



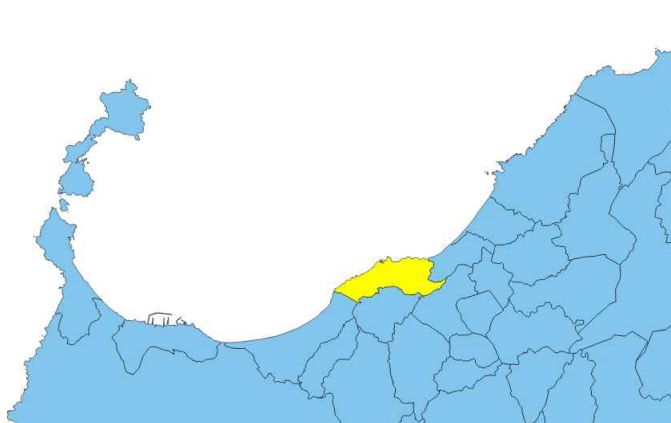
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna
Servizio Progetti e Costruzioni



"Acquedotto Coghinas 1 - Opere urgenti di deviazione del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)"



Progetto Definitivo-Esecutivo

Relazione geologica-geotecnica

Allegato

ALL04_RO

Scala:

RTP progettisti:

Capogruppo:
Ing. Daniele Casula



Mandanti:
Geol. Lorenzo Ottelli



Archeol. Patrizia Fenu

Responsabile del Procedimento:

Ing. Antonio Fadda

Servizio Progetti e Costruzioni
Il Sostituto del Direttore
Ing. Antonio Attene

Il Direttore Generale f.f.
Ing. Franco Ollargiu

Maggio 2017

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2.1	Climatologia e Idrologia	2
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE	4
3.1	Introduzione	4
3.2	Geologia generale.....	6
3.3	Idrogeologia generale	6
3.4	Geomorfologia generale	9
4	RILEVAMENTI GEOLOGICI DI DETTAGLIO	9
5	INDAGINI	10
5.1	Sondaggi	11
6	MACROSISMICITA' E RISCHIO DI LOCALI AMPLIFICAZIONI SISMICHE	15
6.1	Azioni sismiche di progetto.....	16
7	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE.....	17
8	STABILITÀ DEL PENDIO.....	17
8.1	Introduzione all'analisi di stabilità	18
8.2	Metodo equilibrio limite (LEM)	18
8.3	Metodo dei conci.....	18
8.4	Dati generali.....	24
8.5	Condizioni Ante Operam.....	25
8.6	Condizioni Post Operam.....	26
9	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INSTABILITA' IN ATTO O POTENZIALE.....	27
10	ANALISI DEGLI ASPETTI MORFOLOGICI, CLINOMETRICI, CLIMATICI ED IDRAULICI NEL QUADRO DELLE FENOMENOLOGIE RISCONTRATE E VALUTAZIONE SUI POSSIBILI ELEMENTI DI INNESCO DI ULTERIORI FENOMENI ANCHE DOVUTI ALLA PRESENZA DELLA NUOVA OPERA	28
10.1	Aspetti morfologici	28
10.2	Aspetti clinometrici	28
11	ANALISI ED INTERPRETAZIONE DEI DATI IDROGEOLOGICI FINALIZZATI ALL'INDIVIDUAZIONE E SOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON LA FALDA CONNESSE CON LO SCAVO DELL'OPERA: SIA COME IMPATTO SULL'AMBIENTE IDRICO CHE COME RIPERCUSSIONI DURANTE LO SCAVO	28
12	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	28

1 PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta per il completamento di un tratto di condotta idrica di proprietà dell'ENAS e più precisamente l'intervento – Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo). Il presente lavoro analizzerà in linee generali la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia di base sino a poi arrivare a definire nel dettaglio l'area in cui insiste l'opera. Oltre agli elementi bibliografici analizzati, si è fatto riferimento alla campagna d'indagine e ai vari sopralluoghi effettuati in situ.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'indagine ricade nel foglio I.G.M. in scala 1:50.000 denominato 442 – Castelsardo, inoltre è individuabile nello stralcio della carta I.G.M. 1:25.000, di seguito riportato (Figure n°1), Foglio n°442 sezione IV Castelsardo, mentre riferendosi alla Carta Tecnica Regionale, ricade all'interno della sezione n°442050 "Castelsardo" (Tavola n°1). L'area, è raggiungibile percorrendo la S.S. n°200 dell'Anglona, ed è visibile nella foto n°1 ripresa da Google. L'area geograficamente è caratterizzata da rilievi con forme moderatamente dolci a carattere collinare che insistono sulla parte destra percorrendo l'attuale S.S. n°200 dell'Anglona in direzione Castelsardo. Mentre sulla sinistra della stessa S.S. le quote degradano dolcemente verso il mare.



Foto n°1 – Immagine da Google con individuazione dell'area d'indagine.

2.1 Climatologia e Idrologia

L'area d'indagine come indicato anche in precedenza, si trova all'interno dell'abitato di Lu Bagnu. Per quanto riguarda i caratteri climatici e idrologici che si rilevano nell'area, si riportano i dati rilevati dal sito dell'ARPAS <http://www.sar.sardegna.it>. I dati riportati riguardano la ventosità, la temperatura massima e minima e la piovosità. Nella successiva tabella n°1 è riportata la direzione di provenienza del vento massimo sulla base delle percentuali sul totale dei dati disponibili, mentre nella Figura n°2 sono visibili i punti di rilevamento. Nell'area d'indagine i venti predominanti sono provenienti da W e da E. Per quanto riguarda la temperatura nelle Figure n°3-4 sono riportate le medie delle temperature massime e minime in Sardegna. L'area d'indagine ricade all'interno dei 20°-21° per quanto riguarda le medie annali delle temperature massime e 11°-12° per quanto riguarda le temperature minime. Nella Figura n°5 è riportata la media delle precipitazioni annue che per quanto riguarda l'area d'indagine sono comprese nell'intervallo che varia da 600 a 700 mm. I grafici sono stati estratti dal volume Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio

regionale nel periodo ottobre 2010 - settembre 2011 dell'ARPAS. Gli aspetti climatologici e gli aspetti idrologici non saranno modificati dalla realizzazione dell'opera.



Figura n°1 – Stralcio della carta IGM – Foglio 442 Sezione IV – Castelsardo.

Tabella n°1 - Direzione di provenienza del vento massimo (percentuali sul totale dei dati disponibili)

Direzione di provenienza del vento massimo (percentuali sul totale dei dati disponibili)									
Stazione	N	N-E	E	S-E	S	S-W	W	N-W	direzione variabile o calma di vento
Capo Frasca (Arbus)	10.41	3.97	9.62	15.94	2.00	9.72	19.83	28.26	0.26
Decimomannu	10.94	2.10	2.78	23.17	14.71	3.62	9.10	32.97	0.62
Elmas	14.68	0.84	4.35	17.68	20.85	2.36	11.98	27.11	0.15
Spalmatoreddu (Carloforte)	15.02	3.83	6.42	10.62	8.98	6.68	10.31	38.14	0.00
Fonni	6.79	6.60	7.94	6.58	5.40	16.00	33.60	16.41	0.67
Capo Bellavista (Arbatax)	8.34	15.07	10.94	7.98	15.45	5.23	15.70	21.19	0.10
Perdasdefogu	2.05	6.28	22.53	11.63	1.20	10.13	39.10	6.44	0.63
Guardiavecchia (La Maddalena)	4.41	10.53	15.95	5.51	0.72	6.64	51.07	4.99	0.19
Asinara	3.07	3.02	22.68	4.29	3.77	9.16	40.84	13.03	0.13
Alghero	6.85	11.57	4.24	0.73	16.65	12.05	27.76	19.97	0.19

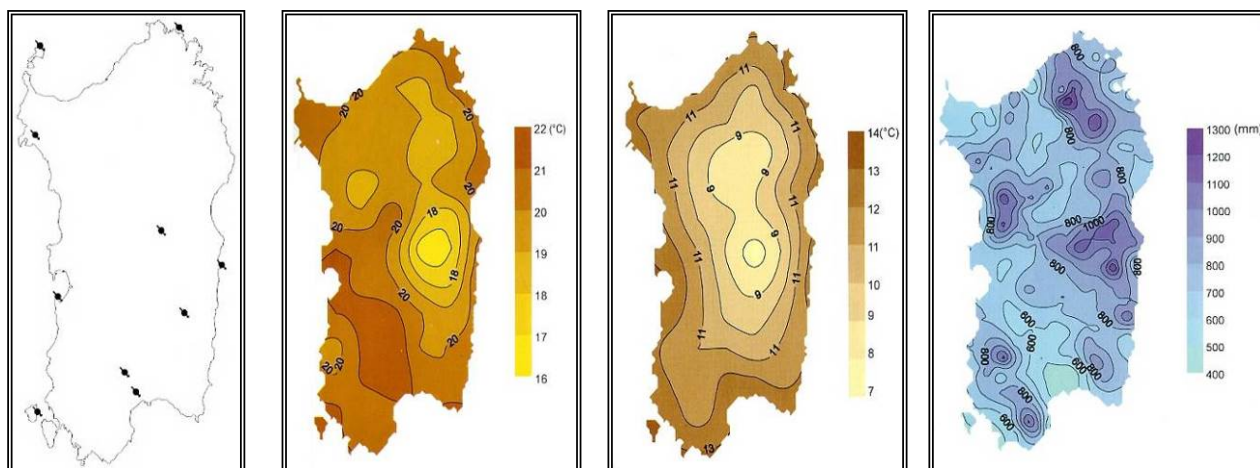


Figura 2-3-4-5 – Punti di rilevamento della ventosità, Temperature massime e minime, e media della piovosità in Sardegna.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

3.1 Introduzione

Lo studio geologico generale dell'area è stato incentrato sulle seguenti tematiche:

- 1) Definizione dell'assetto geologico, litostratigrafico, morfologico e idrogeologico generale;
- 2) Verifica della situazione geologica di dettaglio dell'opera, in funzione della suddivisione della stessa, anche attraverso l'analisi delle indagini eseguite recentemente.

Per il raggiungimento delle finalità prefissate, sono stati analizzati, con il dettaglio imposto dalla fase progettuale, tutti gli aspetti territoriali, necessari per individuare eventuali criticità e predisporre l'idoneo intervento progettuale. A titolo generale nella Figura n°6, si riporta lo stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000, dove è evidenziata l'area d'indagine mentre di seguito saranno analizzate con maggiore dettaglio le formazioni che interessano la zona di indagine riportate anche in Tavola n°2 in scala 1:10.000. Come si evince dalla figura, l'area in cui sarà costruita l'opera ricade in linee generali all'interno di tre grandi gruppi litologici appartenenti alle formazioni di:

- 1) Ghiaie sabbie, limi e argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali, attribuibili all'Olocene.
- 2) Conglomerati fluviali talora arrossati, a elementi del basamento cristallino. Oligocene superiore - Aquitaniano
- 3) Rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici, talora livelli epiclastici intercalati. Oligocene Sup. – Miocene inf.-Medio.

Per quanto riguarda le ghiaie sabbie, limi e argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali, attribuibili all'Olocene, in generale l'analisi della zona mostra la presenza della formazione dei depositi di spiaggia caratterizzati da sabbie e ghiaie talvolta con resti di molluschi ecc., si tratta di una formazione che possiede deboli spessori nell'ordine al massimo di qualche metro. Per quanto riguarda la zona interessata dai conglomerati fluviali talora arrossati, a elementi del basamento cristallino attribuibili all'Oligocene superiore – Aquitaniano, si rinvencono in ampie aree subpianeggianti in corrispondenza dei corsi fluviali e ricoprono ampie zone del territorio circostante Lu Bagnu. Per quanto riguarda le rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici, talora livelli epiclastici intercalati, attribuibili all'Oligocene Sup. – Miocene inf. – Medio e si rinvencono talvolta in affioramenti isolati o in ampie zone. Nella zona di Castelsardo, così come descritto nel volume Geologia della Sardegna, la successione vulcano-sedimentaria è composta dal basso verso l'alto da duomi andesitici con flussi lavici subordinati, da alternanze di livelli sedimentari con notevole componente vulcanica (Conglomerati marne e calcari di ambiente continentale, lacustre e marino) e di livelli vulcanici (brecce andesitiche a pillow e ignimbrici) e raramente epiclastici; al di sopra affiorano estesamente flussi lavici andesitici (zona di Osilo), ricoperti da una potente unità ignimbrica molto saldata, che affiora con

grande continuità d Castelsardo fino a Perfugas. Di seguito si riporta uno schema della Sardegna estratto dal volume Geologia della Sardegna e una sezione sui rapporti stratigrafici Figura n°7-8-9.

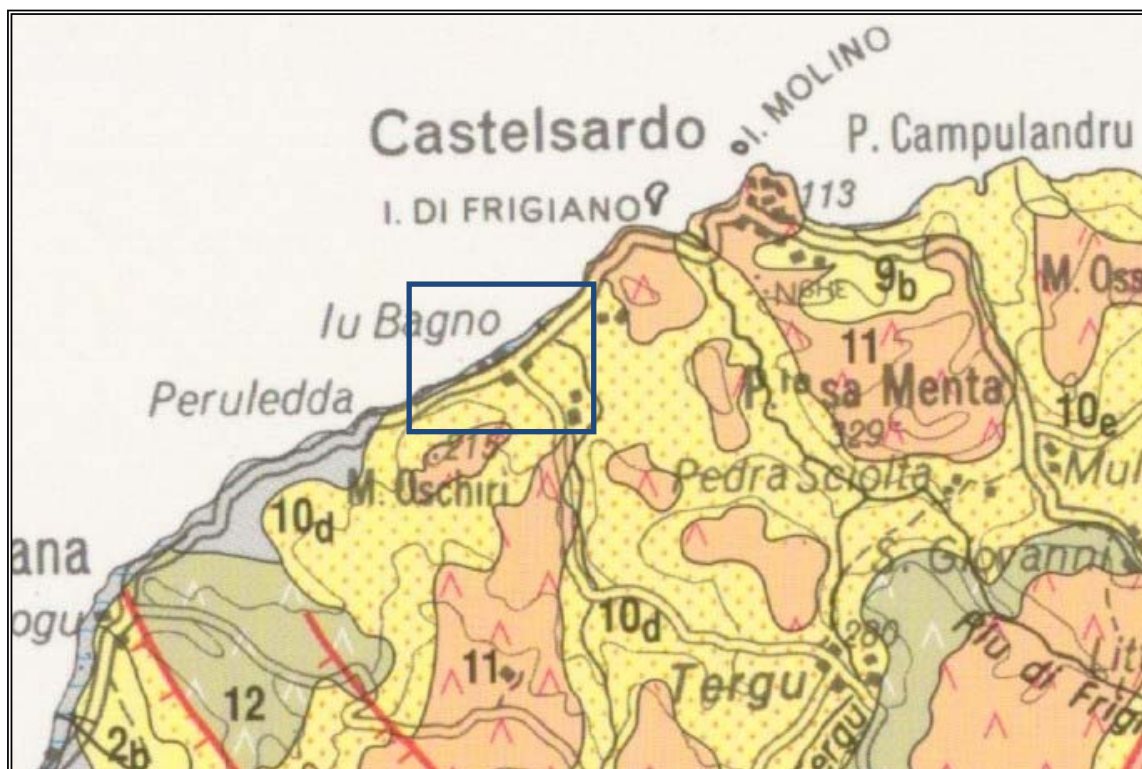


Figura n°6 – Stralcio della Carta geologica 1:200.000 con individuazione dell'area d'intervento.



Figura n°7 – Stralcio degli affioramenti di rioliti in un'immagine descritta nel volume geologia di Sardegna con l'individuazione dell'area d'indagine.

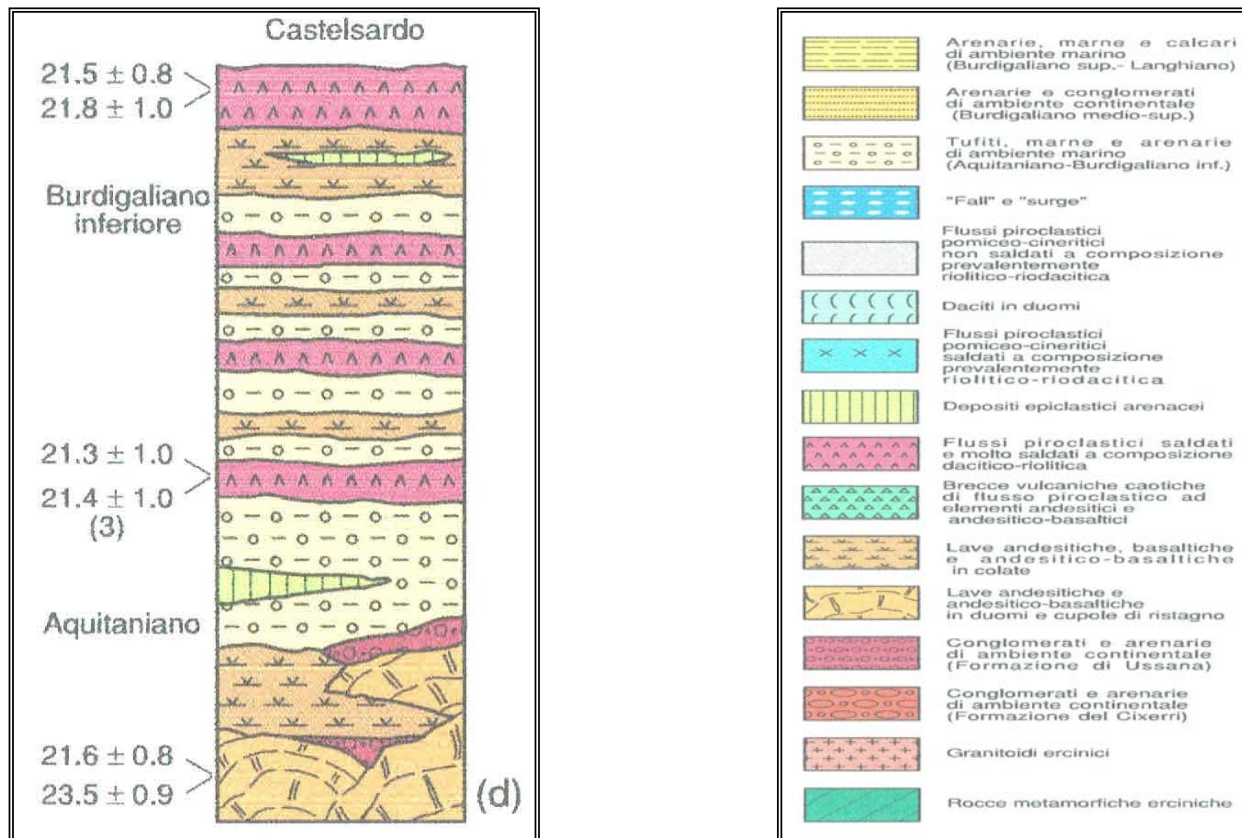


Figura n°8-9 – Stratigrafia dell'area di Castelsardo in un'immagine descritta nel volume geologia di Sardegna.

3.2 Geologia generale

Dal punto di vista geologico, l'area d'indagine ricade all'interno della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 e più precisamente all'interno del Foglio 442 Castelsardo. L'analisi geologica dell'area in esame è partita dal suo inquadramento all'interno della carta strutturale del basamento ercinico della Sardegna, visibile nella Figura n°10. Nella zona in esame si rinvenivano diverse litologie appartenenti alle coperture post-erciniche. L'analisi di un'area leggermente più vasta rispetto quella della zona in cui ricade l'opera, che sarà analizzata nei successivi capitoli, mostra che la zona è costituita prevalentemente da:

- 1) Depositi continentali e di spiaggia;
- 2) Sedimenti pelagici neritici, lagunari e continentali;
- 3) Vulcaniti calcaree, da andesitiche a riolitiche.

3.3 Idrogeologia generale

Nell'area in esame anche per l'idrogeologia, come per la parte geologica, sono stati numerosi gli studi. L'area vasta secondo quanto previsto dalla classificazione proposta nel "Piano Acque Regionale - PRA" (R.A.S., 1989), è compresa nel bacino idrografico Unità idrografica omogenea Mannu di Porto Torres Figura n°11. E ricade più in generale all'interno di tre acquiferi principali:

- **Acquifero detritico - alluvionale Plio-Quaternario;**
- **Acquifero detritico carbonatico Oligo-Miocenico del Sassarese;**
- **Acquifero delle vulcaniti Oligo-Mioceniche della Sardegna Nord-Occidentale.**

I corsi d'acqua principali che insistono nell'area vasta sono il Riu Aliderru e il Riu San Lorenzo. Nell'area di Lu Bagnu zona in cui ricade anche l'area di indagine il rio principale è denominato Riu Lu Bagnu così come anche indicato in Tavola n°1 in scala 1:10.000. I corsi d'acqua sia dell'area vasta, sia localmente manifestano un regime per lo più irregolare con deflussi e portate condizionate dall'andamento stagionale delle precipitazioni. Generalmente nell'area i corsi d'acqua scorrono all'interno di valli con versanti da media a scarsa pendenza. Con riferimento all'assetto idrogeologico, l'area vasta è caratterizzata dalla prevalenza di litotipi che possiedono una permeabilità medio-bassa.

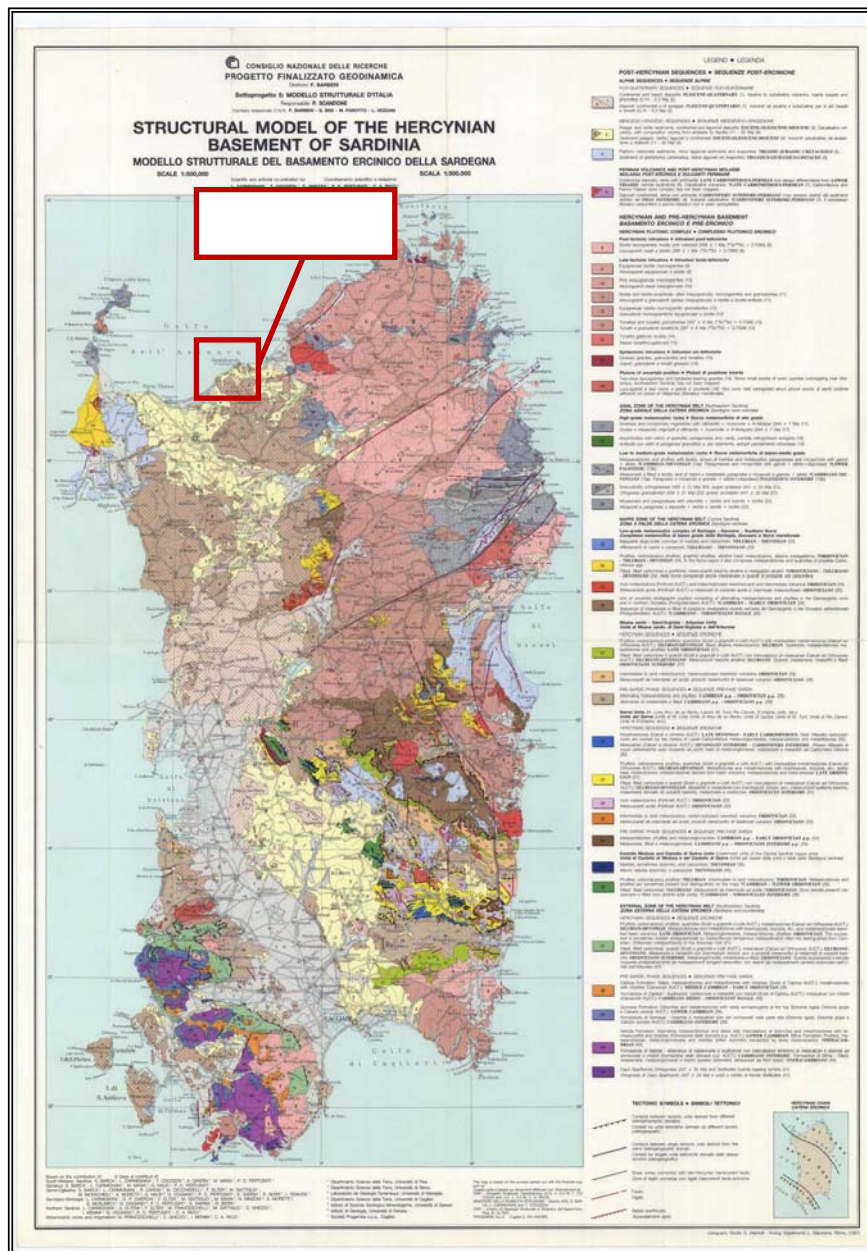


Figura n°10 – L'area d'indagine inserita all'interno della carta del modello strutturale del basamento ercinico della Sardegna.

Questo tipo di permeabilità è tipica in questa zona delle rocce appartenenti alla successione vulcanica e sedimentaria terziaria. I litotipi appartenenti invece ai depositi Pleistocenici ed Olocenici presentano una permeabilità bassa per le formazioni più datate e alta per le più recenti. Una differenza così marcata pertanto comporta la creazione di numerose sorgenti. In particolare si tratta di sorgenti di contatto per dovuti limiti di permeabilità (litologici o strutturali). L'area vasta in cui ricade l'opera, è stata distinta in unità idrogeologiche in funzione della permeabilità ed è visibile nella carta idrogeologica allegata alla presente relazione. Le unità idrogeologiche visibili in Tavola n°3, in funzione dell'età di appartenenza, partendo dalla più giovane alla più antica, sono le seguenti:

Unità idrogeologica detritico carbonatica quaternaria. In quest'unità, sono compresi diversi tipi di depositi. Tali depositi come descritto in precedenza, di solito possiedono spessori modesti e permeabilità in genere elevata, dovuta al tipo di matrice e alla componente principale che li caratterizzano. Sono comprese in questa unità le seguenti litologie:

a) Depositi di spiaggia;

Unità idrogeologica delle alluvioni plio-quadernarie. In quest'unità, sono compresi diversi tipi di depositi. Tali depositi come descritto in precedenza, di solito possiedono spessori modesti e permeabilità in genere elevata, dovuta al tipo di matrice e alla componente principale che li caratterizzano. In casi limitati e sporadici possiedono permeabilità bassa, e possono essere interessati da modeste falde a carattere stagionale, strettamente legate all'andamento delle precipitazioni (Sintema di Portovesme– Subsintema di Portoscuso e Subsintema di Calamosca). Nel caso dei terreni con caratteristiche alluvionali, si osserva una permeabilità medio-alta e sono sede talvolta di una falda freatica di subalveo quando insistono lungo i corsi d'acqua. Il K di quest'unità è pari a $10^{-3} < k < 10^{-5}$ m/sec. Sono comprese in quest'unità le seguenti litologie:

- Depositi alluvionali;
- Litofacies del subsintema di Portoscuso;
- Subsintema di Calamosca.

Unità Idrogeologica delle vulcaniti Oligo-Mioceniche. Con riferimento all'assetto idrogeologico, l'area vasta è caratterizzata anche dalla presenza di formazioni appartenenti alle successioni vulcaniche terziarie. I valori di permeabilità sono mediamente bassi. Nei casi in cui vi è un eventuale aumento, esso è legato esclusivamente all'elevato grado di fratturazione. Sia nell'area vasta che anche in quella di studio, sono, infatti, generalmente permeabili solo aree fratturate e brecciate che a causa dell'infiltrazione dovuta alle acque superficiali. Generalmente il k è pari a $10^{-4} < k < 10^{-2}$ m/sec, talvolta, in funzione della fratturazione. Sono comprese in quest'unità le seguenti litologie:

- Unità di Lu Bagnu;
- Unità di Logulentu.

Unità Idrogeologica detritico carbonatica Oligo-Miocenica. Con riferimento all'assetto idrogeologico, l'area vasta è caratterizzata anche dalla presenza di formazioni appartenenti alle unità detritico carbonatiche Oligo-Mioceniche. I valori di permeabilità sono mediamente bassi. Nei casi in cui vi è un eventuale aumento, esso è legato al grado di porosità. Generalmente il k è pari a $10^{-4} < k < 10^{-9}$ m/sec. Sono comprese in questa unità le seguenti litologie:

- Formazione di Castelsardo

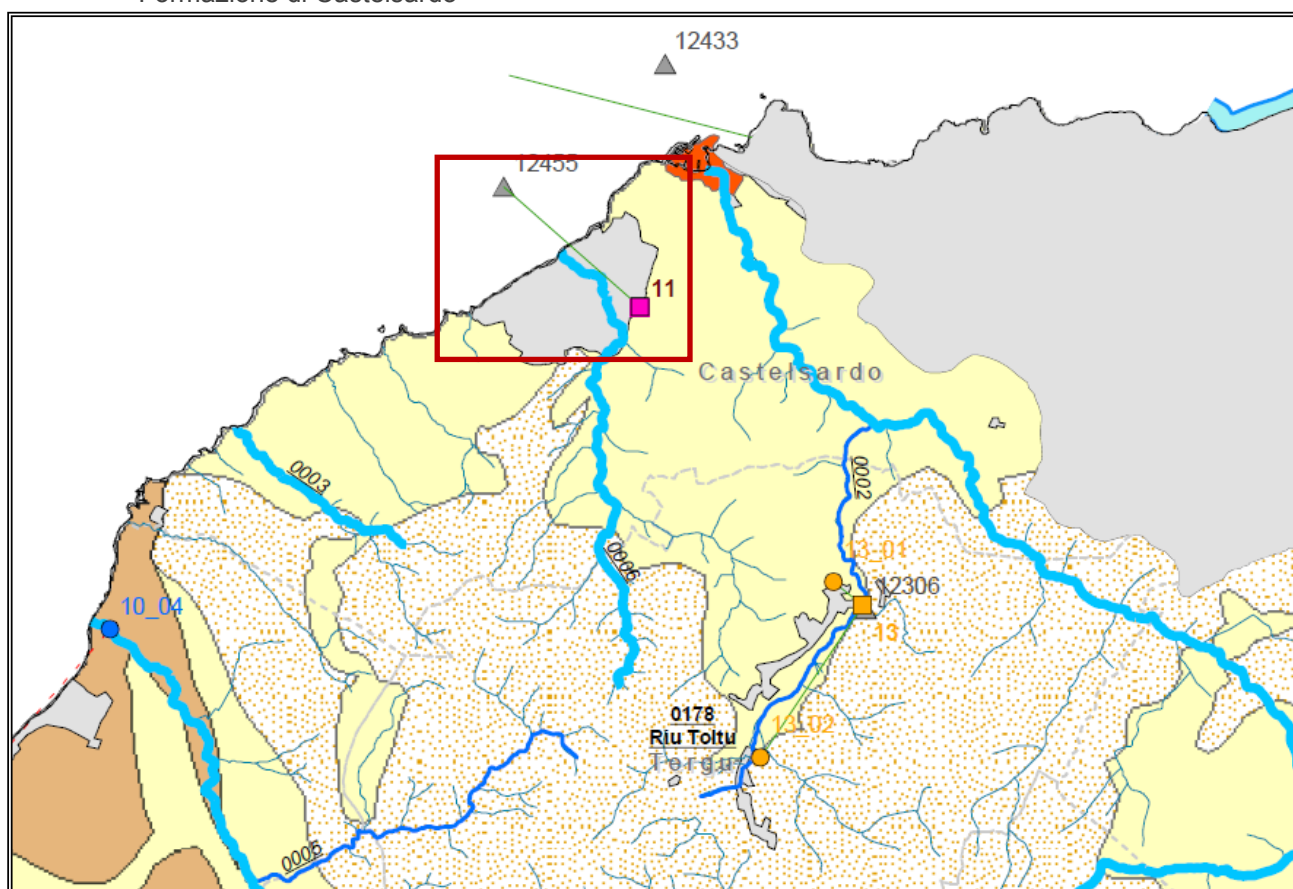


Figura n°11 – L'area d'indagine inserita all'interno del piano di tutela delle acque Unità idrografica omogenea (UIO) Mannu di Porto Torres.

3.4 Geomorfologia generale

L'area oggetto dell'indagine, visibile anche nella carta geomorfologica allegata (Tavola n°4), come più volte ricordato in precedenza ricade all'interno del Foglio Geologici in scala 1:50.000 n°442 Castelsardo. L'opera si sviluppa circa parallelamente per un breve tratto all'attuale tracciato della via Sardegna sino a proseguire nel tratto finale con direzione perpendicolare alla stessa via Sardegna lungo il pendio verso valle. Prevalentemente, l'opera intercetta le litologie appartenenti al distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo. La morfologia dell'area vasta, presenta forme con deboli pendenze a carattere prevalentemente collinare. I rilievi più alti, raggiungono generalmente quote intorno ai 200 metri s.l.m. E' opportuno inoltre tenere presente che, l'analisi dei processi evolutivi, effettuata durante i vari sopralluoghi, fa emergere che nell'area interessata dall'opera, non è stata evidenziata la presenza di versanti o condizioni d'instabilità tali che possano condizionare in maniera significativa l'opera stessa.

4 RILEVAMENTI GEOLOGICI DI DETTAGLIO

Il rilevamento geologico di dettaglio è stato eseguito oltretutto da sopralluoghi effettuati in campo lungo tutto il tracciato della condotta che sarà oggetto dei lavori, anche attraverso una campagna di indagine diretta effettuata con sondaggi a carotaggio continuo. Tale impostazione ha consentito di definire al meglio le caratteristiche dei materiali che interesseranno l'opera e di poter inoltre redigere un profilo geologico geotecnico in cui sarà inserita l'opera. L'analisi della carta in scala 1:10.000 mostra che l'area vasta individuata nella Tavola n°2, è interessata dalla presenza delle seguenti formazioni:

- Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie talvolta con molluschi etc. Olocene. Affiorano lungo i litorali che caratterizzano la zona di Lu Bagnu. Sono visibili a N dell'area d'indagine.
- Depositi alluvionali. Olocene. Si rinvencono lungo le zone interessate dai corsi d'acqua. Si rinvencono a NW dell'area d'indagine.
- Litofacies del Subsintema di Portoscuso (Sintema di Portovesme) Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. Pleistocene Sup. Caratterizza ampie superfici individuate nella Tavola n°2 allegata. Si rinviene anche nella zona dell'area d'indagine.
- Subsintema di Calamosca (Panchina Tirreniana Auct.) (Sintema di Portovesme). Conglomerati e arenarie litorali a cemento carbonatico, con malacofaune a molluschi (*Strombus bubonius*) e coralli (*Cladocora coespitosa*). Pleistocene Sup. Si rinviene in un piccolo lembo lungo il litorale di Lu Bagnu, a N dell'area d'indagine.
- Unità di Lu Bagnu. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riolitico-riodacitico, saldati, a struttura vitroclastica, con scarsi cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, Am, Bt, fiamme minute talora palagonitiche. Si rinvencono in ampie zone dell'area vasta individuata nella Tavola n°2. Caratterizzano in particolar modo parte delle zone che presentano quote più elevate. Insieme all'unità di Logulentu fanno parte del Distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo.
- Unità di Logulentu. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutassitica. Burdigaliano. Come la precedente formazione caratterizzano in particolar modo parte delle zone che presentano quote più elevate. Insieme all'unità di Lu Bagnu fanno parte del Distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo.
- Formazione di Castelsardo. Arenarie e sabbie, argille siltose, tufiti, conglomerati, tufi talora alterati, con intercalazioni di marne più o meno siltose, fossilifere per abbondanti malacofaune (pettinidi, echinidi, gasteropodi, pteropodi). Caratterizza ampie zone dell'area vasta individuata in Tavola n°2. Insieme ad altre formazioni fa parte della successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro Sassarese.

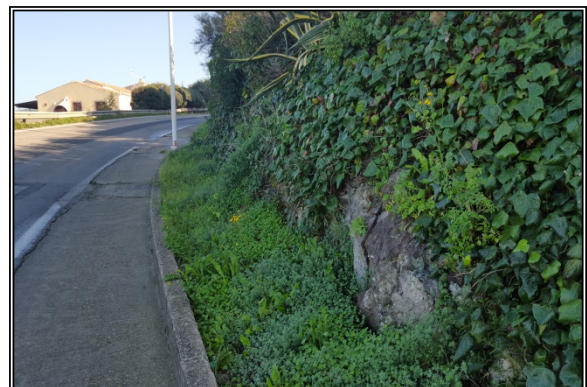


Foto n°2-3 – Ignimbrite in prossimità del tracciato della condotta.



Foto n°4-5 – Ignimbriti alterate e livelli argillosi intercalati, lungo il pendio in prossimità della zona di passaggio dell'opera nella zona del Foro di sonda n°4.

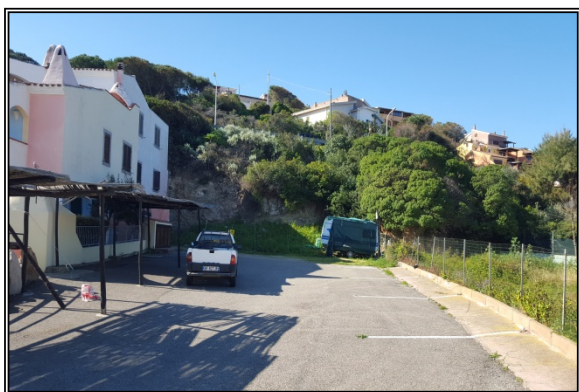


Foto n°6-7 – Ignimbriti alterate e livelli argillosi intercalati, lungo il pendio in prossimità della zona di passaggio dell'opera nella zona del Foro di sonda n°4.

In linea generale l'analisi dei sondaggi eseguiti lungo il tracciato dell'opera ha mostrato nel dettaglio la presenza di litologie generalmente riconducibili a :

- Sabbie prevalenti a matrice fine, incoerenti, di colorazione marrone chiaro-beige, con ghiaie e ciottoli poligenici di probabile origine alluvionale.
- Sabbie a granulometria medio fine, addensate, di colore marrone chiaro, prodotto di alterazione e disaggregazione della sottostante arenaria eolica.
- Arenaria eolica a cemento carbonatico, semilitoide, riconducibile al subsistema di "Portoscuso".

Successione vulcanica

- Vulcaniti alterate, fortemente fratturate, facilmente disaggregabili dalla azione meccanica della perforatrice, a luoghi fortemente alterate con inclusioni argillo sabbiose rossastre.
- Sabbie limose medio fini debolmente addensate colore marrone chiaro con elementi poligenici vulcanici (prodotto di alterazione del substrato vulcanico).
- Livelli argillo sabbiosi (inclusioni) di colore marrone, intercalati nelle vulcaniti fortemente alterate e fratturate.
- Vulcaniti grigiastre a luoghi alterate, litoidi, fortemente fratturate (flusso piroclastico) con intercalati livelli argillosi rossastri e verdastri decimetrici.

5 INDAGINI

Come indicato anche nei precedenti capitoli nell'area di indagine sono stati eseguiti alcuni sondaggi per conoscere le caratteristiche del terreno di sedime in cui andrà inserita l'opera. I sondaggi descritti appresso e corredati delle prove geotecniche di cui si parlerà più avanti sono stati realizzati lungo il tracciato e più

precisamente secondo quanto evidenziato nella Tav. n°5 allegata. Nel corso dei sondaggi ove possibile sono state eseguite prove di tipo SPT e prelevati i campioni da avviare ad analisi in laboratorio.

5.1 Sondaggi

Come evidenziato in precedenza nell'area di indagine sono stati eseguiti 4 sondaggi a carotaggio continuo. Nell'asuccessiva tabella n°2 sono riportate le profondità raggiunte in ogni singolo sondaggio, mentre nelle foto n°8-9-10-11-12-13-14-15-16-17, sono riportati il posizionamento e le cassette catalogatrici. In allegato sono invece riportate le stratigrafie di ogni singolo sondaggio.

Tabella n°2 - Sondaggi

Sondaggi		
Denominazione del sondaggio	Data di esecuzione	Profondità finale dal p.c. in m
S1	28/03/2017	5,00
S2	28/03/2017	5,00
S3	29/03/2017	15,00
S4	30/03/2017	5,00

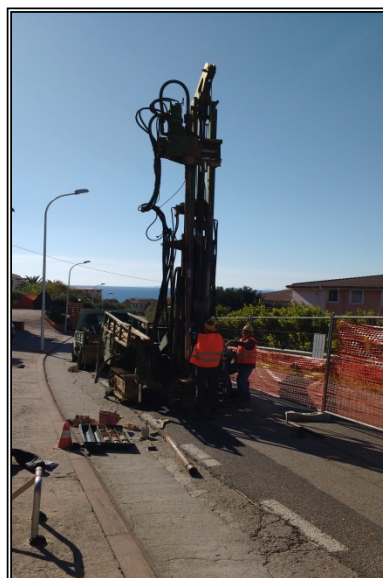


Foto n°8-9 – Posizionamento sondaggio n°1-2.



Foto n°10-11 – Posizionamento sondaggio n°3-4.

Di seguito si riportano le descrizioni delle stratigrafie di ogni sondaggio con la foto della cassetta catalogatrice.

Sondaggio n°1 (Foto n°12)

Da metri 0,00 a metri 0,60 - Conglomerato bituminoso e massicciata stradale in ciottoli vulcanici.

Da metri 0,60 a metri 2,40 - Sabbie prevalenti a matrice fine, incoerenti, di colorazione marrone chiaro-beige, con ghiaie e ciottoli poligenici.

Da metri 2,40 a metri 3,40 - Sabbie a granulometria medio fine, addensate, di colore marrone chiaro, prodotto di alterazione e disgregazione della sottostante arenaria eolica.

Da metri 3,40 a metri 4,30 - Arenaria eolica a cemento carbonatico, semilitoide, completamente disgregata in testa dall'azione meccanica della perforatrice.

Da metri 4,30 a metri 5,00 - Sabbie a granulometria medio fine, addensate, di colore marrone chiaro, prodotto di alterazione e disgregazione delle soprastanti arenarie eoliche.



Foto n°12 – Sondaggio n°1 – Cassa n°1.

Sondaggio n°2 (Foto n°13)

Da metri 0,00 a metri 0,50 - Conglomerato bituminoso e massicciata stradale.

Da metri 0,50 a metri 4,10 - Sabbie prevalenti a matrice fine, debolmente addensate, di colorazione marrone, con ghiaie e ciottoli poligenici.

Da metri 4,10 a metri 5,00 - Elementi vulcanici con intercalati livelli sabbiosi di colore marrone di spessore decimetrico.



Foto n°13 – Sondaggio n°2 – Cassa n°1.

Sondaggio n°3 (Foto n°14-15-16)

Da metri 0,00 a metri 0,50 - Conglomerato bituminoso e massicciata stradale.

Da metri 0,50 a metri 4,40 - Vulcaniti alterate, fortemente fratturate, facilmente disgregabili dalla azione meccanica della perforatrice, a luoghi fortemente alterate con inclusioni argillo sabbiose rossastre.

Da metri 4,40 a metri 6,60 - Sabbie limose medio fini debolmente addensate colore marrone chiaro con elementi poligenici vulcanici (prodotto di alterazione del substrato vulcanico).

Da metri 6,60 a metri 10,00 - Livelli argillo sabbiosi (inclusioni) di colore marrone, intercalati nelle vulcaniti fortemente alterate e fratturate.

Da metri 10,00 a metri 15,00 - Vulcaniti grigiastre a luoghi alterate, litoidi, fortemente fratturate (flusso piroclastico) con intercalati livelli argillosi rossastri e verdastri decimetrici.



Foto n°14-15 – Sondaggio n°3 – Cassa n°1 e cassa n°2.



Foto n°16 – Sondaggio n°3 – Cassa n°3.

Sondaggio n°4 (Foto n°17)

Da metri 0,00 a metri 0,10 - Copertura pedogenetica.

Da metri 0,10 a metri 1,00 - Sabbie prevalenti a matrice fine, scarsamente addensate, di colorazione marrone, con ghiaie e ciottoli vulcanici a spigoli vivi.

Da metri 1,00 a metri 3,00 - Sabbie fine debolmente argillose, addensate, con colore variabile da grigio al marrone.

Da metri 3,00 a metri 3,30 – Elemento vulcanico (Ignimbrite).

Da metri 3,30 a metri 5,00 – Sabbie argillose scarsamente addensate, colore marrone.



Foto n°17 – Sondaggio n°4 – Cassa n°1.

Nella tabella n°3 sotto riportata, sono indicati i valori ottenuti durante le prove SPT mentre in allegato sono riportati i risultati delle prove sui campioni prelevati. Nella Tavola n°5 è riportata la sezione geologica sulla base dei risultati dei sondaggi.

Tabella n°3 - SPT

SPT			
Denominazione del sondaggio	Data di esecuzione	Profondità di esecuzione dal p.c. in m	Valori SPT
S1	28/03/2017	1,00	6/13/17
		1,50	13/8/8
		3,30	15/17/50
S2	28/03/2017	2,00	10/16/14
		3,00	20/16/21
S3	29/03/2017	-	-
S4	30/03/2017	2,50	4/3/4
		3,20	3/5/10

Come visibile nella successiva tabella n°4 e nei certificati allegati alla presente relazione le analisi hanno messo in mostra sostanzialmente che i terreni attraversati nel corso dell'indagine sono classificati in prevalenza come: A1-b e A3.

Tabella n°4 - Campioni

Campioni				
Denominazione del sondaggio	Data di esecuzione	Sigla campione	Profondità di prelievo del campione dal p.c. in m	Classificazione CNR-UNI 10006
S1	28/03/2017	SPT-S1	1,00	A1-b
		SPT-S1	1,50	A1-b
		C1	2,00-2,50	A1-b
		SPT-S1	3,30	A3
		C2	3,00-3,50	A3
S2	28/03/2017	SPT-S2	2,00	A1-b
		C1	2,00-2,50	A1-b
		SPT-S2	3,00	A1-b
S3	29/03/2017	C3	5,00-5,50	A1-b
		C4	8,50-9,00	A1-b
S4	30/03/2017	SPT-C1	2,50	A1-b
		SPT-C2	2,50	A3
		C2	3,70-4,00	A3

6 MACROSISMICITA' E RISCHIO DI LOCALI AMPLIFICAZIONI SISMICHE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. I risultati dello studio di pericolosità sismica sono forniti:

- 1) in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* , necessari per definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- 2) in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini tra loro (non distano più di 10 km);
- 3) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di a_g , F_0 , T_c^* uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola. Nel caso in esame, si prenda come riferimento la Tabella 2 dell'Allegato B alle Norme Tecniche per le costruzioni.

Pertanto, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, per individuare le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- 1) la vita di riferimento VR della costruzione;
- 2) le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento VR , TR è esprimibile in funzione di PVR mediante l'espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR})$$

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove V_N è la vita nominale dell'opera e C_U la classe d'uso.

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido a_g , l'accelerazione di picco a_{max} è valutata sulla base della risposta sismica locale:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

SS è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica;

ST è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.

Nel seguito è definita la categoria di sottosuolo e le azioni sismiche di progetto.

6.1 Azioni sismiche di progetto

L'opera in esame, ai sensi della normativa regionale vigente, ricade in zona sismica 4, quindi con rischio sismico molto basso Figura n°12.

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Figura n°12 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

I parametri sismici di riferimento per la progettazione in esame sono:

vita nominale = 50 anni

classe d'uso: III

coefficiente CU = 1.5

periodo di riferimento = 75 anni

Il valore di accelerazione orizzontale massima al sito (a_g) è stimato per l'intero territorio della Sardegna non facendo riferimento al reticolo sismico nazionale. Questo valore, calcolato per un tempo di ritorno $TR = 475$ anni, corrispondente ad una vita utile di 50 anni ed una probabilità di superamento (PVR) del 10% (SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita) nel periodo di riferimento VR è pari a 0.05 g.

Di seguito si riporta nella figura n°13 la carta italiana delle macrosismicità.

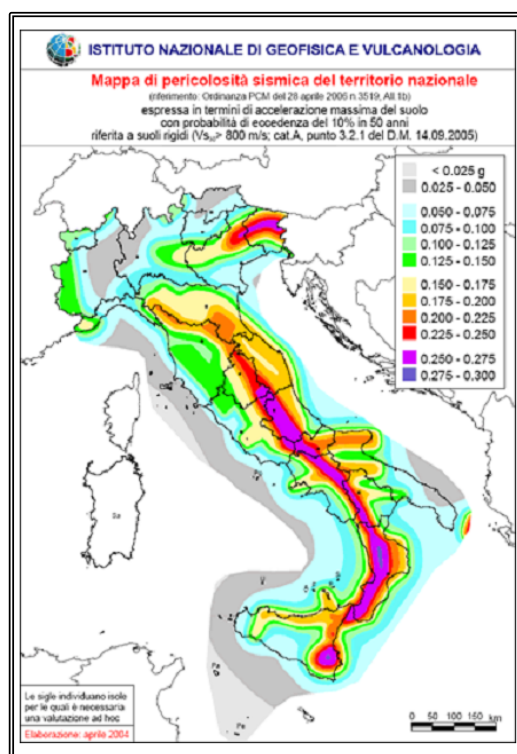


Figura n°13 – Carta delle macrosismicità.

7 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Come indicato anche nei capitoli precedenti nell'area in esame è stata realizzata una campagna di indagini. Al fine di valutare la compatibilità geologica e geotecnica del terreno di sedime in cui andrà costruita l'opera, viste le caratteristiche geologiche, litologiche, morfologiche, idrogeologiche dei terreni presenti nell'area di pertinenza dell'opera stessa, il presente studio ha considerato in particolare le seguenti problematiche:

- Presenza di fenomeni tettonici (faglie, fratture e scistosità);
- Natura delle litologie e comportamento dal punto di vista geotecnico;
- Stabilità dei versanti e rischio frane e smottamenti;
- Presenza di corsi d'acqua, falde acquifere e sorgenti.

A tal fine sono stati utilizzati i dati desunti dalla nuova indagine e dalla bibliografia esistente nonché da indagini similari. La nuova opera, come si evince anche dalle stratigrafie allegate, ricade all'interno di formazioni geologiche prevalentemente terrigene. La formazione che interessa la zona in cui ricade la nuova opera è caratterizzata prevalentemente da terreni sabbiosi. Si tratta quindi di terreni a scheletro clastico dotati di caratteristiche geomeccaniche adeguate a consentire la costruzione della nuova opera.

γ_{nat} (peso di volume) = 1,7 – 1,9 g/cm³

φ (angolo di attrito) $\cong 28^\circ$ ricavato sulla base dei risultati degli SPT.

c (coesione non drenata) ≥ 0 Kpa

Per la verifica della capacità portante si fa riferimento, a titolo indicativo, a fondazioni nastriformi (aventi cioè $L \gg B$) aventi larghezza $B = 1,0$ m. impostate alla profondità di 3,00 m. dal piano di campagna. La pressione limite di rottura del terreno è stata determinata utilizzando la formula di Terzaghi nella forma:

$$P_{lim} = C * N_c + \gamma_1 * t * N_t + \gamma_2 * B * N_b \text{ (DIN 4017, T1)}$$

Dove:

$C \geq 0$ Kg/cm² = Coesione (ai fini del calcolo = 0 a favore della sicurezza)

$\gamma_1 = 1,5$ T/m³ = Peso di Volume al di sopra della fondazione

$\gamma_2 = 1,7$ T/m³ = Peso di Volume al di sotto della fondazione

$\varphi = 28^\circ$ = Angolo di attrito interno

$B = 1,0$ m = Larghezza della fondazione

$t = 3,0$ m = Profondità della fondazione

$N_c = 25$; $N_t = 14$; $N_b = 7$; Coefficienti di portanza

Sostituendo i valori precedentemente assegnati si ottiene:

$$P_{lim} = 7,49 \text{ Kg/cm}^2$$

Assumendo un coefficiente di sicurezza $\rho = 3$ si ottiene:

$$P_{amm} = 2,49 \text{ Kg/cm}^2$$

La verifica di stabilità, eseguita sui terreni considerando una fondazione tipo, mediante l'applicazione della formula di Terzaghi come proposta dalle norme tedesche DIN, pur con l'utilizzo di parametri geotecnici cautelativi dimostra che le capacità portanti del terreno sono adeguate al tipo di progetto.

8 STABILITÀ DEL PENDIO

L'analisi dei caratteri geo-litologici e del terreno nonché il tracciato della nuova opera ha messo in mostra che nell'area di indagine nel tratto compreso tra il sondaggio S3 e il sondaggio S4 la pendenza aumenta fortemente. L'analisi delle quote mostra che l'opera dovrà attraversare una zona interessata da una differenza di quota pari a circa 10 metri dal punto più alto in cui è ubicato il sondaggio n°3 e il punto più basso in cui è ubicato il sondaggio n°4. Sulla base dei dati desunti dall'indagine si è quindi predisposto il successivo calcolo di stabilità considerando la situazione sia Ante che Post operam Figura n°14-15.

8.1 Introduzione all'analisi di stabilità

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno. La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate. Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- A. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- B. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

8.2 Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = t_f / t$. Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

8.3 Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

- Equazioni di equilibrio dei momenti n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
- Equazioni relative al criterio di rottura n
- Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che

N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;

n valori delle forze da taglio T_i ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite (2n+1)

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

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

$\sum F_v = 0$, $\sum M_0 = 0$, Criterio di rottura.

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

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

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento. Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace. In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da *Taylor*. In accordo con la legge della resistenza di *Mohr-Coulomb* in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C3.

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica Kc) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica. Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale Ni agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove Ei e Xi rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di Sarma la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza F = 1, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

K = Kc accelerazione critica se F = 1

F = Fs fattore di sicurezza in condizioni statiche se K = 0

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne Xi ed Ei tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze Xi:

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F_s , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + tg \phi \sec(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{sm} = F_{sf}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili. La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta “equazione dei momenti”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o: Coefficiente sismico orizzontale

K_v: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F₀ (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

8.4 Dati generali

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa NTC 2008

Numero di strati 1,0

Numero dei conci 10,0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1,3

Coefficiente parziale resistenza 1,1

Analisi Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i 2,51 m

Ordinata vertice sinistro inferiore y_i 22,09 m

Ascissa vertice destro superiore x_s 29,31 m

Ordinata vertice destro superiore y_s 40,56 m

Passo di ricerca 10,0

Numero di celle lungo x 10,0

Numero di celle lungo y 10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe I

Vita nominale: 50,0 [anni]

Vita di riferimento: 35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo A

Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,61	0,27
S.L.D.	35,0	0,24	2,67	0,3
S.L.V.	332,0	0,49	2,88	0,34
S.L.C.	682,0	0,59	2,98	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,228	0,2	0,0047	0,0023
S.L.D.	0,288	0,2	0,0059	0,0029
S.L.V.	0,588	0,2	0,012	0,006
S.L.C.	0,708	0,2	0,0144	0,0072

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,005

Coefficiente azione sismica verticale 0,002

Vertici profilo		
N	X m	Y m
1	0,0	23,61
2	1,28	23,59
3	2,64	23,6
4	3,99	23,69
5	6,3	24,02
6	7,49	25,21
7	10,0	26,4
8	13,95	27,91
9	19,01	29,29
10	20,0	29,99
11	21,84	31,36
12	22,55	31,94
13	23,25	32,48
14	25,55	33,71
15	26,56	33,66
16	27,41	33,59
17	28,26	33,5
18	30,0	33,38

Vertici profilo

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0		27.5	1500	1700	0,00	

8.5 Condizioni Ante Operam

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 0,69

Ascissa centro superficie 15,91 m

Ordinata centro superficie 40,56 m

Raggio superficie 11,45 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 15,914 yc = 40,564 Rc = 11,448 Fs=0,6868											
Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh*Wi	Kv*Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	0,35	20,0	0,37	32,1	0,16	0,06	0,0	27,5	0,0	27,3	18,8
2	0,67	22,7	0,73	236,21	1,18	0,47	0,0	27,5	0,0	198,7	136,9
3	0,51	26,0	0,57	311,14	1,56	0,62	0,0	27,5	0,0	259,1	178,5
4	0,66	29,3	0,76	531,98	2,66	1,06	0,0	27,5	0,0	439,9	303,1
5	0,36	32,2	0,42	336,14	1,68	0,67	0,0	27,5	0,0	277,0	190,9
6	0,35	34,4	0,43	360,62	1,8	0,72	0,0	27,5	0,0	297,0	204,6
7	0,7	37,6	0,88	750,48	3,75	1,5	0,0	27,5	0,0	618,9	426,4
8	0,48	41,4	0,63	447,5	2,24	0,89	0,0	27,5	0,0	371,2	255,7
9	0,51	44,8	0,72	327,95	1,64	0,66	0,0	27,5	0,0	274,4	189,1
10	0,51	48,6	0,77	123,72	0,62	0,25	0,0	27,5	0,0	105,0	72,3

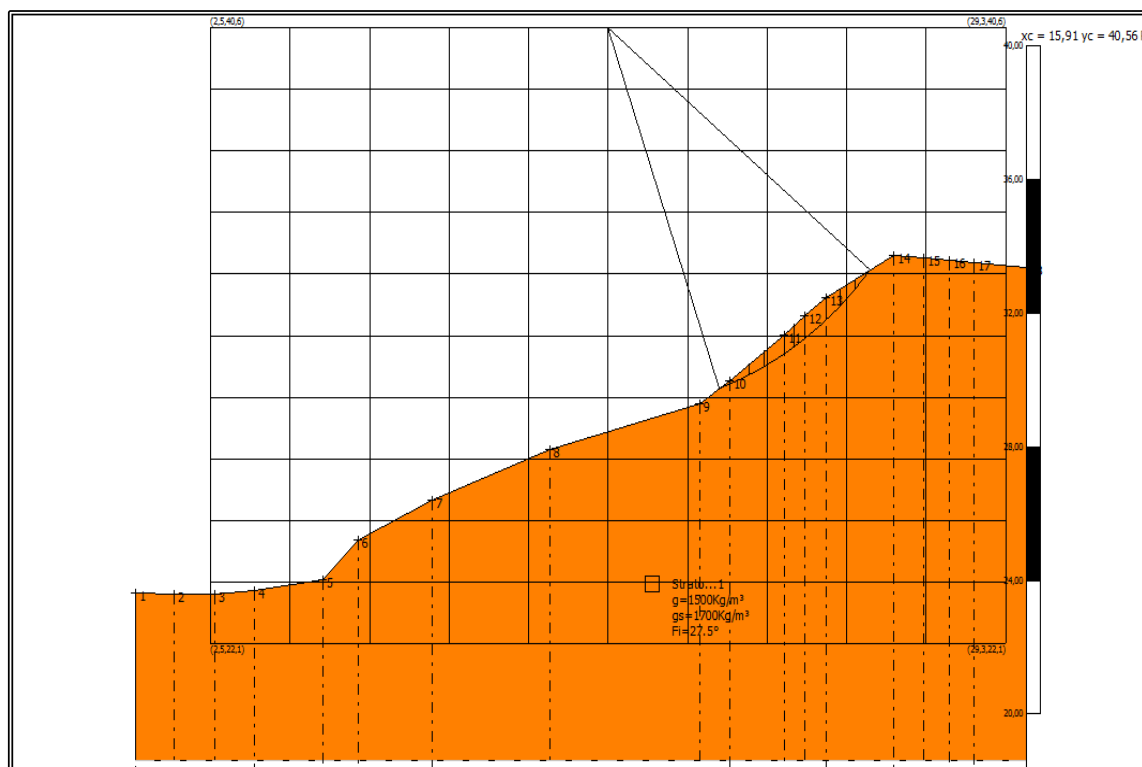


Figura n°14 – Stabilità del pendio Ante Operam.

8.6 Condizioni Post Operam

Carichi distribuiti					
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	6,3	21,46	7,4	22,56	1,5
2	7,49	22,65	9,889999	23,78785	1,5
3	10	23,84	13,9	25,33089	1,5
4	13,95	25,35	18,95	26,71364	1,5
5	19,01	26,73	19,91	27,36636	1,5
6	20	27,43	21,8	28,77022	1,5
7	21,84	28,8	22,44	29,29014	1,5
8	22,55	29,38	23,15	29,84286	1,5
9	23,25	29,92	25,45	31,09652	1,5
10	25,55	31,15	28,55	31,00149	1,5

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 0,66

Ascissa centro superficie 3,85 m

Ordinata centro superficie 28,56 m

Raggio superficie 5,37 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 3,855 yc = 28,556 Rc = 5,373 Fs=0,6591											
Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh*Wi	Kv*Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm ²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	0,85	-17,8	0,89	201,29	1,01	0,4	0,0	27,5	0,0	274,8	197,3
2	0,47	-10,5	0,47	239,16	1,2	0,48	0,0	27,5	0,0	280,8	201,6
3	0,88	-3,3	0,89	622,32	3,11	1,24	0,0	27,5	0,0	650,1	466,8
4	0,43	3,7	0,43	338,0	1,69	0,68	0,0	27,5	0,0	323,6	232,3
5	0,66	9,6	0,67	532,39	2,66	1,06	0,0	27,5	0,0	481,6	345,8
6	0,66	16,8	0,69	473,84	2,37	0,95	0,0	27,5	0,0	406,8	292,1
7	0,57	23,8	0,62	293,31	1,47	0,59	0,0	27,5	0,0	243,5	174,8
8	0,74	31,7	0,87	11596,03	57,98	23,19	0,0	27,5	0,0	9441,8	6779,4
9	0,45	39,5	0,58	5752,34	28,76	11,5	0,0	27,5	0,0	4682,9	3362,5
10	0,86	49,7	1,34	11952,21	59,76	23,9	0,0	27,5	0,0	10008,1	7186,1

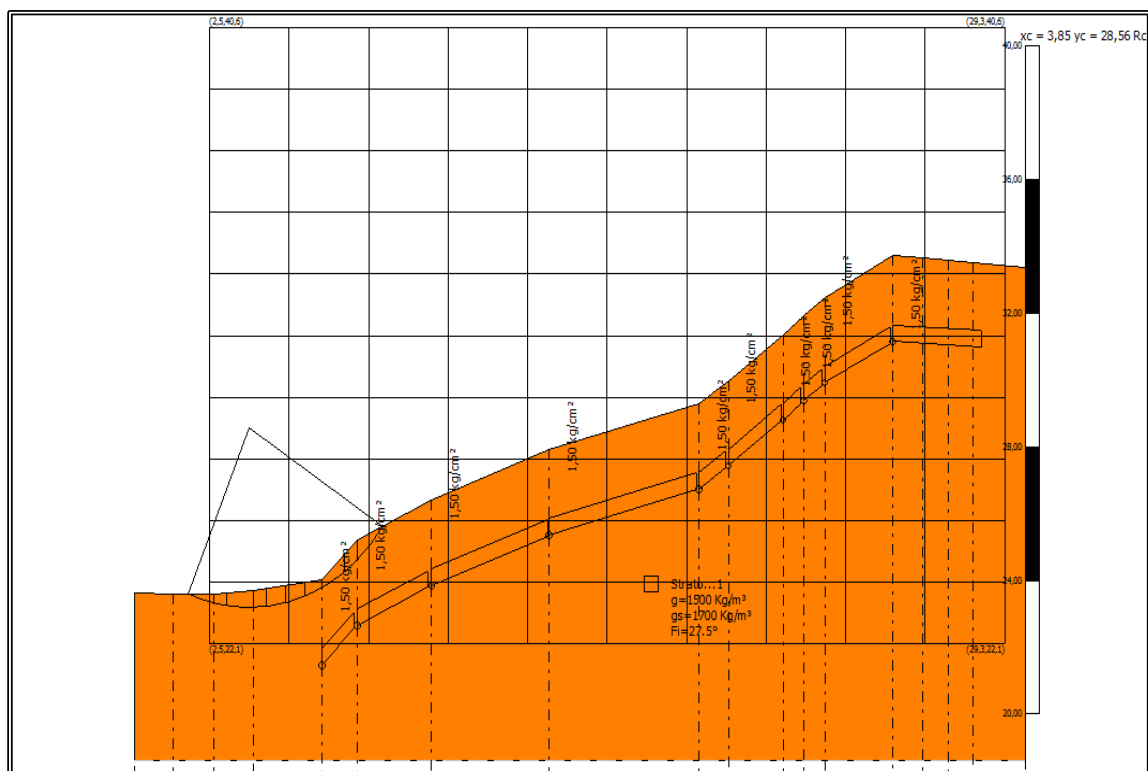


Figura n°15 – Stabilità del pendio Post Operam.

9 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INSTABILITA' IN ATTO O POTENZIALE

Il progetto della nuova opera, in riferimento a quelle che sono le condizioni di stabilità geomorfologica e alla condizione geotecnica dei terreni su cui sarà realizzata, è concepito al fine di ridurre i rischi di instabilità non andando a modificare la morfologia attuale su cui l'opera è impostata. Gli studi effettuati durante la fase preliminare e quella attuale, nonché le soluzioni progettuali proposte, fanno sì che sia ridotto il livello di pericolosità e del rischio legato alla realizzazione dell'infrastruttura. Queste soluzioni ne garantiscono la sicurezza nell'ambito della zona di intervento.

10 ANALISI DEGLI ASPETTI MORFOLOGICI, CLINOMETRICI, CLIMATICI ED IDRAULICI NEL QUADRO DELLE FENOMENOLOGIE RISCONTRATE E VALUTAZIONE SUI POSSIBILI ELEMENTI DI INNESCO DI ULTERIORI FENOMENI ANCHE DOVUTI ALLA PRESENZA DELLA NUOVA OPERA

Nel presente capitolo sono analizzati gli aspetti morfologici, clinometrici, climatici ed idraulici nel quadro delle fenomenologie riscontrate e valutazione sui possibili elementi di innesco di ulteriori fenomeni anche dovuti alla presenza dell'infrastruttura.

10.1 Aspetti morfologici

Come visibile negli elaborati progettuali l'opera interesserà il rilievo per un tratto limitato. Si possono fondamentalmente distinguere due tratti il primo come indicato più volte circa parallelo all'asse stradale il secondo perpendicolare all'asse stesso. I due tratti in progetto non modificheranno di fatto la morfologia circostante. Le opere di scavo e rinterro previste non vanno a modificare in maniera significativa la morfologia circostante.

10.2 Aspetti clinometrici

L'analisi clinometrica ha riguardato le pendenze del rilievo e del tratto che interesserà l'area dove sarà costruita l'opera. L'area d'intervento risulta caratterizzata da gradienti clinometrici poco elevati dovuti prevalentemente alla conformazione di tipo collinare dei rilievi. La nuova opera inciderà sulla parte clinometrica nel tratto finale per una distanza di circa 30 metri tra il punto più alto e quello più basso. L'incidenza tuttavia non determinerà inneschi di ulteriori fenomeni dovuta alla presenza della nuova infrastruttura.

11 ANALISI ED INTERPRETAZIONE DEI DATI IDROGEOLOGICI FINALIZZATI ALL'INDIVIDUAZIONE E SOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON LA FALDA CONNESSE CON LO SCAVO DELL'OPERA: SIA COME IMPATTO SULL'AMBIENTE IDRICO CHE COME RIPERCUSSIONI DURANTE LO SCAVO

Per quanto riguarda le analisi ed interpretazione dei dati idrogeologici finalizzati all'individuazione e soluzione delle interferenze con la falda connesse con lo scavo dell'opera: sia come impatto sull'ambiente idrico che come ripercussioni durante lo scavo, si evidenzia che in linea generale l'andamento della falda è legato alla piovosità. Come si rileva anche dalla presente relazione e dagli elaborati progettuali, l'opera è ubicata a mezza costa e non inciderà sulla falda profonda in quanto si può definire un'opera "superficiale".

12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La condotta in progetto si sviluppa lungo il tratto indicato nelle tavole allegate alla presente relazione e a quelle del progetto. Per quanto sopra esposto si deve concludere che l'esecuzione delle opere in progetto, non comporterà il generarsi di situazioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da incrementare il rischio presente che invece diminuisce. . Allo stato attuale in visto anche di quanto sopra esposto non si evidenziano nell'area fenomeni di dissesto o di potenziale instabilità tali da non consentire la realizzazione dell'opera. Con il rispetto delle prescrizioni di legge e delle indicazioni progettuali, le analisi fin qui condotte portano a concludere che è verificata la compatibilità geologica e geotecnica dell'intervento proposto.

LU BAGNU



Tav. n°1
Carta topografica

LEGENDA



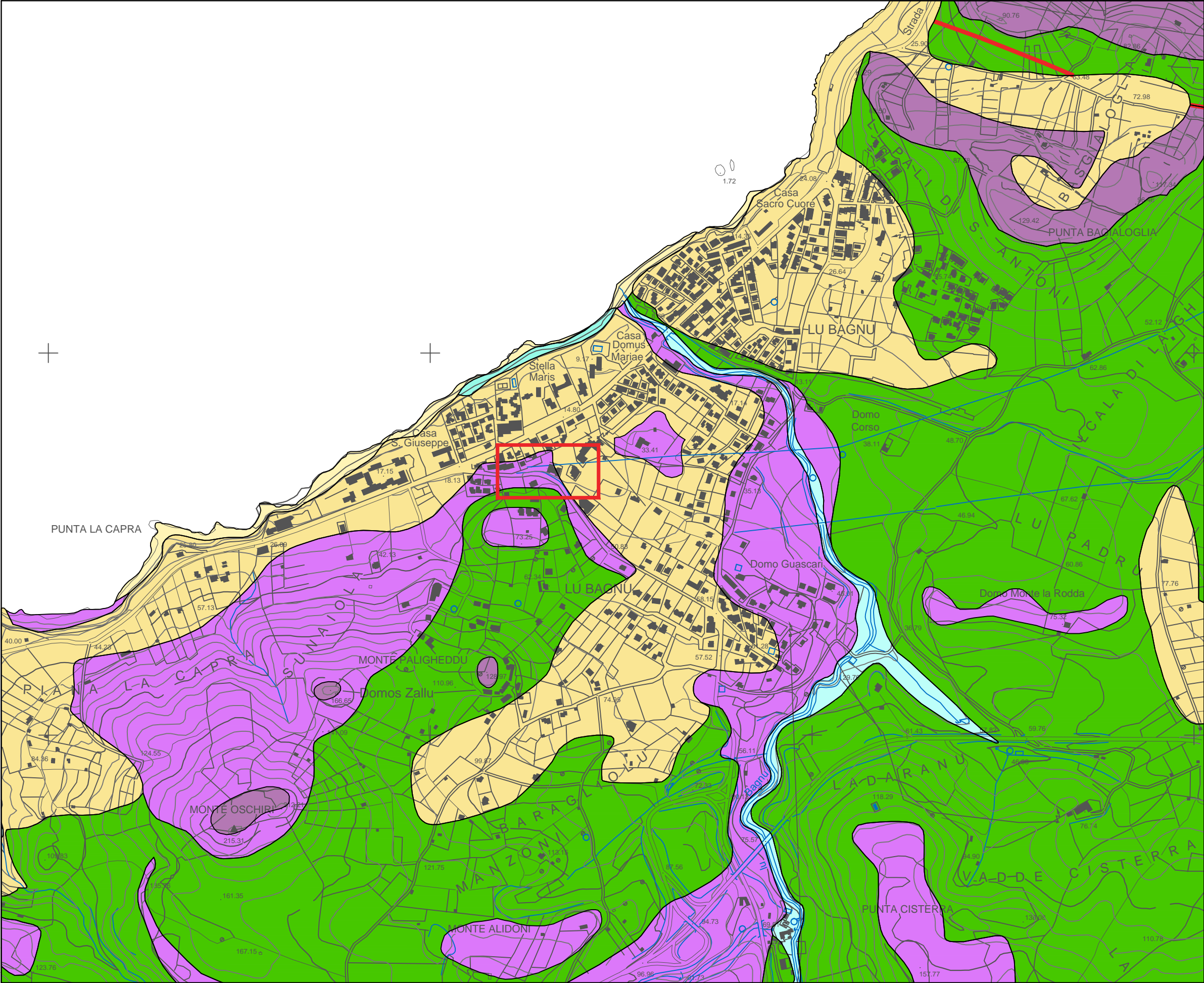
Area di indagine

Scala 1:10.000

LU BAGNU

Tav. n°2
Carta geologica

LEGENDA



- Area di indagine
- Depositi Olocenici
- Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie talvolta con molluschi etc. Olocene
- Sedimenti alluvionali
- Depositi alluvionali. Olocene
- Depositi Pleistocenici dell'area continentale
- Litofacies del Substema di Portoscuso (Sintema di Portovesme) Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. Pleistocene Sup.
- Substema di Calamosca (Panchina Tirreniana Auct.) (Sintema di Portovesme). Conglomerati e arenarie litorali a cemento carbonatico, con malacofauna a molluschi (Strombus bubonius) e coralli (Cladocora coespitos). Pleistocene Sup.
- Distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo
- Unità di Lu Bagnu. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo riolitico-riodacitico, saldati, a struttura vitroclastica, con scarsi cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, Am, Bt, fiamme minute talora palagonitiche.
- Unità di Loguentu. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutassitica. Burdigaliano
- Successione sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese
- Formazione di Castelsardo. Arenarie e sabbie, argille siltose, tufi, conglomerati, tufi talora alterati, con intercalazioni di marne più o meno siltose, fossilifere per abbondanti malacofauna (pettinidi, echinidi, gasteropodi, pteropodi).
- Faglia

Scala 1:10.000

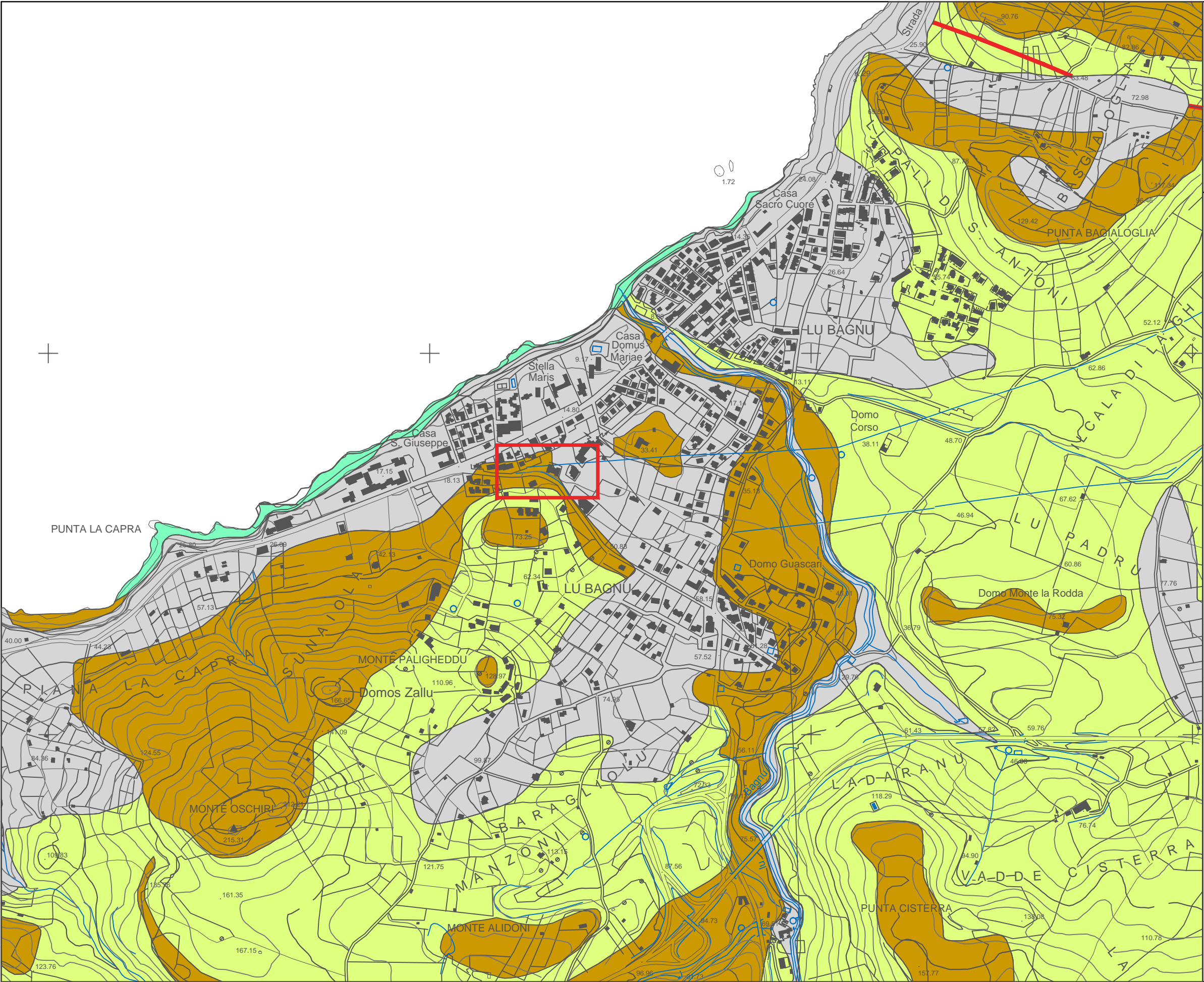
LU BAGNU

Tav. n°3
Carta idrogeologica

LEGENDA

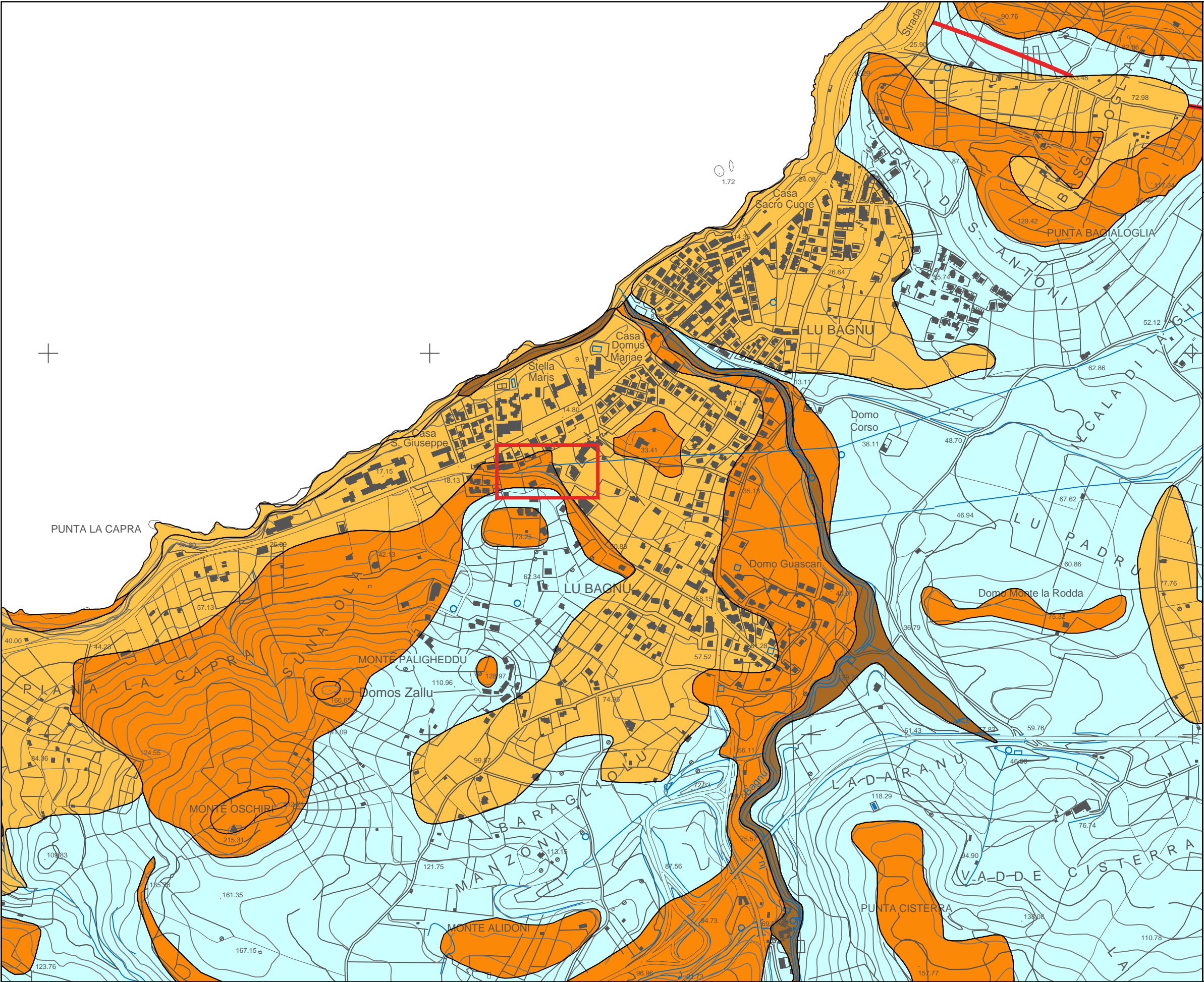
- Area di indagine
- Unità detritico carbonatica quaternaria.
- Unità delle alluvioni Plio - Quaternarie.
- Unità delle vulcaniti Oligo - Mioceniche.
- Unità detritico carbonatica Oligo - Miocenica.

Faglia



Scala 1:10.000

LU BAGNU



Tav. n°4
Carta geomorfologica

LEGENDA

- Area di indagine
- Rocce prevalentemente arenitiche.
- Rocce ruditiche.
- Rocce effusive e vulcanoclastiche.
- Rocce costituite da alternanze.

Faglia

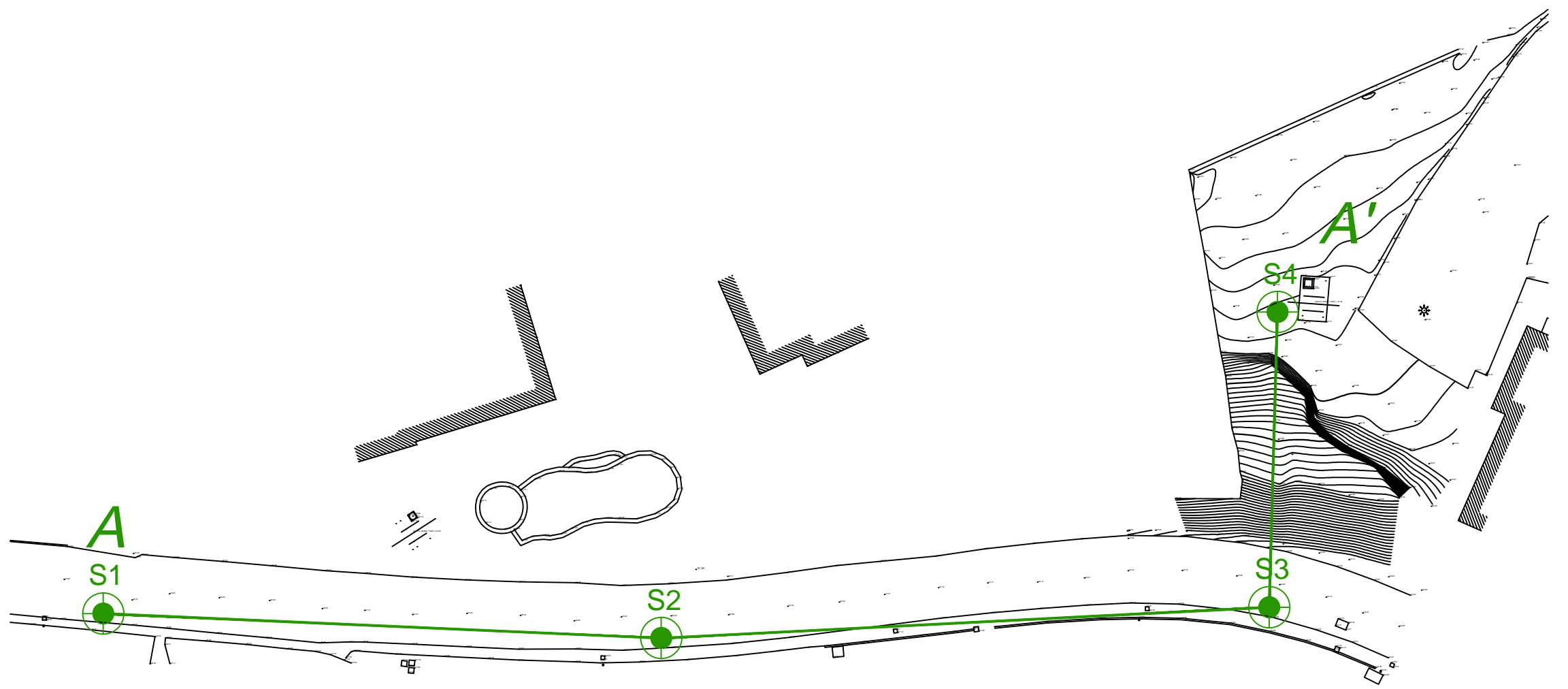
Scala 1:10.000

Tav. n°5
Rilievo topografico con
posizionamento dei
sondaggi e sezione
geologica

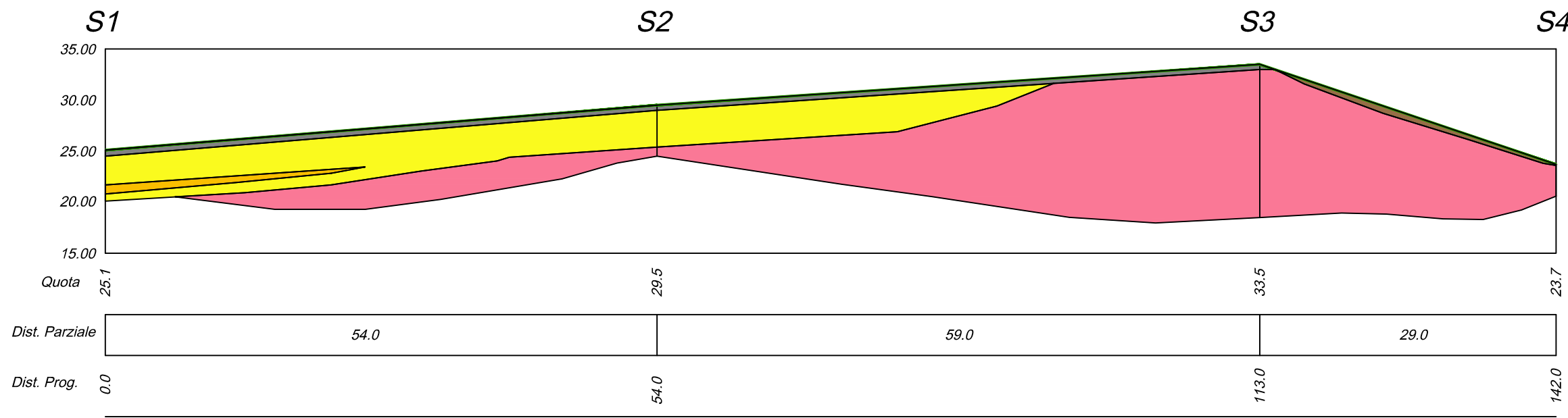
LEGENDA

Sezione A-A'

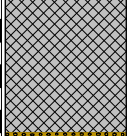
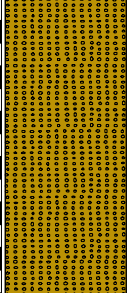
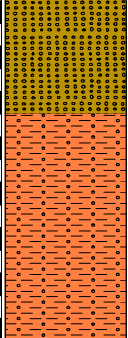
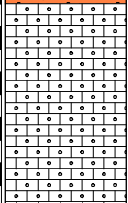
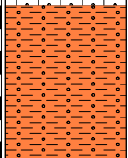

- Asfalto
- Terreno vegetale
- Sabbie
- Arenarie
- Vulcanico



Sezione A-A'

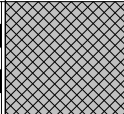
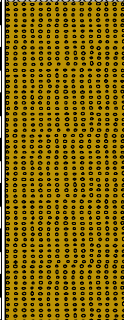
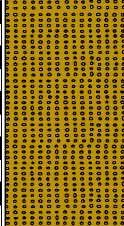
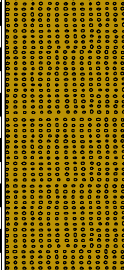
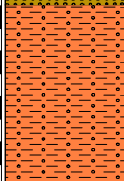



Riferimento: Ente Acque della Sardegna	Sondaggio: S1
Località: Lu Bagnu	Quota:
Impresa esecutrice: Acqua Nostra SAS	Data: 28/03/2017
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
															Conglomerato bituminoso e massiciata stradale in ciottoli vulcanici.
					1						6-13-17	30		0,6	Sabbie prevalenti a matrice fine, incoerenti, di colorazione marrone chiaro-beige, con ghiaie e ciottoli poligenici.
					2		1) Dis	< 2,00 2,50			13-8-8	16		2,4	Sabbie prevalenti a matrice fine, incoerenti, di colorazione marrone chiaro-beige, con ghiaie e ciottoli poligenici.
					3		2) Dis	< 3,00 3,50			15-17-50			3,4	Sabbie a granulometria medio fine, addensate, di colore marrone chiaro, prodotto di alterazione e disgregazione della sottostante arenaria eolica.
					4									4,3	Arenaria eolica a cemento carbonatico, semilitoide, completamente disgregata in testa dall'azione meccanica della perforatrice.
					5									5,0	Sabbie a granulometria medio fine, addensate, di colore marrone chiaro, prodotto di alterazione e disgregazione delle soprastanti arenarie eoliche.

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Ente Acque della Sardegna	Sondaggio: S2
Località: Lu Bagnu	Quota:
Impresa esecutrice: Acqua Nostra SAS	Data: 28/03/2017
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
															Conglomerato bituminoso e massiciata stradale.
					1									0,5	Sabbie prevalenti a matrice fine, debolmente addensate, di colorazione marrone, con ghiaie e ciottoli poligenici.
					2		1) Dis	< 2,00 2,50			10-16-14	30			
					3		2) Dis	< 3,00 3,50			20-16-21				
					4									4,1	Elementi vulcanici con intercalati livelli sabbiosi di colore marrone di spessore decimetrico.
					5									5,0	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - S3

SCALA 1 : 75

Pagina 1/1

Riferimento: Ente Acque della Sardegna	Sondaggio: S3
Località: Lu Bagnu	Quota:
Impresa esecutrice: Acqua Nostra SAS	Data: 29/03/2017
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

Pz															LITOLOGIA															Campioni															RP															VT															Prel. % 0 --- 100															S.P.T. S.P.T.															N															RQD % 0 --- 100															prof. m															DESCRIZIONE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione. Alla profondità di circa 3.50 m dal p.c., perdita del fluido di perforazione.

STRATIGRAFIA - S4

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Ente Acque della Sardegna	Sondaggio: S4
Località: Lu Bagnu	Quota:
Impresa esecutrice: Acqua Nostra SAS	Data: 30/03/2017
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
														0,1	Copertura pedogenetica.
					1									1,0	Sabbie prevalenti a matrice fine, scarsamente addensate, di colorazione marrone, con ghiaie e ciottoli vulcanici a spigoli vivi.
					2		1) She < 2,00 2,50				4-3-4	7		3,0	Sabbie fine debolmente argillose, addensate, con colore variabile da grigio al marrone.
					3						3-5-10			3,3	Elemento vulcanico (ignimbrite).
					4		2) Dis < 3,70 4,00								Sabbie argillose scarsamente addensate, colore marrone.
					5									5,0	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data

N. certificato

Sondaggio **S1** Campione **C1** Profondità da **mt.2,00** a **mt 2,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	35,30	7,06	100,0	16,000
1/2"	10,00	17,20	3,44	92,9	10,000
3/8"	5,000	23,80	4,76	89,5	5,000
4	4,000	7,50	1,50	84,7	4,000
10	2,000	14,20	2,84	83,2	2,000
18	1,000	15,60	3,12	80,4	1,000
40	0,420	70,70	14,14	77,28	0,420
80	0,177	104,60	20,92	63,13	0,177
200	0,074	57,00	11,40	42,2	0,074
0,00	0	154,00	30,81		
Somma (g)		499,90			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b -

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

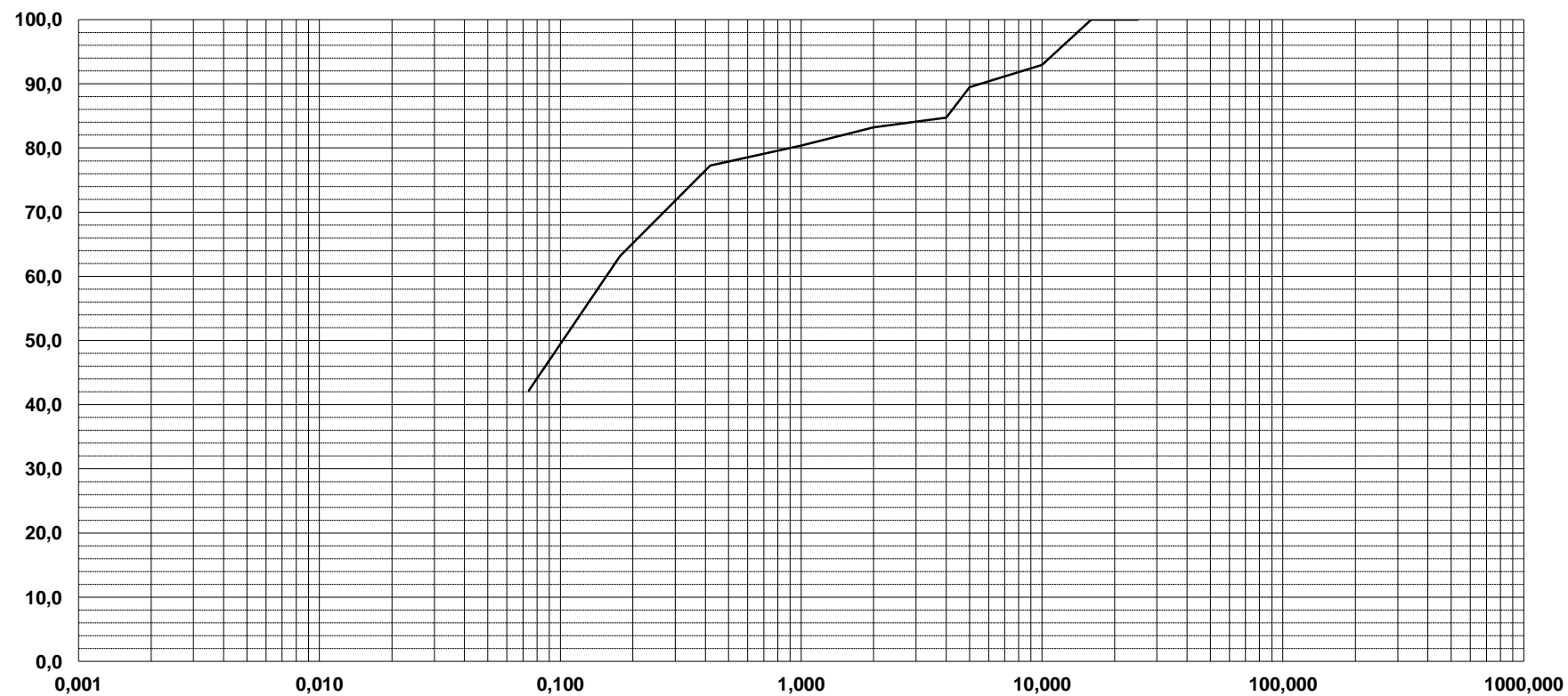
S1

Campione

C1

Profondità

da mt 2,00 a mt 2,50



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **S1** Campione **C2** Profondità da **mt. 3,00** a **mt 3,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,00	100,0	16,000
1/2"	10,00	8,00	1,60	100,0	10,000
3/8"	5,000	12,00	2,40	98,4	5,000
4	4,000	3,00	0,60	96,0	4,000
10	2,000	8,70	1,74	95,4	2,000
18	1,000	19,00	3,80	93,7	1,000
40	0,420	204,50	40,90	89,86	0,420
80	0,177	71,50	14,30	48,96	0,177
200	0,074	51,80	10,36	34,7	0,074
0,00	0	121,50	24,30		
Somma (g)		500,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A 3

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

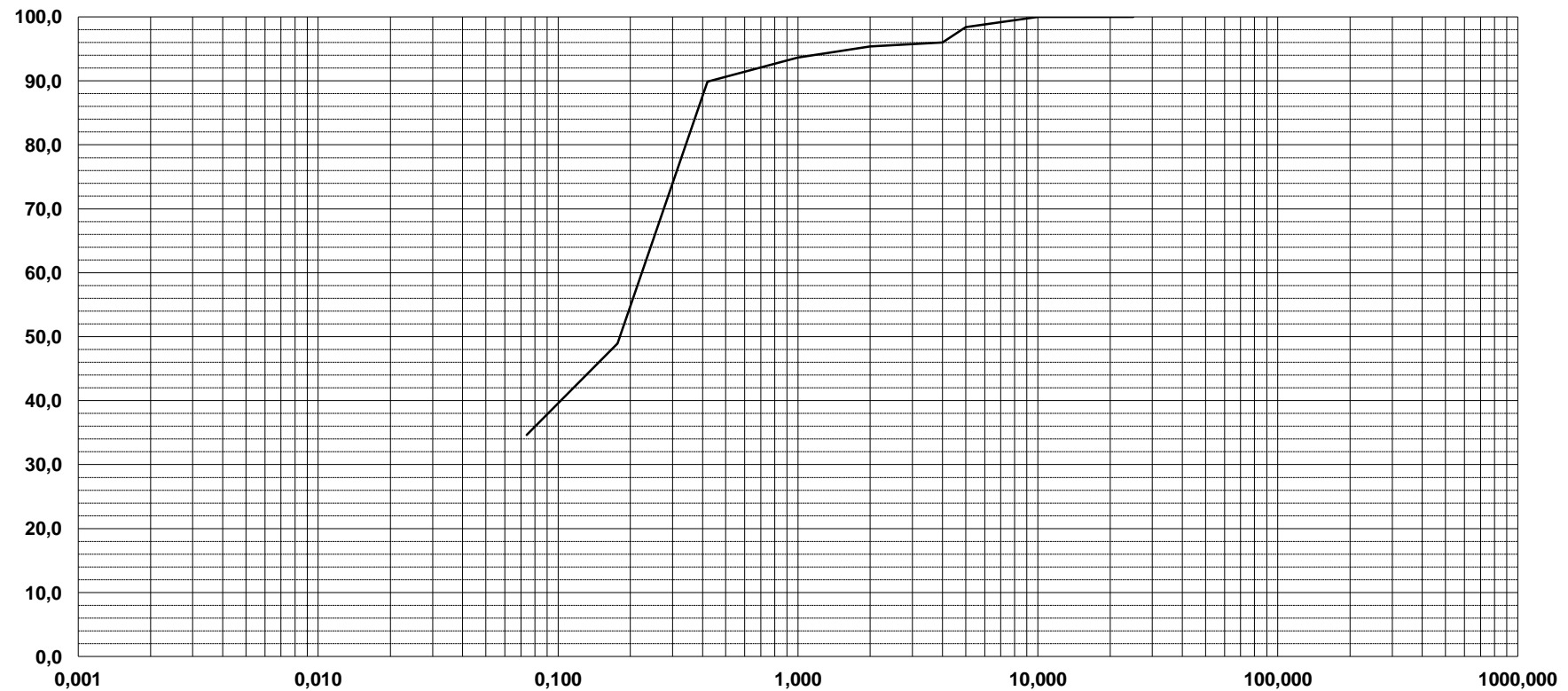
S1

Campione

C2

Profondità

da mt 3,00 a mt 3,50



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **S 2** Campione **C1** Profondità da **mt.2,00** a **mt 2,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	71,30	2,82	100,0	25,000
2"	20,00	19,80	0,78	97,2	20,000
1"	16,00	55,40	2,19	96,4	16,000
1/2"	10,00	79,20	3,14	94,2	10,000
3/8"	5,000	61,50	2,43	91,1	5,000
4	4,000	14,00	0,55	88,6	4,000
10	2,000	55,50	2,20	88,1	2,000
18	1,000	131,00	5,19	85,9	1,000
40	0,420	581,00	23,00	80,69	0,420
80	0,177	761,40	30,15	57,69	0,177
200	0,074	202,60	8,02	27,5	0,074
0,00	0	493,00	19,52		
Somma (g)		2525,70			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b -

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

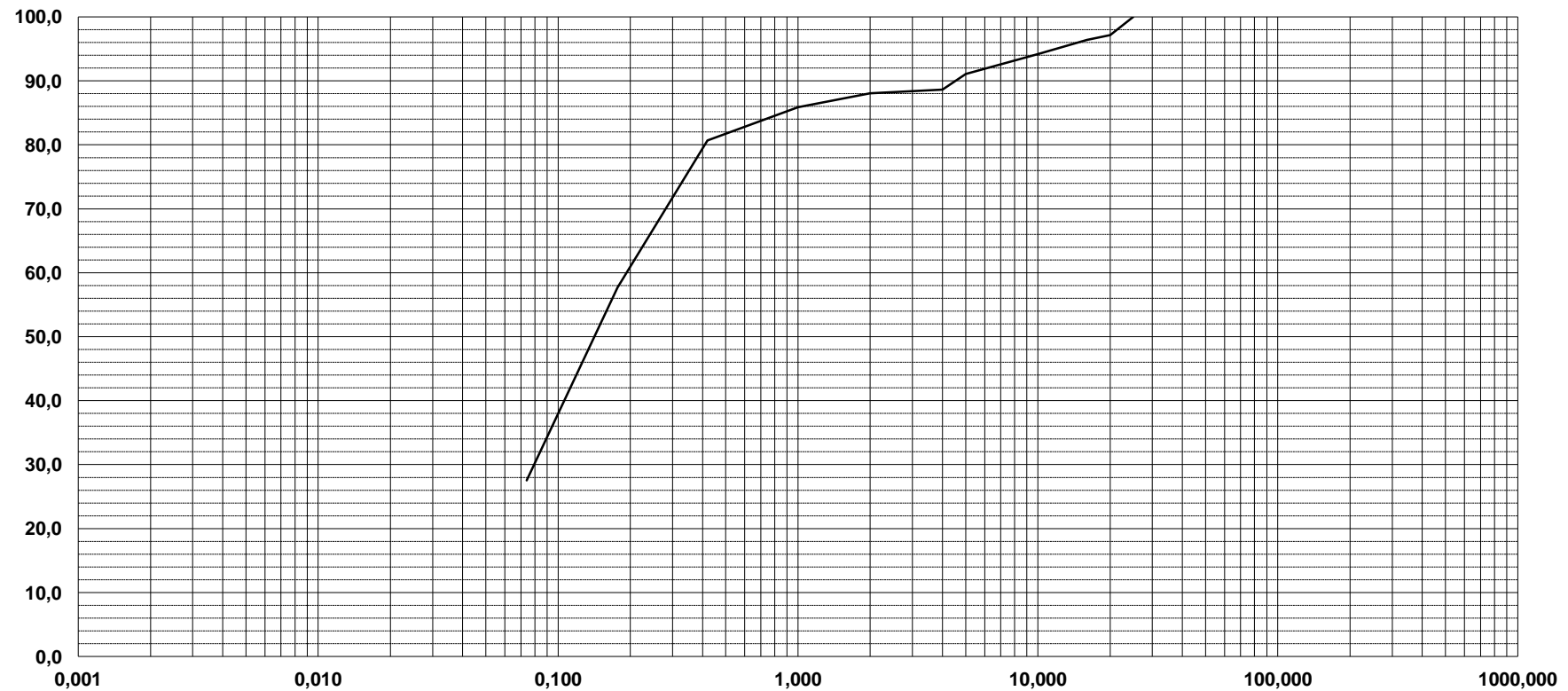
S2

Campione

C1

Profondità

da mt 2,00 a mt 2,50



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data

N. certificato

Sondaggio **S 3** Campione **C3** Profondità da **mt.5,00** a **mt 5,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	20,00	3,98	100,0	16,000
1/2"	10,00	5,30	1,06	96,0	10,000
3/8"	5,000	5,40	1,08	95,0	5,000
4	4,000	2,00	0,40	93,9	4,000
10	2,000	5,00	1,00	93,5	2,000
18	1,000	9,50	1,89	92,5	1,000
40	0,420	50,30	10,02	90,60	0,420
80	0,177	57,00	11,35	80,58	0,177
200	0,074	198,60	39,55	69,2	0,074
0,00	0	149,00	29,68		
Somma (g)		502,10			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b -

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

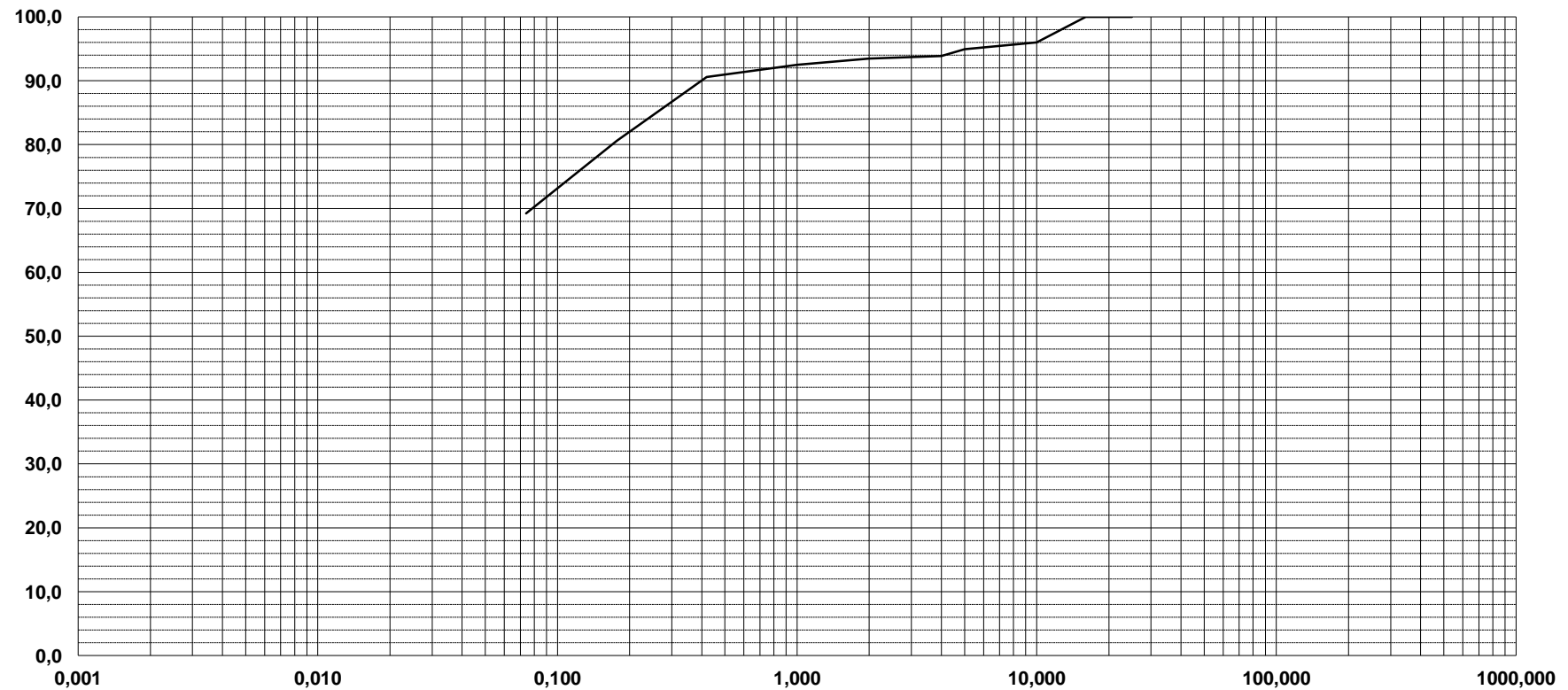
S3

Campione

C3

Profondità

da mt 5,00 a mt 5,50



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinis 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **S 3** Campione **C4** Profondità da **mt. 8,50** a **mt 9,00**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	19,70	3,94	100,0	16,000
1/2"	10,00	17,00	3,40	96,1	10,000
3/8"	5,000	35,50	7,10	92,7	5,000
4	4,000	7,40	1,48	85,6	4,000
10	2,000	18,50	3,70	84,1	2,000
18	1,000	12,40	2,48	80,4	1,000
40	0,420	14,70	2,94	77,90	0,420
80	0,177	45,50	9,10	74,95	0,177
200	0,074	113,20	22,64	65,9	0,074
0,00	0	216,00	43,21		
Somma (g)		499,90			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b -

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

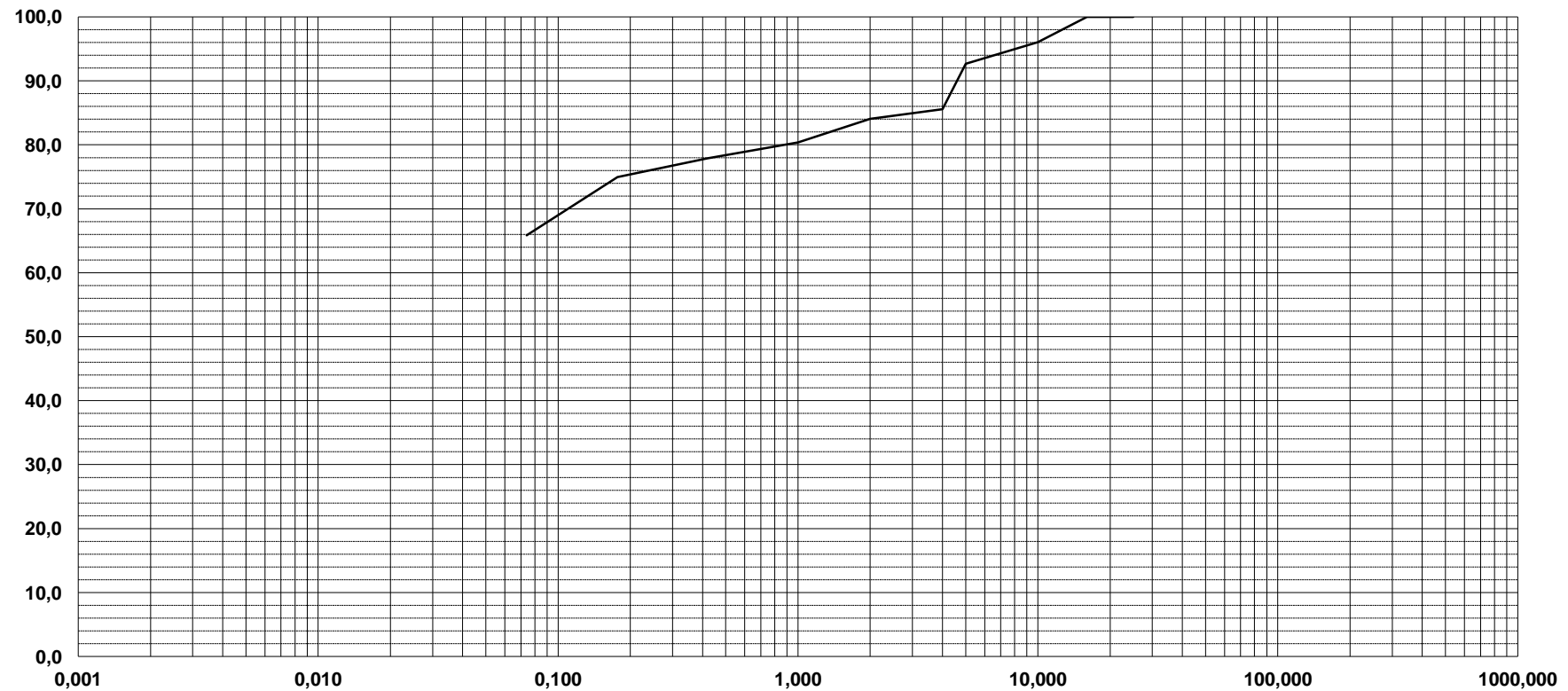
S3

Campione

C4

Profondità

da mt 8,50 a mt 9,00



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinis 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **S 4** Campione **C2** Profondità da **mt.3,70** a **mt 4,00**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,00	100,0	16,000
1/2"	10,00	0,00	0,00	100,0	10,000
3/8"	5,000	4,60	0,96	100,0	5,000
4	4,000	1,80	0,38	99,0	4,000
10	2,000	7,40	1,55	98,7	2,000
18	1,000	16,60	3,48	97,1	1,000
40	0,420	52,00	10,90	93,63	0,420
80	0,177	34,00	7,13	82,73	0,177
200	0,074	141,00	29,56	75,6	0,074
0,00	0	219,60	46,04		
Somma (g)		477,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A3

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio

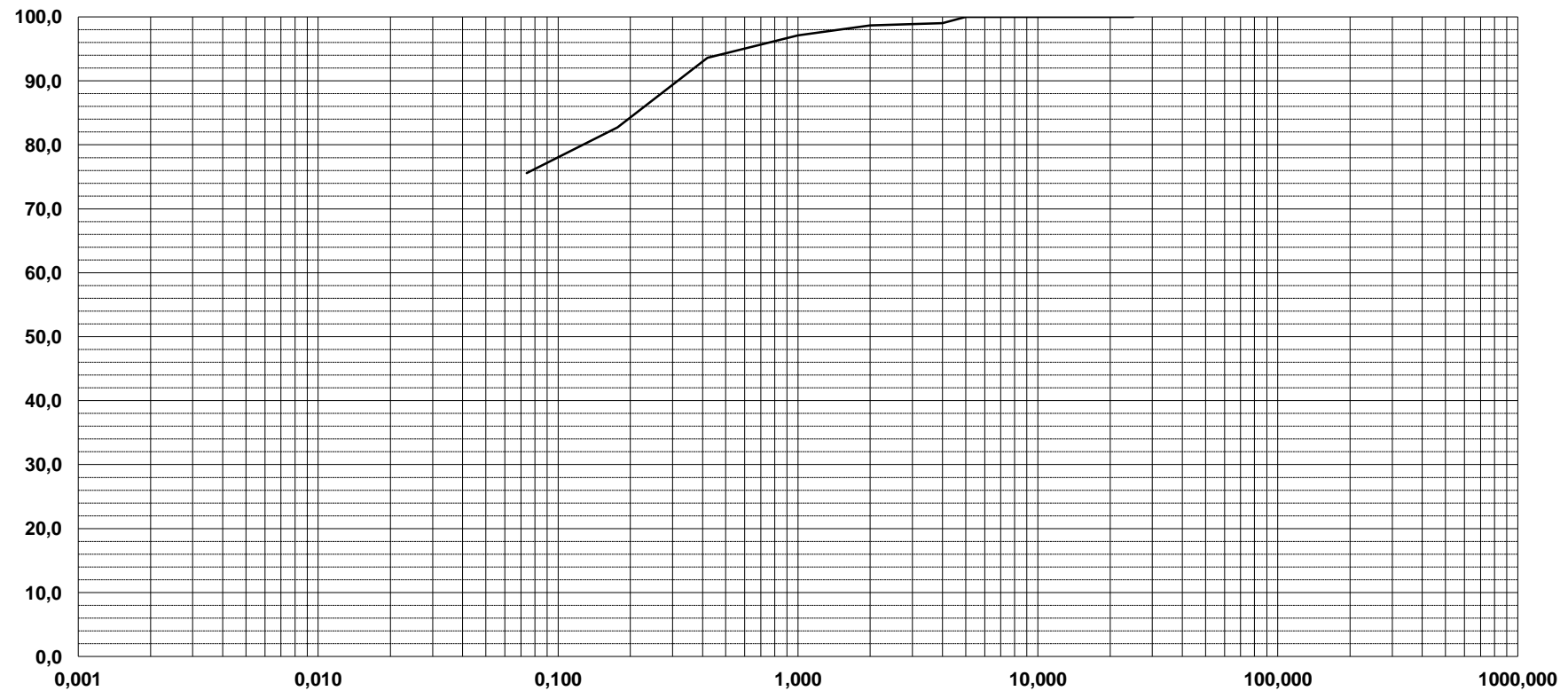
S4

Campione

C2

Profondità

da mt 3,70 a mt 4,00



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 1** Campione Profondità da **mt. 1,00**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	20,20	3,46	100,0	20,000
1"	16,00	3,40	0,58	96,5	16,000
1/2"	10,00	28,00	4,79	96,0	10,000
3/8"	5,000	12,50	2,14	91,2	5,000
4	4,000	5,20	0,89	89,0	4,000
10	2,000	18,30	3,13	88,1	2,000
18	1,000	49,50	8,47	85,0	1,000
40	0,420	167,50	28,67	76,54	0,420
80	0,177	155,00	26,53	47,87	0,177
200	0,074	57,00	9,76	21,3	0,074
0,00	0	67,70	11,59		
Somma (g)		584,30			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

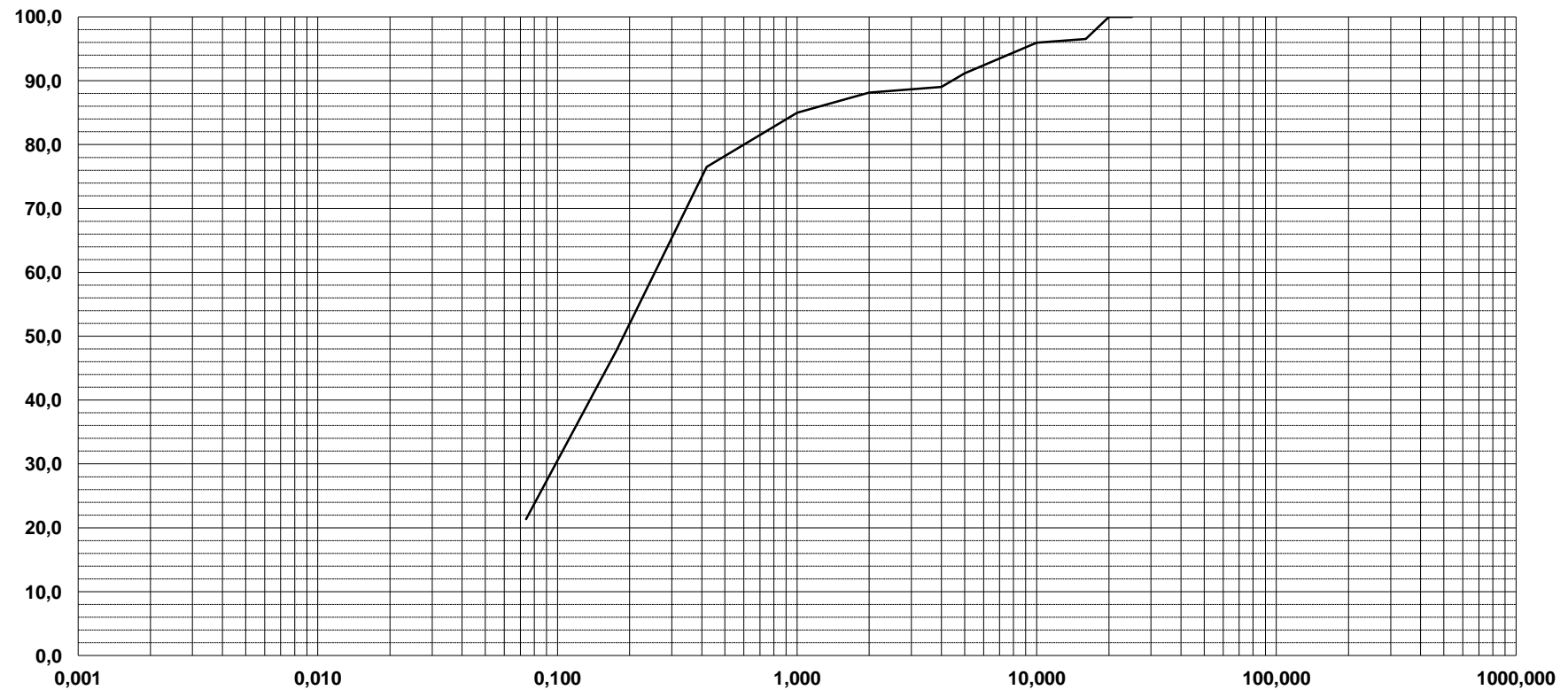
N. certificato

Sondaggio **SPT**

S1

Campione

Profondità **da mt 1,00**



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 1** Campione Profondità da **mt. 1,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,00	100,0	16,000
1/2"	10,00	20,00	2,88	100,0	10,000
3/8"	5,000	31,50	4,53	97,1	5,000
4	4,000	18,70	2,69	92,6	4,000
10	2,000	4,50	0,65	89,9	2,000
18	1,000	17,50	2,52	89,3	1,000
40	0,420	227,60	32,75	86,73	0,420
80	0,177	142,30	20,47	53,99	0,177
200	0,074	62,20	8,95	33,5	0,074
0,00	0	170,70	24,56		
Somma (g)		695,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

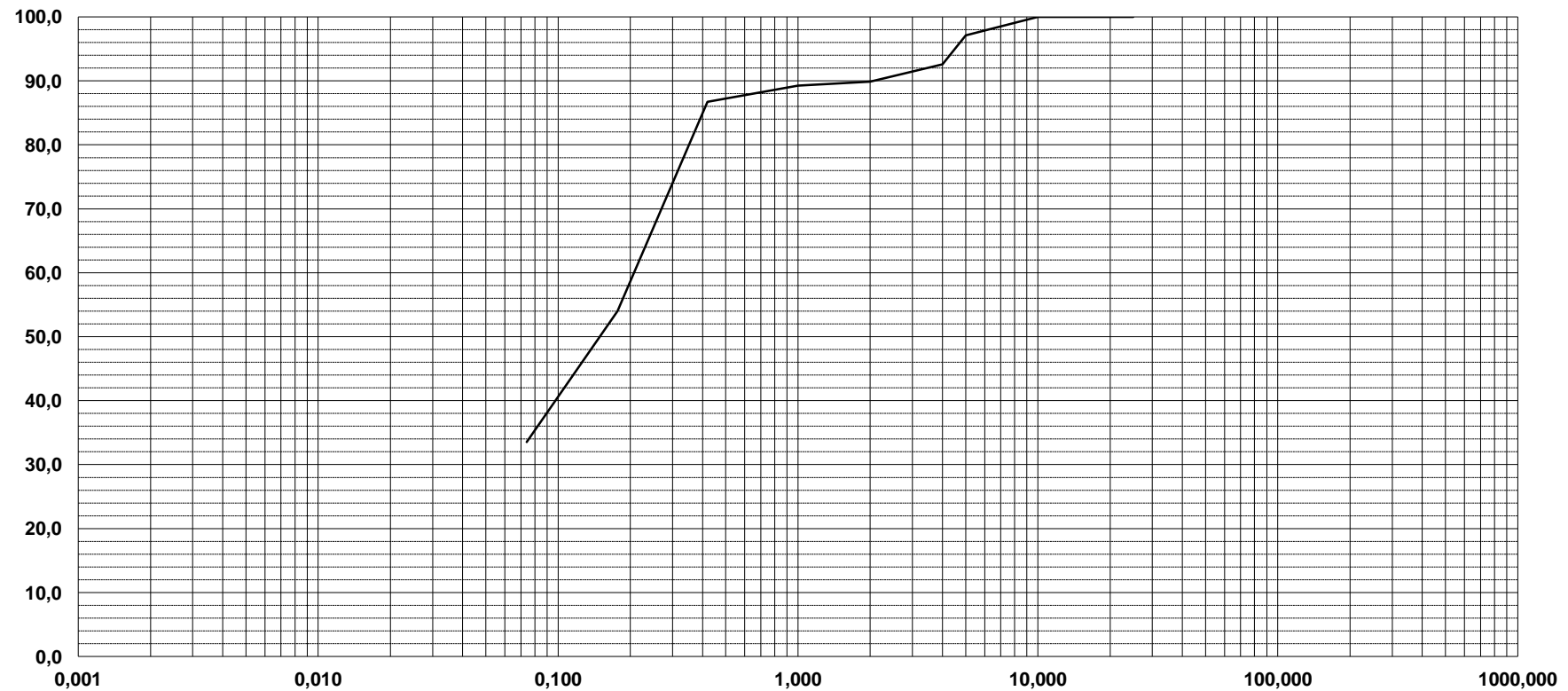
N. certificato

Sondaggio **SPT**

S1

Campione

Profondità **da mt 1,50**



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 1** Campione Profondità da **mt. 3,30**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,00	100,0	16,000
1/2"	10,00	0,00	0,00	100,0	10,000
3/8"	5,000	11,00	1,76	100,0	5,000
4	4,000	0,90	0,14	98,2	4,000
10	2,000	2,00	0,32	98,1	2,000
18	1,000	34,00	5,45	97,8	1,000
40	0,420	448,20	71,83	92,32	0,420
80	0,177	50,70	8,13	20,50	0,177
200	0,074	30,00	4,81	12,4	0,074
0,00	0	47,20	7,56		
Somma (g)		624,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A3

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

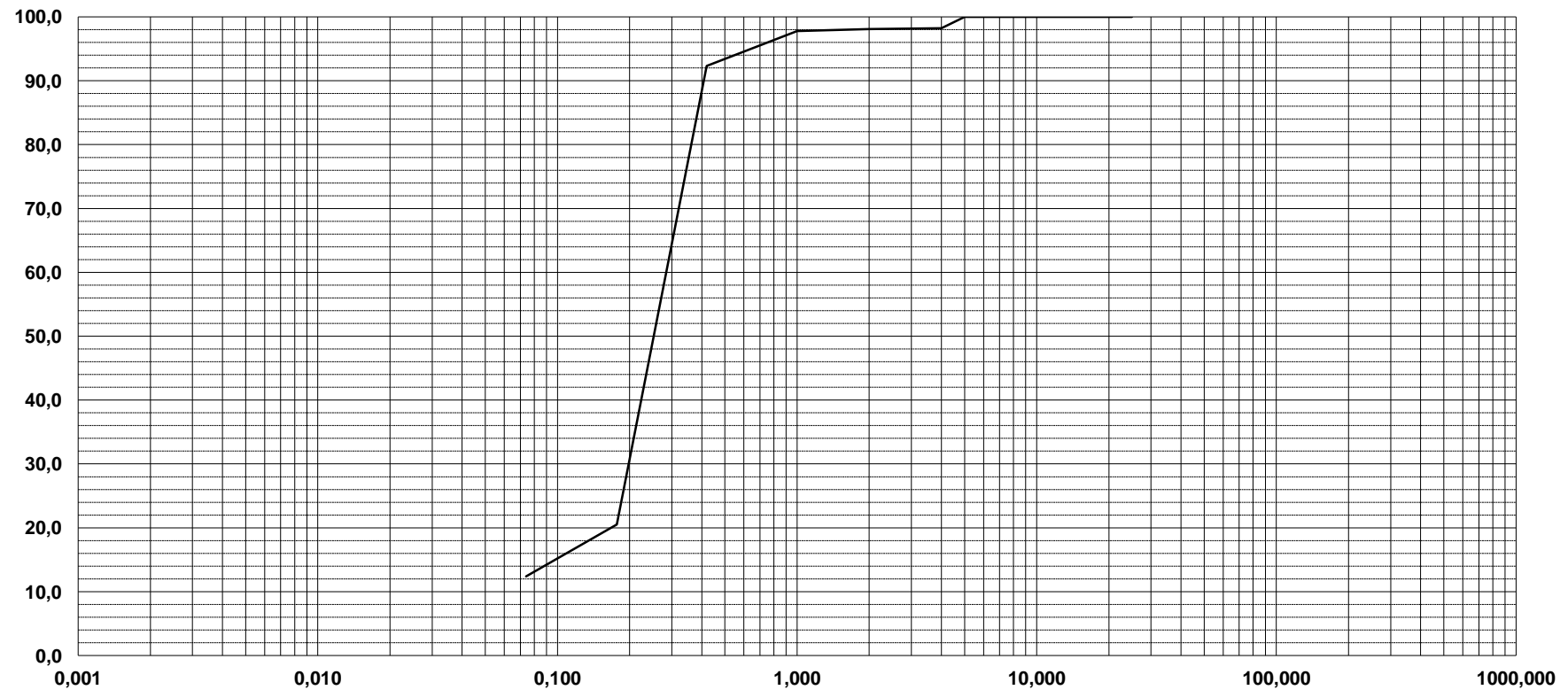
N. certificato

Sondaggio **SPT**

S1

Campione

Profondità **da mt 3,30**



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 2** Campione Profondità da **mt. 2,00**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	26,00	5,75	100,0	20,000
1"	16,00	15,70	3,47	94,3	16,000
1/2"	10,00	22,30	4,93	90,8	10,000
3/8"	5,000	9,70	2,14	85,9	5,000
4	4,000	2,70	0,60	83,7	4,000
10	2,000	11,50	2,54	83,1	2,000
18	1,000	33,50	7,41	80,6	1,000
40	0,420	12,60	2,79	73,16	0,420
80	0,177	114,00	25,20	70,37	0,177
200	0,074	85,80	18,97	45,2	0,074
0,00	0	118,50	26,20		
Somma (g)		452,30			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

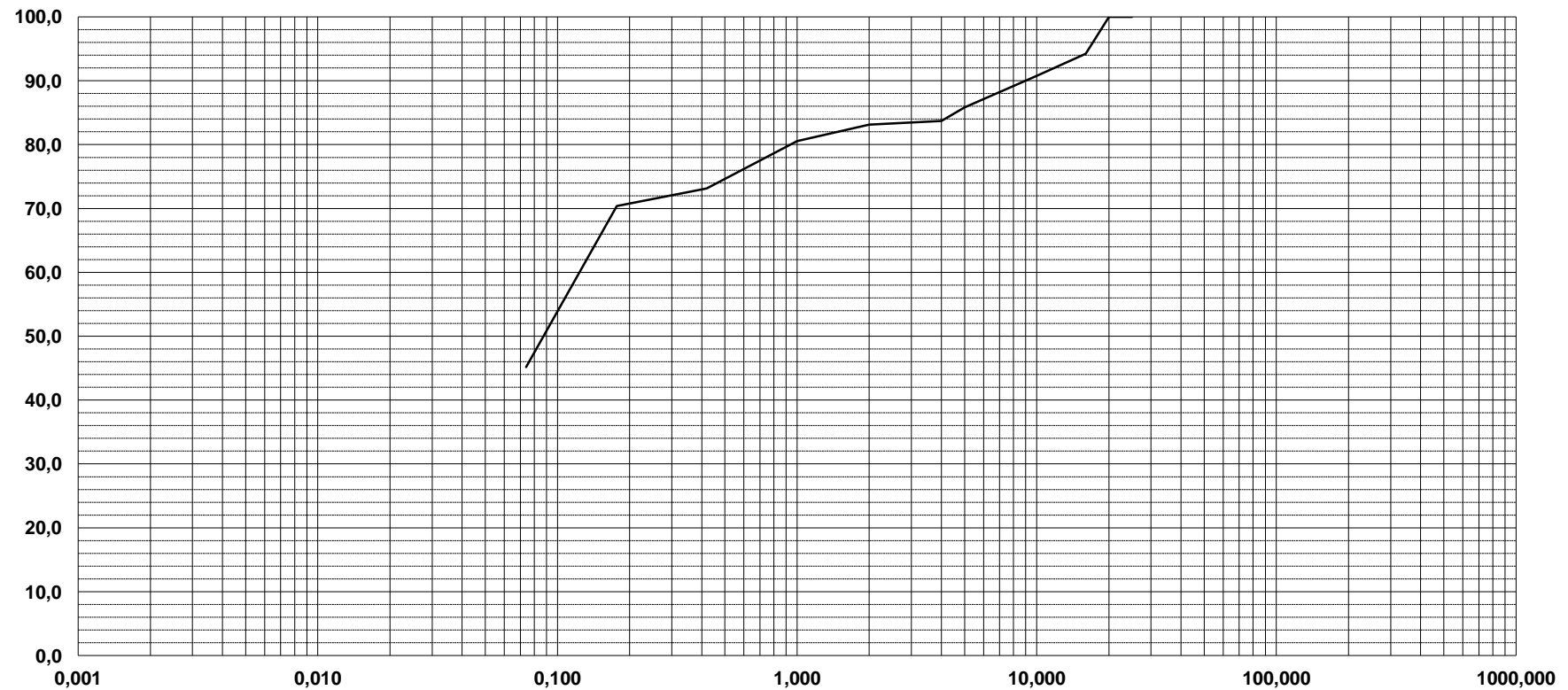
N. certificato

Sondaggio **SPT**

S2

Campione

Profondità **da mt 2,00**



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data

N. certificato

Sondaggio **SPT S 2** Campione Profondità da **mt. 3,00**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	32,30	4,98	100,0	20,000
1"	16,00	36,00	5,55	95,0	16,000
1/2"	10,00	35,00	5,40	89,5	10,000
3/8"	5,000	45,80	7,06	84,1	5,000
4	4,000	10,70	1,65	77,0	4,000
10	2,000	24,00	3,70	75,4	2,000
18	1,000	25,50	3,93	71,7	1,000
40	0,420	108,50	16,73	67,73	0,420
80	0,177	32,50	5,01	51,00	0,177
200	0,074	84,30	13,00	45,99	0,074
0,00	0	214,00	32,99		
Somma (g)		648,60			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

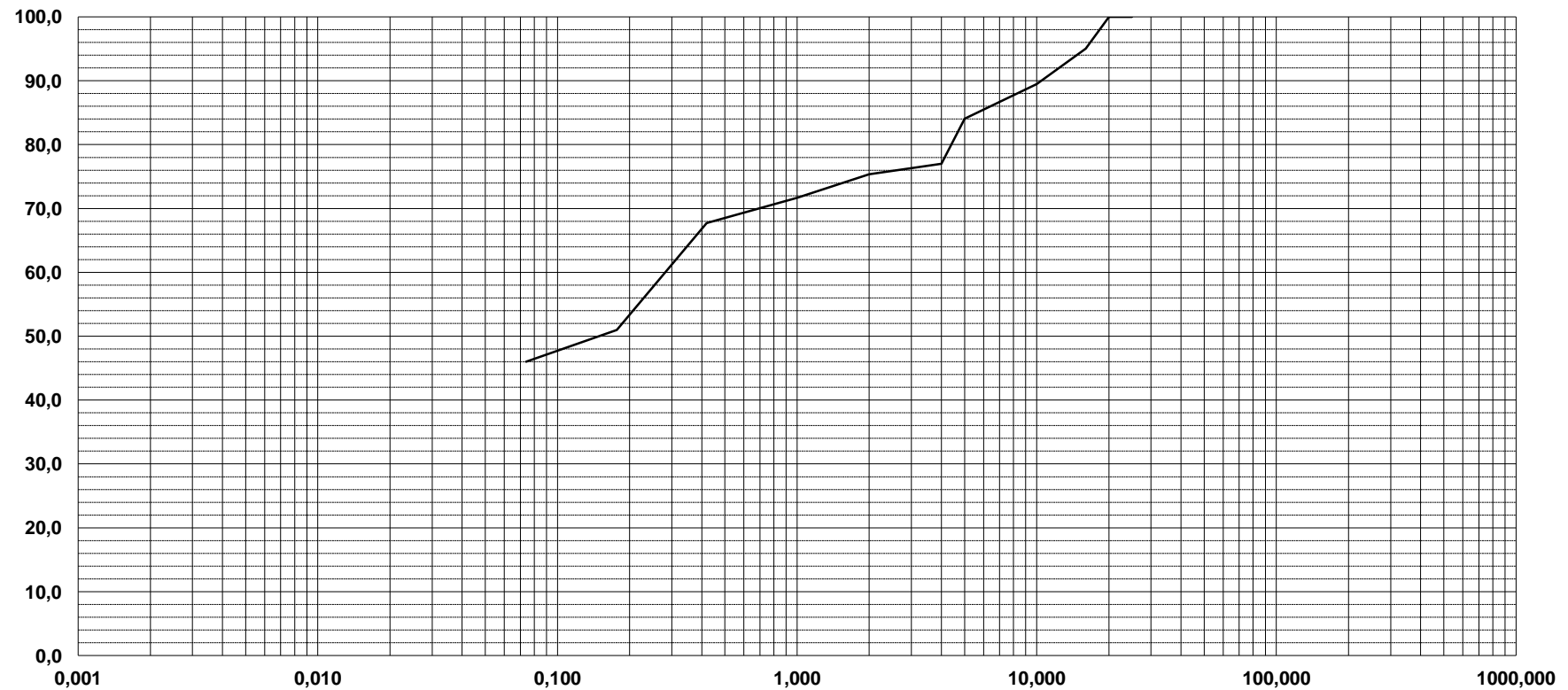
N. certificato

Sondaggio **SPT**

S2

Campione

Profondità **da mt 3,00**



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 4** Campione **C1** Profondità da **mt.2,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	34,00	8,52	100,0	25,000
2"	20,00	13,80	3,46	91,5	20,000
1"	16,00	15,60	3,91	88,0	16,000
1/2"	10,00	16,40	4,11	84,1	10,000
3/8"	5,000	9,80	2,45	80,0	5,000
4	4,000	2,40	0,60	77,6	4,000
10	2,000	5,00	1,25	77,0	2,000
18	1,000	6,50	1,63	75,7	1,000
40	0,420	63,00	15,78	74,07	0,420
80	0,177	94,20	23,60	58,29	0,177
200	0,074	44,50	11,15	34,7	0,074
0,00	0	94,00	23,55		
Somma (g)		399,20			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A1-b

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio **SPT**

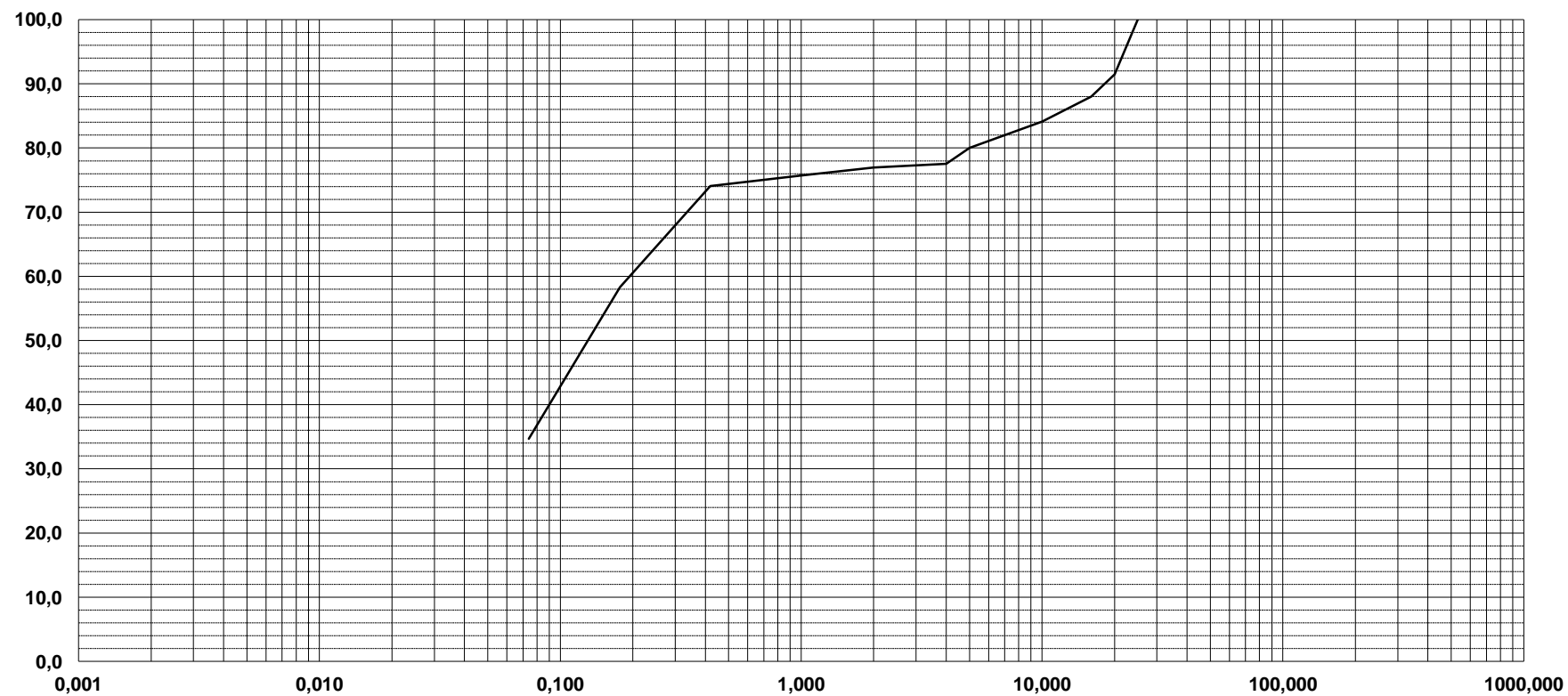
S4

Campione

C1

Profondità

da mt 2,50



ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data _____

N. certificato _____

Sondaggio **SPT S 4** Campione **C2** Profondità da **mt.2,50**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	125	0,00	0,00	100,0	125,000
	63	0,00	0,00	100,0	63,000
12"	45	0,00	0,00	100,0	45,000
6"	30	0,00	0,00	100,0	30,000
4"	25,00	0,00	0,00	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,00	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,00	100,0	16,000
1/2"	10,00	0,00	0,00	100,0	10,000
3/8"	5,000	1,80	0,67	100,0	5,000
4	4,000	0,30	0,11	99,3	4,000
10	2,000	2,70	1,00	99,2	2,000
18	1,000	8,40	3,12	98,2	1,000
40	0,420	32,50	12,08	95,09	0,420
80	0,177	58,80	21,86	83,01	0,177
200	0,074	50,30	18,70	61,2	0,074
0,00	0	114,20	42,45		
Somma (g)		269,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					

Classificazione CNR-UNI 10006 - A3

Analisi granulometrica per via umida dopo 24 ore di macerazione in acqua.

Ditta esecutrice indagini geognostiche: Acquanostra s.a.s. – Via Roma 105, Sassari

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui materiali

Committente

Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni

Intervento:

Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località

Lu Bagnu (Castelsardo)

ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Data

N. certificato

Sondaggio **SPT**

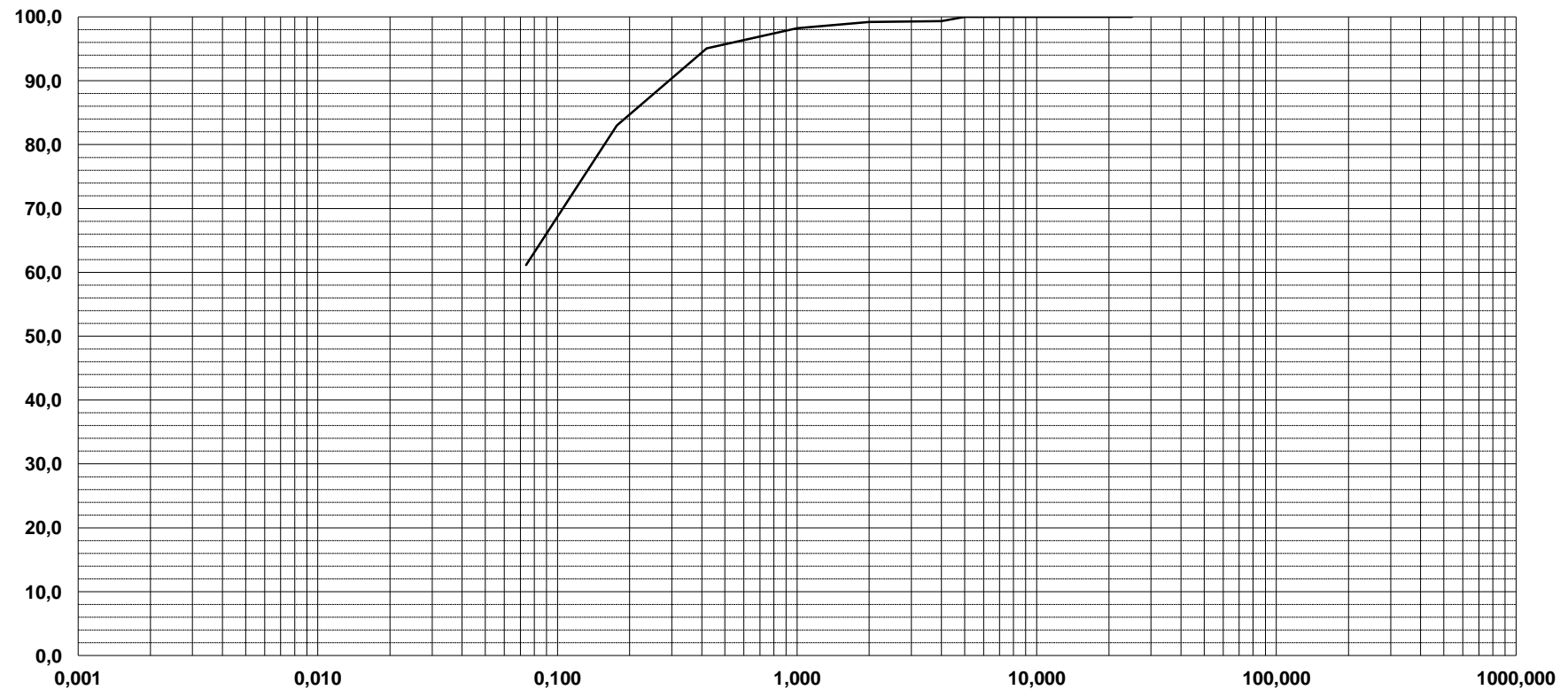
S4

Campione

C2

Profondità

da mt 2,50



ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Prot.

Cagliari

Committente **Ente Acque della Sardegna- Cagliari- Servizio Progetti e Costruzioni**

Posizione n°

Intervento: **Acquedotto Coghinas 1 – Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)**
del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)

PESO DI VOLUME APPARENTE

Provenienza Campione	Sigla Campione	da quota a quota mt.	P1 Peso Materiale gr.	P2 Picn + H2O gr.	P3 Peso Picn. gr.	P4 Volume Picn. P2-P3 gr.	P5 Materiale + Paraff. gr.	P6 Peso Paraffina P5-P1 gr.	P7 Volume Paraffina P6/0,953 gr/cmc	P8 Picno+ H2O+ mat.paraff. gr.	P9 Volume Pic con materiale P8-(P3+P5)	P10 Volume Materiale Paraffin. P4-P9	P11 Volume materiale P10-P7 gr/cmc	PS P1 / P10 gr /cmc
Lu Bagnu	S1 C2	3,00-3,50	81	1012	275	737	86,2	5,200	5,462	1044	682,8	54,200	48,738	1,662
Lu Bagnu	S3 C1	2,00-2,50	58,7	1012	275	737	60,3	1,600	1,681	1035	699,7	37,300	35,619	1,648
Lu Bagnu	S2 C2	3,00-3,50	49	1033	275	758	52,4	3,400	3,571	1051	723,6	34,400	30,829	1,589
Lu Bagnu	S3 C2	3,00-3,50	59,2	1012	275	737	62	2,800	2,941	1032,8	695,8	41,200	38,259	1,547
Lu Bagnu	S3 C4	8,50-9,00	45,2	1012	275	737	48,1	2,900	3,046	1028	704,9	32,100	29,054	1,556
Lu Bagnu	S4 C1	SPT a mt 2,50	52	1012	275	737	54	2,000	2,101	1034	705	32,000	29,899	1,739
Lu Bagnu	S4 C2	SPT a mt 3,00	63,5	1012	275	737	67,8	4,300	4,517	1038	695,2	41,800	37,283	1,703
Lu Bagnu	S2	SPT a mt 3,00	47,6	1012	275	737	49,6	2,000	2,101	1032	707,4	29,600	27,499	1,731

I campioni sono stati paraffinati dopo essere stati asciugati in forno a 105°C