sino a fine foro con percentuali più o meno sabbiose e che nel caso del Sondaggio S2 ed S3 presenta uno spessore di circa 5 metri per poi essere sostituito in profondità da argille detritiche consistente. Tali argille sono visibili e distinguibili anche nelle fotografie allegate riportate poco più sotto, che evidenziano come nei sondaggi S3 ed S4 si abbia un substrato argilloso.

SISTEMAZIONE RIO MULINO DE JOSSO – MILIS

Committente		Profondità raggiunta		Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina				
Consorzio di Bonifica Oristano		-8.00				1		1				
Operatore		Indagine		Cantiere				Inizio/Fine Esecuzione				
P. Salis		Geognostica		Rio Molino de Josso - Milis				21-22/06/2018				
Responsabile		Sondaggio		Tipo Carotaggio		Tipo Sonda		Coordinate X Y				
Dott. Geol. A. Angius		S 1		RCC		MASSENZA MI2						
Scala (m)	Litologia	Descrizione			Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
		Terreno di riporto: clasti, blocchi e sabbia, asciutto, da grigio a beige, moderatamente addensato.			0.80							
1		Blocchi eterometrici sino a pluridecimentrici prevalentemente di basalto e ghiaia ciottolosa.										
2					2.50							
3		Ghiaia e sabbia con poca matrice sabbioso-limosa e blocchi eterometrici e poligenici sino a pluridecimentrici, moderatamente addensato.										
4												
5							18-36-50=3 cm	5.00 PC				
6												
7					8.00							

Campioni: S-Firetti Solibri, O-Osterberg, M-Mastel, R-Rimaneppiggiato, Ro-Rimaneppiggiato da SPT
Perforazione:CS-Candere Semplice, CD-Candere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:RCC

Sonda MASSENZA MI2

Responsabile

Figure 21: sondaggio S1 presso S.P. 17

SISTEMAZIONE RIO MULINO DE JOSSO – MILIS

Committente Consorzio di Bonifica Oristano		Profondità raggiunta -8.00		Quota Ass. P.C.		Certificato n° 2		Pagina 1		
Operatore P. Salis		Indagine Geognostica		Cantiere Rio Molino de Josso - Milis		Inizio/Fine Esecuzione 22/06/2018				
Responsabile Dott. Geol. A. Angius		Sondaggio S 2		Tipo Carotaggio RCC		Tipo Sonda MASSENZA MI2		Coordinate X Y		
Sala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
		Terreno di riporto: ghiaia, sabbia e blocchi, asciutto, da grigio a beige, moderatamente addensato.	0.50							
1		Blocchi, ghiaia e sabbia con poca matrice sabbioso-limosa, da marrone a bruno, da moderatamente addensato ad addensato.								
2										
3										
4			4.30							
5		Argilla detritica da sabbiosa a microciottolosa, da consistente a dura, marrone-rossastra.								
6					18-35-48 (5.40 PC)					
7			8.00							

Campioni: S-Pirelli Sottili, O-Osterberg, H-Masser, R-Rimareggiato, Ri-Rimareggiato da SPT
Perforazione: C-Cantieri Semplificata, CD-Cantieri Doppia, SC-Silica Continua
Probe SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: RCC

Sonda MASSENZA MI2
Responsabile

Figure 22: sondaggio S2 presso la S.P. 15

Committente Consorzio di Bonifica Oristano		Profondità raggiunta -8.00	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 3	Pagina 1	
Operatore P. Salis		Indagine Geognostica	Cantiere Rio Molino de Josso - Milis		Inizio/Fine Esecuzione 25/06/2018	
Responsabile Dott. Geol. A. Angius		Sondaggio S 3	Tipo Carotaggio RCC	Tipo Sonda MASSENZA MI2	Coordinate X Y	
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq
						Vane Test kg/cmq
						Campioni
						Metodo Perforazione
						Falda
1		Suolo sabbioso-limoso, marrone, asciutto.	1.10			
2		Ghiaia e sabbia con blocchi sino a pluridecimentrici, prevalentemente di basalto, marrone, moderatamente addensato.				
3						
4						
5		Argilla limosa e sabbiosa con qualche ciottolo, molto consistente, rossiccia.	4.80			
6					16-34-44 6.05 PC	
7			8.00			

Campioni: S-Parati Scotti, O-Osterberg, M-Miller, R-Romaneggiato, Ro-Romaneggiato da SPT
 Perforazione: CD-Candore Semplice, CD-Candore Doppio, EC-Elica Continua
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: RCC

Responsabile

Figure 23: sondaggio S3 - ansa Rio Mannu

Di seguito il foto - posizionamento dei sondaggi e delle risultanze della perforazione.



Figure 24: sondaggio S1



Figure 25: Sondaggio S2



Figure 26: sondaggio S3

Risultati delle prove SPT

Come già detto sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche in foro. Compatibilmente con le caratteristiche granulometriche dei terreni intercettati, le prove sono state eseguite nel totale rispetto delle normative tecniche.

I risultati delle prove sono indicati nelle colonne stratigrafiche e riassunti nella seguente tabella.

Sondaggio	Prof. dal p.c. (m)	N _{SPT} x 15 cm	N _{SPT}	Litotipo
S1	-5.00	16-36-50=3 cm	Rif.	Ghiaia e sabbia limosa
S2	-5.40	18-35-48	83	Argilla limoso-sabbiosa con ciottoli
S3	-6.05	16-34-44	78	Argilla debolmente sabbiosa con microciottoli

Da quanto emerge, rimandando ogni considerazione in merito al modello geotecnico, si osserva che i valori delle resistenze ottenute dalle prove SPT eseguite in corrispondenza del livello ghiaioso – sabbioso e di quello argilloso, sono risultati sostanzialmente omogenei e rispettivamente tipici di un terreno incoerente fortemente addensato e caratterizzato da angoli di attrito superiori, nella stragrande maggioranza dei casi, ai 40° e di un terreno estremamente compatto con $C_u > 2.0$.

Risultati delle prove geotecniche

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati e 2 campioni indisturbati, sottoposti in laboratorio a prove di Classificazione CNR-UNI 10006 e di taglio. Le prove geotecniche sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico Geosystem (autorizzato da Ministero LL.PP.). I risultati sono riassunti nella tabella seguente e nei certificati allegati.

Sond.	Prof. camp. e tipo	LL, LP, IP, CLASS.	Descrizione	γ (T/m ³)	W%	C' (kPa)	φ
1	5.80 – 7.80 Rimaneggiato	23, 20, 3, A2-4	Ghiaia e blocchi con argilla sabbia e limo				
2	3.50 – 4.30 Rimaneggiato	35, 22, 13, A2-6	Ghiaia e blocchi con argilla limo e sabbia				
3	5.00 – 5.60 Rimaneggiato	39, 23, 16, A6	Argilla limosa debolmente sabbiosa e ghiaiosa				
2	6.05 – 6.40 Indisturbato		Argilla limosa consistente	2,065	21	47,8	22.9°
3	5.60 – 5.85 Indisturbato		Argilla limosa consistente con qualche ciottolo	1,945	25	31,4	30.2°


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

 LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-4ND-REG-02, NDT, CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/ANI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4425-1 DEL 29/06/2018

COMMITTENTE Ditta Dott. Antonello Angius

CANTIERE Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)

CAMPIONE S1 (5,80-7,80)m

PROTOCOLLO \

UBICAZIONE \

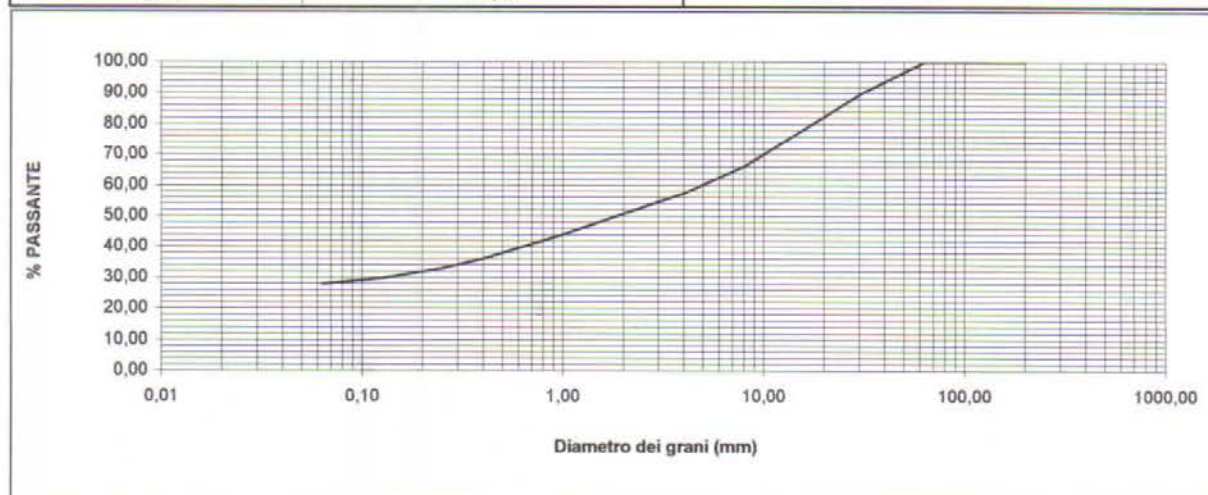
DATA PRELIEVO 25/06/2018

DATA PROVA 04/07/2018

CERTIFICATO N. 036696

DEL 12 LUG. 2018

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1		LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	23
200,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	20
150,0	100,00	INDICE PLASTICO	3
125,0	100,00	INDICE DI GRUPPO	0
100,0	100,00	CLASS.UNI EN 11531-1	A2-4
63,0	100,00		
31,5	90,30		
16,0	78,42		
8,0	66,11		
4,0	57,40		
2,0	50,77		
1,0	43,89		
0,4	36,08		
0,25	32,92		
0,125	29,68		
0,063	27,85		



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K – PARTITA IVA 01588890929

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7817/STC DEL 08/08/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 18/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7818/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-4-NC-REG-02, NOTI.CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. NIT 110386 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4425-2 DEL 29/06/2018

COMMITTENTE Ditta Dott. Antonello Angius

CANTIERE Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)

CAMPIONE S2 (3,50-4,30)m

PROTOCOLLO \

UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO 25/06/2018

DATA PROVA 04/07/2018

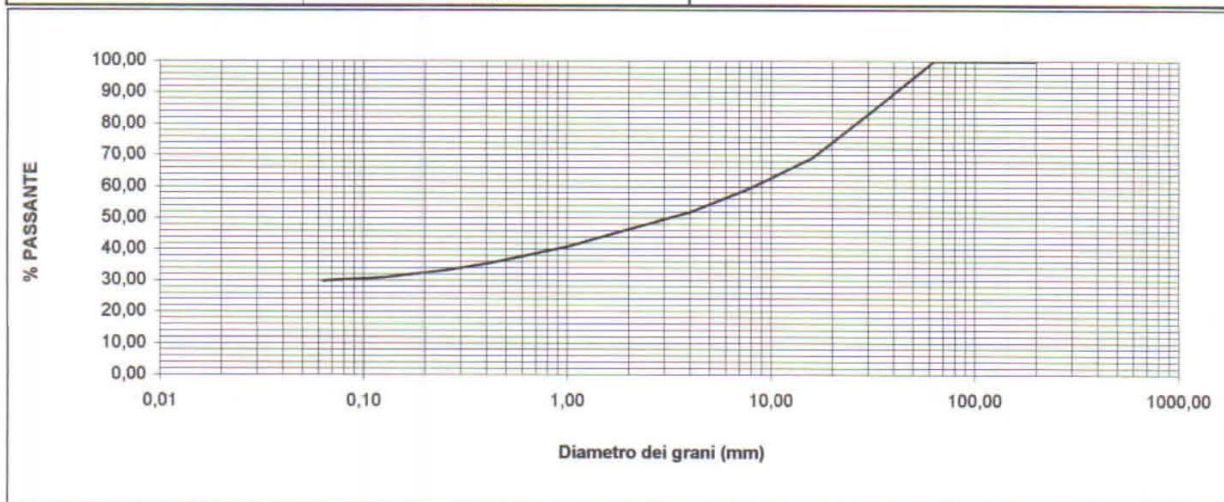
CERTIFICATO N.

036697

DEL

12 LUG 2018

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1		LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	35
200,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	22
150,0	100,00	INDICE PLASTICO	13
125,0	100,00	INDICE DI GRUPPO	0
100,0	100,00	CLASS.UNI EN 11531-1	A2-6
63,0	100,00		
31,5	84,10		
16,0	69,15		
8,0	59,70		
4,0	51,86		
2,0	46,45		
1,0	40,73		
0,4	35,33		
0,25	33,16		
0,125	30,85		
0,063	29,76		



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

 LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 115896 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4425-4 DEL 29/06/2018

COMMITTENTE Ditta Dott. Antonello Angius

CANTIERE Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)

CAMPIONE S3 (5,00-5,60)m

PROTOCOLLO \

UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO 25/06/2018

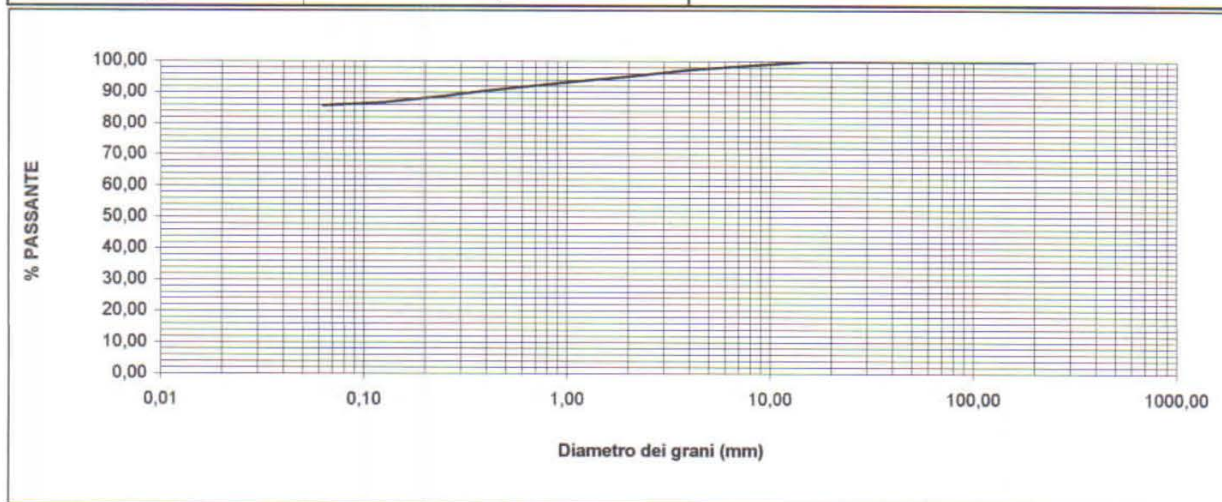
DATA PROVA 04/07/2018

CERTIFICATO N.

036698

DEL 12 LUG. 2018

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1		LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	39
200,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	23
150,0	100,00	INDICE PLASTICO	16
125,0	100,00	INDICE DI GRUPPO	10
100,0	100,00	CLASS.UNI EN 11531-1	A6
63,0	100,00		
31,5	100,00		
16,0	100,00		
8,0	98,66		
4,0	97,21		
2,0	95,17		
1,0	93,18		
0,4	90,47		
0,25	88,81		
0,125	86,81		
0,063	85,70		



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

 LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0998 ISO 9001/UNI EN ISO 9001 2008

V.D.A. N°	4425-3	DEL	29/06/2018
COMMITTENTE	Ditta Dott. Antonello Angius		
CANTIERE	Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)		
CAMPIONE	S2 (6,05-6,40)m		
UBICAZIONE	\		
DATA PRELIEVO	25/06/2018	DATA PROVA	03/07/2018

CERTIFICATO N.	036699	DEL	12 LUG. 2018
----------------	--------	-----	--------------

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-98

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE :	Argilla limosa consistente	
STATO DEL CAMPIONE	Indisturbato	
POCKET PENETROMETER	R	kPa
VELOCITA'DI PROVA:	0,02	mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

	N.	1	2	3
Provini				
Altezza	mm	20,50	20,50	20,50
Lato	mm	59,50	59,50	59,50
Umidita' naturale	W %	20,84	20,84	20,84
Umidita' di prova	W %	20,84	20,84	20,84
Massa campione secco	gr	123,47	124,63	124,21
Densità naturale	kg/m ³	2055,9	2075,2	2068,3
Densità secca	kg/m ³	1701,4	1717,3	1711,6

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Carico verticale	kPa	98,1	196,1	294,2
Altezza dopo consolidazione	mm	20,12	20,04	19,95

FASE DI ROTTURA

Carico verticale	kPa	98,1	196,1	294,2
Altezza finale provino	mm	20,01	19,60	19,52
Umidita' di prova finale	W %	20,31	20,31	20,31
Densità umida finale	kg/m ³	2097,0	2160,9	2162,6
Densità secca finale	kg/m ³	1743,0	1796,2	1797,6

Scorrimento orizzontale	mm	3,46	5,40	3,91
Sforzo al taglio (massimo) t	kPa	98,00	129,00	177,00

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929

Pagina 1 di 1


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demantis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

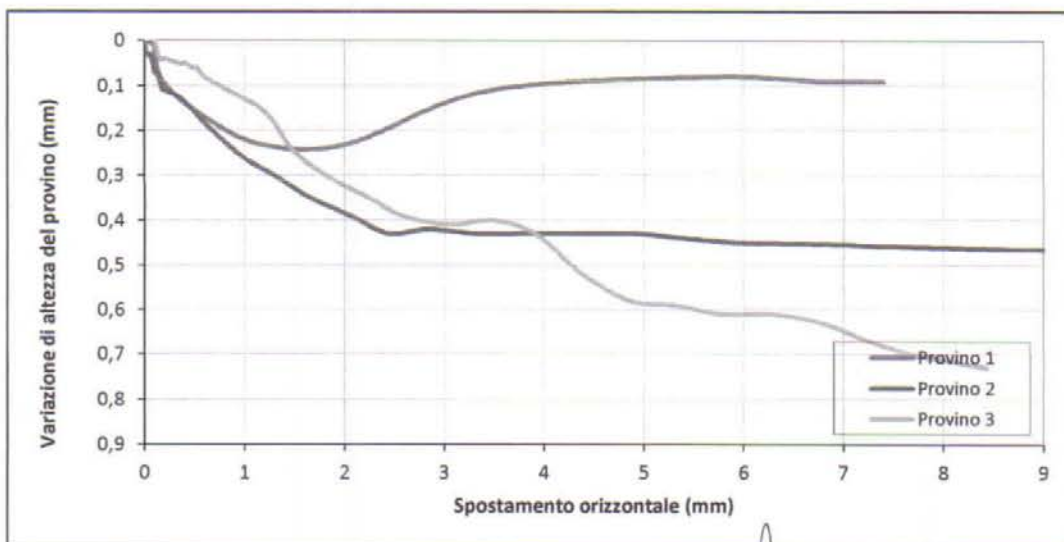
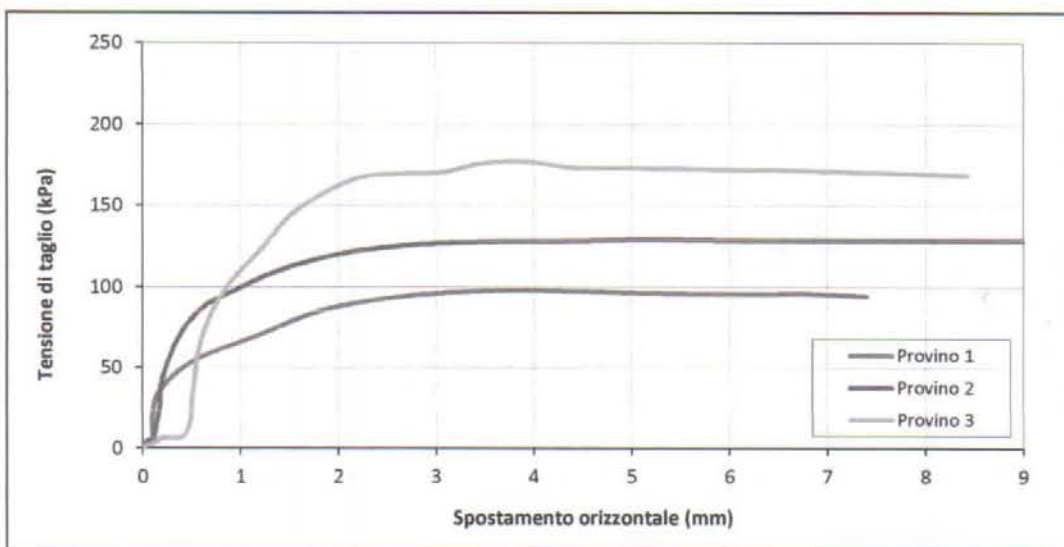
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 58 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.761/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 18/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.761/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT 4NDRES-02, NOT. CIV.
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. NUT 11/06996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	4425-3	DEL	29/06/2018
Committente	Ditta Dott. A. Angius	CERTIFICATO N.	036699
Cantiere	Milis		12 LUG. 2018
Campione	S2 (6,05-6,40m)	DEL	



Il Tecnico

Il Direttore

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K – PARTITA IVA 01588890929


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4425-5 DEL 29/06/2018
COMMITTENTE Ditta Dott. Antonello Angius
CANTIERE Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)
CAMPIONE S3 (5,60-5,85)m
UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO 25/06/2018 DATA PROVA 02/07/2018

CERTIFICATO N. 036700 DEL 12 LUG. 2018

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-98

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Argilla limosa consistente con qualche ciottolo

STATO DEL CAMPIONE Indisturbato

POCKET PENETROMETER 275 kPa

VELOCITA' DI PROVA: 0,02 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

	N.	1	2	3
Provini				
Altezza	mm	20,50	20,50	20,50
Lato	mm	59,50	59,50	59,50
Umidita' naturale	W %	24,77	24,77	24,77
Umidita' di prova	W %	24,77	24,77	24,77
Massa campione secco	gr	113,01	113,17	112,77
Densità naturale	kg/m ³	1943,0	1945,7	1938,8
Densità secca	kg/m ³	1557,3	1559,5	1554,0

FASE DI CONSOLIDAZIONE

Carico verticale	kPa	98,1	196,1	294,2
Altezza dopo consolidazione	mm	19,79	19,62	19,09

FASE DI ROTTURA

Carico verticale	kPa	98,1	196,1	294,2
Altezza finale provino	mm	19,36	19,02	18,53
Umidita' di prova finale	W %	22,70	22,70	22,70
Densità umida finale	kg/m ³	2023,5	2062,4	2109,4
Densità secca finale	kg/m ³	1649,1	1680,8	1719,2

Scorrimento orizzontale	mm	8,12	9,01	7,54
Sforzo al taglio (massimo) t	kPa	93,00	138,00	207,00

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

G.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 - CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929

Pagina 1 di 1


GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

 ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

 TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

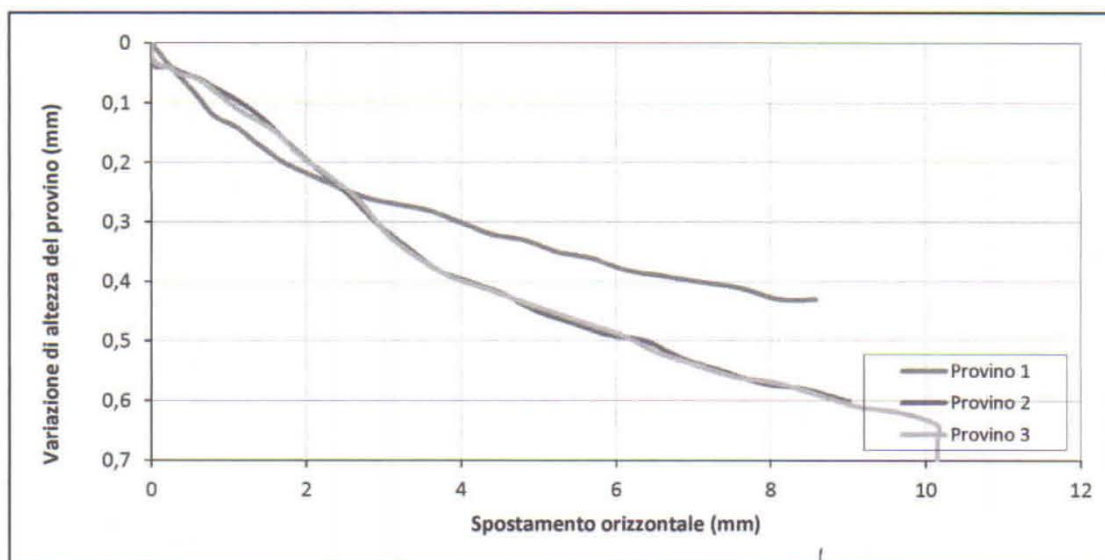
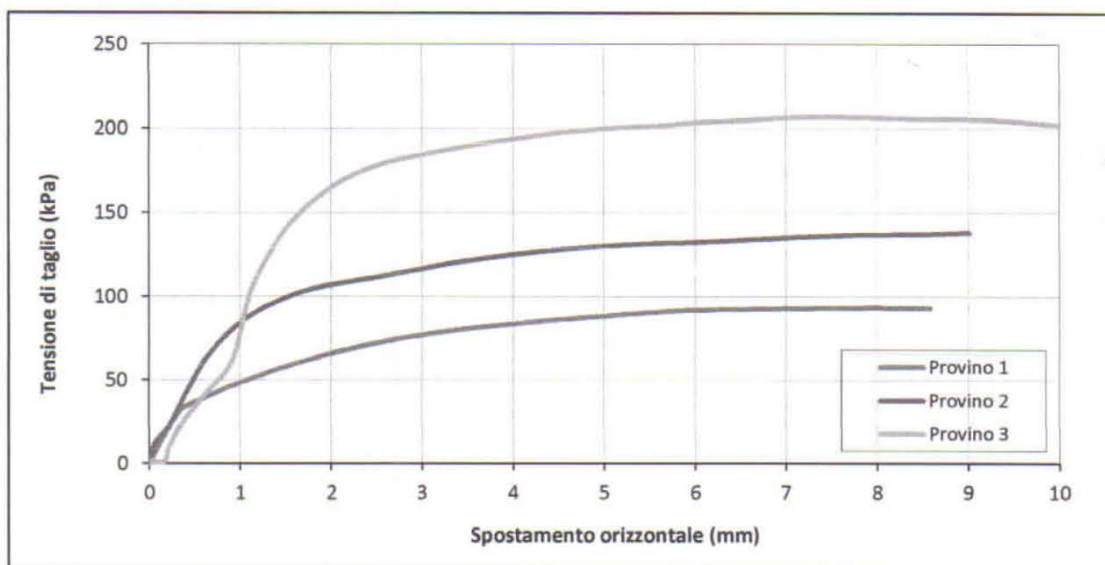
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.761/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.761/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-RES-02, NOT. CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 110996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	4425-5	DEL	29/06/2018
Committente	Ditta Dott. A. Angius	CERTIFICATO N.	035700
Cantiere	Milis		
Campione	S3 (5,60-5,85m)	DEL	12 LUG. 2018



Il Tecnico

Il Direttore

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 - CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929

Nell'ambito del piano preliminare di indagine era prevista l'esecuzione di indagini finalizzate alla caratterizzazione chimica delle terre. Nel corso dei sondaggi sono stati quindi prelevati 3 campioni rimaneggiati, sottoposti ad analisi chimica. Le analisi sono state eseguite presso il laboratorio PROCHEM Srl di Ploaghe. L'elenco dei campioni è riassunto nella tabella seguente, per i risultati ed il dettaglio delle metodologie di prova si vedano i certificati.

Sond.	Prof. camp. e tipo	Tipologia analisi
1	3.80 – 6.50 Rimaneggiato	D.P.R. 13.06.2017 N° 120
2	0.00 – 4.50 Rimaneggiato	D.P.R. 13.06.2017 N° 120
3	0.00 – 5.50 Rimaneggiato	D.P.R. 13.06.2017 N° 120

Il materiale dello scavo, specie per quello che potrà essere recuperato, potrà essere accumulato in prossimità del medesimo ma a distanza sufficiente e tale da garantire adeguata stabilità e condizioni di sicurezza per le lavorazioni. Eventuali materiali inquinanti o comunque non classificabili come terre e rocce da scavo (paramenti etc.), dovranno essere conferiti a discarica autorizzata.

Per le terre e rocce da scavo per le quali si preveda il riutilizzo in regime dei sottoprodotti al di fuori del riutilizzo in cantiere, potrà essere seguita la procedura attualmente prevista dal DPR 120/2017, producendo le apposite autocertificazioni a seguito di caratterizzazione dei materiali.

All'interno del cantiere potranno utilizzarsi le disposizioni previste dall'art. 185 del D Lgs. 152/2006 e s.m.i. nonché art. 24 del D.P.R. 120/2017.

Di seguito le risultanze delle caratterizzazioni secondo i certificati analitici.



PROCHEM SRL
STUDIO CHIMICO PROFESSIONALE
Laboratorio di Analisi e Servizi Ambientali
Qualità UNI EN ISO 9001:2015

RAPPORTO DI PROVA N°	0430/2018	DEL 16/07/2018	Pag. 1 di 1
Committente:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari		
Produttore:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari		
Denominazione campione:	Terra S1 da 3,80-6,50 m		
Prelievo effettuato da:	il richiedente		
Luogo di prelievo	Consorzio Bonifica Oristano - Mulino De Jossu - Milis		
Data di campionamento:	05/07/2018	Ora:	--
Data accettazione:	05/07/2018		
Identificazione interna:	18LA454		
Conservazione/Trasporto:	in busta di plastica		
Rif. legislativo	D.P.R. 13.06.2017 N° 120		

Parametri	Unità di misura	Campione (1)	Valori Limite (2)	Metodo analitico	Limite di rilevabilità frazione <2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	86	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	81	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	1,89	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,125	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	11,54	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	5,91	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	<0,5	2	IRSA Q64 Vol.3	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	<0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	0,41	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	13,24	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	25,43	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	111,4	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 11046/9	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0,01 %

(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.P.R. 13.06.2017 N° 120 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.



Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova.

Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio PROCHEM srl - Studio Chimico Professionale

Sede Legale e Amministrativa e Laboratorio: Via Roma 20, 07017 Ploaghe (SS)

Tel. 079447033 www.prochem.it e-mail: info@prochem.it amministrazione@prochem.it prochemsnc@pec.it

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 n. 3945AR2. Certificato ISO 9001:2015 Qualityaustria n. 20770/0 del 27.06.2018



PROCHEM SRL
STUDIO CHIMICO PROFESSIONALE
Laboratorio di Analisi e Servizi Ambientali
Qualità UNI EN ISO 9001:2015

RAPPORTO DI PROVA N°	0431/2018	DEL	16/07/2018	Pag. 1 di 1
Committente:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari			
Produttore:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari			
Denominazione campione:	Terra S2 da 0,00-4,50 m			
Prelievo effettuato da:	il richiedente			
Luogo di prelievo	Consorzio Bonifica Oristano - Mulino De Jossu - Milis			
Data di campionamento:	05/07/2018	Ora:	--	
Data accettazione:	05/07/2018			
Identificazione interna:	18LA455			
Conservazione/Trasporto:	in busta di plastica			
Rif. legislativo	D.P.R. 13.06.2017 N° 120			

Parametri	Unità di misura	Campione (1)	Valori Limite (2)	Metodo analitico	Limite di rilevabilità frazione <2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	86	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	79,4	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	15,46	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,208	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	11,82	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	8,91	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	<0,5	2	IRSA Q64 Vol.3	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	<0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	0,66	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	15,07	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	24,89	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	126,1	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 11046/9	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0,01 %

(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.P.R. 13.06.2017 N° 120 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.



Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio PROCHEM srl - Studio Chimico Professionale
Sede Legale e Amministrativa e Laboratorio: Via Roma 20, 07017 Ploaghe (SS)
Tel. 079447033 www.prochem.it e-mail: info@prochem.it amministrazione@prochem.it prochemsnr@pec.it
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 n. 3945AR2. Certificato ISO 9001:2015 Qualityaustria n. 20770/0 del 27.06.2018



PROCHEM SRL
STUDIO CHIMICO PROFESSIONALE
Laboratorio di Analisi e Servizi Ambientali
Qualità UNI EN ISO 9001:2015

RAPPORTO DI PROVA N°	0432/2018	DEL 16/07/2018	Pag. 1 di 1
Committente:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari		
Produttore:	Ditta Dott. Antonello Angius Via Italia, 143 - 09134 Cagliari		
Denominazione campione:	Terra S3 da 0,00-5,50 m		
Prelievo effettuato da:	il richiedente		
Luogo di prelievo	Consorzio Bonifica Oristano - Mulino De Jossu - Milis		
Data di campionamento:	05/07/2018	Ora:	--
Data accettazione:	05/07/2018		
Identificazione interna:	18LA456		
Conservazione/Trasporto:	in busta di plastica		
Rif. legislativo	D.P.R. 13.06.2017 N° 120		

Parametri	Unità di misura	Campione (1)	Valori Limite (2)	Metodo analitico	Limite di rilevabilità frazione <2mm
Stato fisico	---	Solido	---	-----	-----
Residuo a 110 °C	% p/p	87	---	IRSA CNR	0,1%
Residuo a 550 °C	% p/p	80,3	---	IRSA CNR	0,1%
Arsenico	mg/Kg	10,86	20	EPA 7062/94	< 0,1 mg/kg ss.
Cadmio	mg/Kg	0,088	2	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cobalto	mg/kg	12,47	20	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Cromo tot	mg/Kg	9,0	150	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Cromo VI	mg/Kg	<0,5	2	IRSA Q64 Vol.3	< 0,5 mg/kg ss.
Mercurio	mg/Kg	<0,1	1	EPA 7471-B/98	< 0,1 mg/kg ss.
Nichel	mg/Kg	1,16	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Piombo	mg/Kg	18,84	100	EPA-6010-C/00	< 0,1 mg/kg ss.
Rame	mg/Kg	17,73	120	EPA-6010-C/00	< 0,5 mg/kg ss.
Zinco	mg/Kg	123,0	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 11046/9	< 1 mg/kg ss.
Amianto	%	n.d.*	1000	MP 0382/99	< 0,01 %

(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.P.R. 13.06.2017 N° 120 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.



Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio PROCHEM srl - Studio Chimico Professionale
Sede Legale e Amministrativa e Laboratorio: Via Roma 20, 07017 Ploaghe (SS)
Tel. 079447033 www.prochem.it e-mail: info@prochem.it amministrazione@prochem.it prochemsnc@pec.it
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 n. 3945AR2. Certificato ISO 9001:2015 Qualityaustria n. 20770/0 del 27.06.2018

5 ESECUZIONE DEGLI SCAVI E STABILITA' DEI FRONTI, CAVE E 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 trincee per profondità inferiore ad 1,0 metro sarà comunque parzialmente svolto, con la massima probabilità, su terreni di riporto o orizzonti terrosi lavorati, a diversa consistenza, ma nei quali non si verifica la necessità di utilizzo di opere di sostegno delle pareti. Tutti gli approfondimenti, compresi quelli necessari per la posa dei gabbioni, necessitano naturalmente di un allargamento dello scavo che interesserà anche i terreni naturali; per tale motivo si ritiene possibile che questo ultimo possa essere opportunamente sbadacchiato o comunque sostenuto in caso di pareti verticali o subverticali. 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.

La larghezza degli scavi deve in ogni caso consentire l'esecuzione dei lavori in condizioni di massima sicurezza e in osservanza 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 comunque in via preliminare un grafico ricavato dalla letteratura e frutto dell'esperienza acquisita sul comportamento dei pendii in vari tipi di terreno e rocce fermo restando che si rende necessario l'accertamento delle condizioni di stabilità di singoli settori intercettati.

Considerando che le opere in progetto interessano depositi alluvionali poco coerenti o incoerenti (alluvioni), si stima in via preliminare che le pendenze da assegnare allo scavo possano essere valutate in circa 1/1 per verifiche a breve termine.

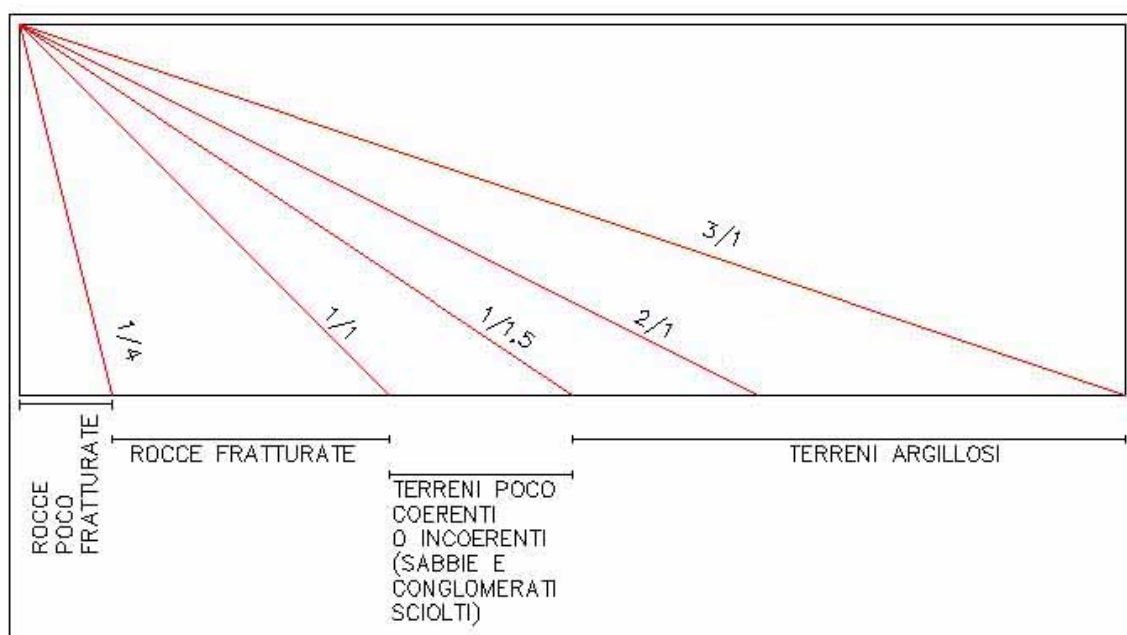
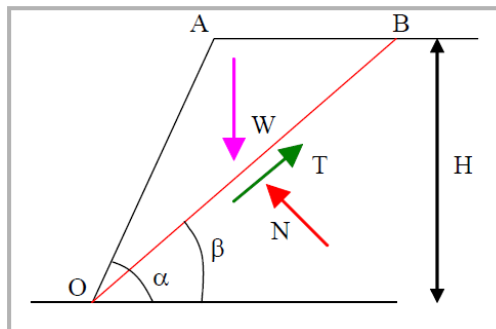


Figure 27: inclinazioni delle scarpate in funzione delle condizioni litologico - stratigrafiche

Nel caso di pendii in scavo, a differenza di altre tipologie di verifiche, l'analisi di stabilità presenta in genere incertezze a causa della variabilità del terreno naturale che costituisce il pendio. Le verifiche di stabilità vengono in genere condotte per scavo solo

temporaneamente non sostenuti. In genere uno dei metodi speditivi che normalmente viene utilizzato per il calcolo dell'altezza critica è quello di Culmann utilizzabile per l'analisi di stabilità di un pendio di scavo omogeneo di altezza limitata, costituito da materiali incoerenti, e quindi dotato di peso specifico e di angolo di attrito. Il metodo considera la condizione di equilibrio di un cuneo di terreno delimitato da una superficie di scorrimento piana. Evidenze sperimentali e analisi teoriche dimostrano che, salvo casi particolari, l'ipotesi di superficie di scorrimento piana non è realistica né cautelativa, tuttavia consente una trattazione semplice del problema, utile in prima approssimazione in attesa di una formulazione più accurata da sviluppare nelle fasi esecutive. Le formule applicabili del metodo di Culmann possono essere così sintetizzate:



$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$$

peso del cuneo AOB

$$N = W \cdot \cos \beta \quad T = W \cdot \sin \beta$$

componenti di W rispetto al piano OB

$$\sigma = \frac{N}{H / \sin \beta} \quad \tau = \frac{T}{H / \sin \beta}$$

tensioni normali e tangenziale media

$$\tau_m = \frac{\tau_f}{FS} = \frac{c}{FS} + \sigma \cdot \frac{\tan \phi}{FS}$$

resistenza al taglio mobilitata

$$c_m = c / FS \quad \text{e} \quad \tan \phi_m = \tan \phi / FS$$

Ponendo:

Si ottiene:

$$\tau_m = c_m + \sigma \cdot \tan \phi_m$$

Con:

$$\beta_{cr} = \frac{\alpha + \phi_m}{2}$$

angolo corrispondente alla superficie critica per l'equilibrio

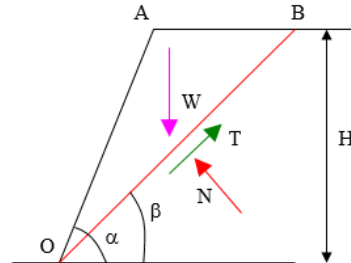
L'altezza critica H_{cr} , ossia la massima altezza del pendio compatibile con l'equilibrio, si ottiene imponendo $FS=1$.

Ossia sostituendo c a c_m e $\tan \phi$ a $\tan \phi_m$

$$H_{cr} = \frac{4 \cdot c}{\gamma} \cdot \left(\frac{\sin \alpha \cdot \cos \phi}{1 - \cos(\alpha - \phi)} \right)$$

Applicando al caso in questione il metodo di Culmann (considerando un unico strato iniziale che è quello su cui avviene lo sbancamento e che è rappresentato dalle alluvioni ciottolose e a blocchi) e utilizzando parametri anzidetti (angolo di attrito di circa 40° e un peso specifico di 2000 Kg/m^3 oltre ad un angolo di inclinazione della scarpata di 75° ed ipotizzando un fronte di scavo di circa 5 metri, si avrebbe un valore dell'altezza critica pari a circa 8.07 metri

$H =$	5,00	[m]
$\gamma =$	19,61	[kN/m ³]
$\alpha =$	75,0	[° gradi]
$\phi =$	40,0	[° gradi]
$c =$	0,00	[kN/m ²]
$c_u =$	0,00	[kN/m ²]
$FS =$	1,00	
$\beta_{cr} =$	57,5	[° gradi]
$W =$	90,50	[kN]
$N =$	48,62	[kN]
$T =$	76,32	[kN]
$\sigma =$	11,53	[kN/m ²]
$\tau =$	18,10	[kN/m ²]
$\tau_m =$	9,68	[kN/m ²]
$H_{cr} =$	8,07	[m]



$H =$	altezza del fronte di scavo
$\gamma =$	peso di volume del terreno
$\alpha =$	angolo di inclinazione del pendio
$\phi =$	angolo di attrito
$c =$	coesione
$c_u =$	coesione non drenata
$FS =$	fattore di sicurezza
$\beta_{cr} =$	angolo critico per l'equilibrio
$W =$	peso del terreno per unità di volume
$N =$	componente normale di W
$T =$	componente tangenziale di W
$\sigma =$	tensione normale
$\tau =$	tensione tangenziale
$\tau_m =$	tensione mobilitata a taglio
$H_{cr} =$	altezza critica per l'equilibrio

Considerato lo scarto minimo si consiglia quindi ed in ogni caso la sbadacchiatura (in funzione del tempo di apertura dello scavo) oppure l'adozione di una inclinazione inferiore di 75° .

Oltre a quanto sopra rappresentato si ritiene indispensabile:

- Effettuare la sospensione delle lavorazioni in caso di pioggia e per i giorni successivi sino a quanto non sia garantita la tenuta delle pareti nuovamente asciutte. In caso contrario effettuare il contenimento con metodi artificiali.
- Effettuare l'intercettazione delle acque di ruscellamento provenienti dai settori a monte degli scavi mediante canaletta superficiale, per impedire che eventuali acque si infiltrino nelle coperture terrose e modifichino le caratteristiche geotecniche dei terreni a vantaggio della instabilità.
- Eseguire la pulizia delle aree limitrofe agli scavi (per una fascia di circa 2 metri dal ciglio dello scavo) con rimozione degli strati più superficiali allentati (riporti),
- Mantenere un franco di protezione al di sopra dei cigli delle scarpate, della larghezza di almeno 3 metri dal ciglio superiore, nella quale dovrà essere evitato il movimento di mezzi meccanici ed eventuali sovraccarichi.
- Effettuare la delimitazione con parapetti e segnalazione del ciglio degli scavi.

Per ciò che concerne l'approvvigionamento di materie prime si segnala che le cave regolarmente autorizzate più vicine che consentono la fornitura di misti sono localizzate entro la distanza di 10 km dal sito in questione.

Per ciò che concerne il trattamento dei materiali provenienti dagli scavi si osserva:

- Per le terre e rocce da scavo destinate a luoghi al di fuori del cantiere, a seguito della caratterizzazione ai sensi della D.P.R. 120/2017 si può ricorrere all'autocertificazione ad ARPAS nelle forme di Legge,
- Terre e rocce da scavo riutilizzate all'interno del cantiere: caratterizzazione e riutilizzo in procedura ai sensi del D.P.R. 120/2017
- L'eventuale conferimento in impianto autorizzato di trattamento potrà essere effettuato entro il raggio di 10 Km

Inoltre si raccomanda di evitare l'apertura di ampi fronti profondi ma di procedere per piccoli e brevi settori di costruzione.

Per ciò che concerne la metodologia di scavo si osserva che tutti gli scavi a cielo aperto interesseranno materiali alluvionali aggredibili con una normale benna per terra.

Per ciò che concerne l'approvvigionamento di materie prime si segnala la presenza di cave regolarmente autorizzate a distanza inferiore ai 20 Km e che consentono la fornitura di tout venant e sabbie.

6 INDICAZIONI OPERATIVE ED ACCESSORIE

L'analisi geologico-morfologica e idrogeologica ha consentito di evidenziare le condizioni di instabilità, di pericolosità e rischio geomorfologico del settore in relazione alla realizzazione delle opere previste. L'erosione idrica osservata nell'area si manifesta come erosione verticale o di fondo, erosione laterale ed erosione regressiva (ad esempio in corrispondenza della soglia del ponte sulla provinciale n. 15). Per il calcolo dell'erosione spondale ci si potrebbe riferire alle sperimentazioni riportate in letteratura quali quelle di Shield o di Rankilior. Ci si potrebbe riferire anche ad altri approcci metodologici più complessi oltre a quelli citati e che tengano in debito conto fenomeni come l'hiding e l'armouring.

Sulla base di quanto definito, considerato che comunque ci si trova in condizioni di elevata vulnerabilità erosiva sia per effetto delle correnti e sia in particolar modo per la mancanza di adeguati usi del suolo atti a mitigare l'azione erosiva, si rende necessaria l'adozione di sistemi di protezione sulle sponde dell'alveo (nei tratti di interesse) e delle spalle dei ponti, attraverso l'utilizzo di sistemi resistenti e capaci inoltre di adeguarsi a condizioni di stabilità del fondo non rocciose. Attraverso la messa in posa delle gabbionate si avrà:

- protezione del profilo dall'erosione ancor prima dell'avvenuto attecchimento della copertura vegetale.
- ritenzione di materiale detritico, di spinte dovute a smottamenti e piccole frane delle arginature e scarpate.
- facilità, velocità ed economicità dell'intervento.
- ottima ecocompatibilità dell'intervento
- "flessibilità" ossia la capacità di assorbire le deformazioni del sedime senza che vengano pregiudicate le altre funzioni;
- resistenza all'invecchiamento;
- facilità di manutenzione, che comprende la riparazione del danno locale e la sostituzione dei materiali degradati;

Per ciò che concerne la realizzazione dei gabbioni si consiglia la realizzazione di una fondazione che dovrà naturalmente essere migliorata anche con la messa in posa di pietrame di grosso calibro affogato in cls. Le opere di fondazione dovranno essere adeguatamente dimensionate a seguito dell'esecuzione delle indagini geognostiche e prove di laboratorio.

A tergo del gabbione si consiglia la posa di un geotessile mentre nelle aree iniziali e terminali di posa si consiglia di rafforzare la fascia di contatto con il terreno onde evitare erosioni laterali differenziali. Tra i gabbioni sarebbe opportuno inoltre evitare l'utilizzo di talee che potrebbero generare delle spinte sui gabbioni medesimi.

Inoltre al fine di garantire la perfetta funzionalità idraulica sarebbe auspicabile effettuare la manutenzione continua delle aree. La manutenzione e continua pulizia delle zone di deflusso è elemento indispensabile per il corretto incanalamento. Si evidenzia infatti che sono proprio le accortezze assunte nell'eliminare qualsiasi fonte di occlusione a garantire la tutela in occasione di eventi pluviometrici particolari, mantenendo appunto le opere di intercettazione e l'alveo in condizioni efficienti di drenaggio.

Sulle aree prossime ai manufatti e ai punti di realizzazione delle opere, così come previste nel quadro iniziale della presente relazione, dovrà procedersi alla demolizione completa e smaltimento dei gabbioni e delle opere di protezione spondali esistenti.

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 dovranno essere utilizzati i dati riportati nella ricostruzione del modello geologico di riferimento che vede sostanzialmente distinti, in tutti gli ambiti di riferimento, i 2 “strati” già definiti nella sezione geologica: terre vegetali e alluvioni ciottolose e a blocchi e livello argilloso leggermente ghiaioso ciottoloso. Gli spessori sono richiamati nelle sezioni e si suppone che, in funzione delle condizioni di appoggio delle opere in progetto, le stesse, a seguito della rimozione degli strati terrosi sovrastanti, interesseranno quasi ovunque il substrato fondazionale argilloso nelle aree di intervento della S.P. 15 e nell’ansa in località Piscu Piu mentre interesseranno il livello ghiaioso sabbioso in corrispondenza della S.P. 17.
- L’ammorsamento delle opere dovrà quindi avvenire previa rimozione degli strati terrosi. Si ritiene che quindi, prescindendo dalle opportune considerazioni geotecniche che saranno riportate nell’apposita relazione, debbano essere eliminati tutti i terreni umidi e saturi, eventualmente ricchi di torba o organici.
- Dal punto di vista geomorfologico, nell’ambito delle aree di intervento prevalgono processi di natura fluviale e 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 emerge chiaramente la presenza di una superficie di falda freatica anche se non rilevata nei sondaggi. Lo sbancamento che sarà operato per la messa in posa delle opere intercetterà con ogni probabilità la falda in caso di mancanza di deflusso superficiale e avrà comunque incidenza sull’assetto idrogeologico. Tra ghiaie e substrato argilloso si riscontrano notevoli variazioni di permeabilità. Occorrerà porre particolare attenzione nella valutazione della resistenza ai moti di filtrazione e sottofiltrazione. Per la valutazione dei moti occorrerà quindi impostare le condizioni al contorno considerando la presenza di una falda superficiale.
- In relazione alle modalità di scavo si osserva che le terre potranno essere scavate ed asportate con il semplice utilizzo della benna.
- 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. Ai fini delle verifiche si rimanda all’apposito paragrafo dove in via prudenziale si consiglia comunque la sbadacchiatura anche se per altezze di 5 metri e inclinazione di circa 75° della parete di scavo, si è quasi al limite della resistenza.
- 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. Considerato che gran parte dei materiali granulari che saranno asportati dal sito possiedono ottime caratteristiche di tipo geotecnico, se ne consiglia il loro impiego per le fasi costruttive con appropriati riutilizzi in miscela per raggiungere le specifiche richieste dai capitolati. In base alle caratteristiche granulometriche richieste i materiali saranno ripartiti in tre categorie; materiale granulare “pregiato”; materiale “povero;

terreno vegetale per il rivestimento finale delle aree limitrofe.

- Per ciò che concerne il reperimento dei materiali impiegabili ai fini della costruzione, si segnala la presenza sia di cave che di impianti di trattamento e discariche nelle immediate vicinanze del sito.

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'ambito delle attività complementari alla progettazione definitiva per la realizzazione degli interventi di sistemazione del Rio Mulino de Josso in agro del Comune di Milis, 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 definitiva. A seguito dell'esecuzione delle indagini geognostiche e di caratterizzazione ambientale, si è quindi provveduto ad elaborare la presente relazione geologica definitiva che definisce un appropriato modello geologico di dettaglio e di riferimento per il progettista geotecnico 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.

Da un punto di vista strettamente geomorfico generale si osserva che l'area di intervento si sviluppa sul lato sud orientale dell'apparato vulcanico del Montiferro, sul settore caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali derivati dall'erosione dei rilievi montani antistanti. Nell'area di intervento si distinguono i caratteri geomorfologici tipici delle successioni alluvionali. L'andamento subpianeggiante del territorio è infatti evidente e la costituzione geologica lo testimonia data la presenza quasi totale di depositi alluvionali quaternari dei corsi d'acqua e di quelli pleistocenici antichi. Le fasce in cui scorrono il Rio Mannu e il Rio Mare di Foghe sono interessate da depositi recenti ed attuali, mentre la zona intermedia tra i due rappresenta una antica area deposizionale da conoide detritica. L'analisi evidenzia minime variazioni altimetriche legate all'imposta originaria del territorio. L'area di intervento è caratterizzata da una dinamica fluviale particolarmente intensa con erosioni localizzate in corrispondenza sia delle anse fluviali che delle opere di attraversamento della viabilità provinciale, scalzamenti delle opere di protezione realizzate in passato, rottura dei gabbioni ed inoltre un importante trasporto di materiali alluvionali grossolani.

In relazione alla pericolosità geologica è stata effettuata una valutazione degli strumenti di pianificazione sovraordinata ed è stata appurata la perimetrazione del settore a bassa pericolosità idraulica (Hi1),

In relazione alla pericolosità sismica si ipotizza che sulla base della conoscenza dei luoghi e sulla base delle risultanze di indagini dirette nella fattispecie di perforazioni eseguite in comparti non distanti, il profilo stratigrafico dell'area, considerata l'omogeneità litologica del settore sia da classificare come appartenente alla categoria E: profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

E' stata effettuata una valutazione delle caratteristiche geologiche dell'area. La successione dei terreni è infatti costituita da sedimenti quaternari sovrapposti ad elementi vulcanici dell'apparato del Montiferro. Tale substrato pliocenico è affiorante unicamente nell'abitato di Milis e nei settori a Nord del medesimo abitato. I depositi alluvionali contraddistinguono il settore vallivo del Rio Mannu sino alla zona di N.ghe Tronza (circa 1 Km a NE dell'abitato di Milis).

Per ciò che concerne gli strati più superficiali che saranno con ogni probabilità interessati da scavi di sbancamento, si presume che gli stessi interessino quasi totalmente le fasce di arenizzazione del basamento, per spessori a tratti metrici, quando non viene intercettato il

basamento fessurato o sano. Nell'area in argomento, sono state eseguite indagini dirette mediante sondaggio a carotaggio continuo, che hanno comunque evidenziato la mancanza di un substrato roccioso e la presenza di una successione alluvionale particolarmente spessa e costituita da una alternanza di livelli psefitici e psammitici. In genere quasi ovunque si riscontra la presenza di un livello argilloso sottostante le alluvioni superficiali più grossolane.

Con riferimento all'idrologia superficiale è stato effettuato un inquadramento delle caratteristiche del bacino idrografico e si rimanda alla relazione idrologica ed idraulica di progetto per eventuali dettagli.

L'idrogeologia del settore è in stretto rapporto con il grado di permeabilità delle formazioni affioranti e sotterranee. Siamo infatti in presenza di complessi litologici che mostrano, dal punto di vista della permeabilità sia primaria (per porosità) che secondaria (fessurazione), caratteristiche differenti. In generale la parte scarsamente permeabile del bacino è costituita dal substrato vulcanico che si riscontra a profondità di qualche decina di metri così come attestano le perforazioni idriche di ricerca di falde profonde censite sul territorio. Le facies vulcaniche hanno una permeabilità variabile che in genere è di tipo medio basso ma che varia in funzione delle tipologie: le vulcaniti basaltiche manifestano una permeabilità per fessurazione mentre le facies più clastiche hanno localmente anche una permeabilità per porosità che varia in funzione del grado di argillificazione dei componenti. In genere comunque la permeabilità è più elevata nei tipi meno saldati e scarsamente argillificati e diviene molto bassa laddove le litologie tendono ad argillificarsi. Locali intercalazioni argillose nelle alluvioni terrazzate possono ugualmente costituire livelli impermeabili significativi ai fini della limitazione alla circolazione idrica subsuperficiale. Le alluvioni grossolane e i colluvi si presentano in genere a permeabilità più elevata in quanto presentano localmente una forte concentrazione di scheletro ciottoloso e sabbioso grossolano in matrice scarsamente limosa.

Si rimanda agli allegati del piano delle indagini geognostiche per le risultanze delle medesime; nella presente relazione ci si è soffermati al richiamo delle medesime e al commento dei dati in relazione alla ricostruzione del modello geologico, richiamando in sintesi i dati significativi che hanno consentito di ricostruire il medesimo e fornire anche al professionista geotecnico le basi per una corretta ricostruzione del modello geotecnico. La concordanza dei dati emersi dalle indagini dirette ha consentito di validare il modello geologico di riferimento definito nella presente.

Sono state riportate alcune indicazioni operative ed accessorie in relazione alle modalità di attuazione del progetto evidenziando in particolare la necessità di rimozione di strati non idonei come substrato di appoggio, l'incidenza della falda e della presenza dell'acqua, delle variazioni anche se minime di permeabilità, in relazione alle modalità di esecuzione degli scavi e di riutilizzo, approvvigionamento dei materiali inerti nonché del conferimento a discarica. Per la tipologia degli interventi, localizzazione e per le verifiche di tipo geotecnico ed idrologico-idraulico, si rimanda agli elaborati di progetto.