

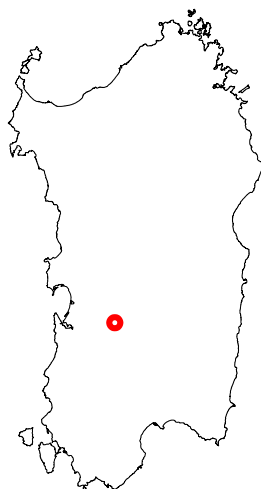


**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Ente acque della Sardegna



**OPERE PER IL RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI
DEPURAZIONE DI CURCURIS IN UN'AREA IRRIGUA NEL
COMPRENSORIO DELLA MARMILLA**



PROGETTO DEFINITIVO

Parte A - PARTE GENERALE
Rapporto geologico e geotecnico
Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica

Allegato **A 3.1**

Redatto dal Servizio Studi

Progettisti

Ing. Francesco Caturano
Ing. Valter Pisano

Collaborazioni specialistiche

Ing. Francesca Barracu
Dott. Biol. Marcella Ferralis
Ing. Giorgio Ortu
Ing. Nicoletta Sale

Geologia

Dott. Geol. Maria Rita Lai

Collaborazione tecnica

Geom. Bruno Careda
Geom. Pierpaolo Corona

Collaboratori

Geom. Luigi Usala
Geom. Luca Perra

Il Direttore Generale f.f.
Ing. Franco Ollargiu

Il Direttore del Servizio Studi
Ing. Dina Cadoni

Aggiornamento Aprile 2013

SOMMARIO:

1	PREMESSA.....	2
1.1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	2
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI.....	3
1.2.1	<i>Normativa tecnica.....</i>	3
1.2.2	<i>Documenti di progetto a carattere geologico e geotecnico.....</i>	4
2	CONSUNTIVO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE.....	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO	7
3.1	CARATTERI GEOGRAFICI	7
3.2	CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI GENERALI	7
3.2.1	<i>Litostratigrafia e composizione dei terreni.....</i>	8
3.2.1.1	Terziario.....	8
3.2.1.2	Quaternario.....	9
3.3	CARATTERI GEOMORFOLOGICI E UNITÀ DI PAESAGGIO	10
3.4	CARATTERI IDROGEOLOGICI	12
3.4.1	<i>Acque superficiali.....</i>	12
3.4.2	<i>Acque sotterranee</i>	13
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA.....	15
4.1	LE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
4.2	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE DELLE OPERE	19
4.3	MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI COSTITUENTI IL SUBSTRATO DI FONDAZIONE DELLE OPERE	23
4.3.1	<i>Opera di Presa e Impianto di Sollevamento.....</i>	23
4.3.2	<i>Condotta Premente.....</i>	24
4.3.3	<i>Vasca di carico Calaboni.....</i>	24
4.3.4	<i>Condotta Adduttrice.....</i>	26
4.3.5	<i>Infrastrutture del Distretto Irriguo.....</i>	26
4.4	TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	27
4.4.1	<i>Le tipologie ed i volumi di scavo.....</i>	27
4.4.2	<i>Precauzioni in fase di scavo.....</i>	28
4.4.3	<i>Accorgimenti da seguire nei rinterri delle condotte</i>	29
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE: STRATIGRAFIE DEI POZZETTI.....	31
5.1	ELENCO DEI POZZETTI GEOGNOSTICI.....	31
5.2	STRATIGRAFIE DEI POZZETTI GEOGNOSTICI.....	32
6	RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO	40
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	48

1 PREMESSA

Nella presente relazione viene illustrato il risultato dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico preliminare eseguito per il progetto *“Opere per il riutilizzo dei reflui dell'impianto di depurazione di Curcuris in un'area irrigua nel comprensorio della Marmilla”*.

Le opere previste sono comprese nel territorio comunale di Curcuris e sono ubicate nella cartografia IGMI in scala 1:25.000 Foglio 539 Sez. IV° Ales, F° 539 Sez I° Tuili e nella nuova Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 Sezioni 539-020, 539-030, 539-060, 539-070.

1.1 Descrizione del progetto

Il progetto denominato *“Opere per il riutilizzo dei reflui dell'impianto di depurazione di Curcuris in un'area irrigua nel comprensorio della Marmilla”*, prevede la realizzazione delle opere di adduzione, distribuzione e attrezzamento idraulico di un distretto irriguo, di superficie complessiva attrezzata di circa 100 ettari, nel comune di Curcuris.

Il futuro distretto irriguo, situato nel territorio dell'alta Marmilla, è considerato un'area marginale con problematiche socio-economiche, ove l'agricoltura e in particolare la zootecnia costituiscono elemento trainante per l'economia della zona, con criticità causate dalla scarsa disponibilità di risorsa idrica, soprattutto nella stagione estiva a causa della scarsa disponibilità di risorse utilizzabili e dell'assenza di infrastrutture idrauliche.

Il progetto prevede il riutilizzo per fini irrigui dei reflui depurati dell'impianto di depurazione consortile gestito da Abbanoa, secondo quanto stabilito dall'art. 99 comma 2 del D. Lgs. n. 152/2006 e sulla base delle indicazioni contenute nella Direttiva Regionale n. 75/15 del 30.12.2008 contenente le *“Misure di tutela quali-quantitativa delle risorse idriche tramite il riutilizzo delle acque reflue depurate”*.

L'impianto di trattamento di Curcuris, realizzato nei primi anni 2000, ricade nel territorio dell'omonimo comune e raccoglie le acque reflue dei comuni appartenenti allo schema fognario a servizio di otto centri abitati: Albagiara, Ales, Curcuris, Escovedu (frazione di Usellus), Gonnosnò, Figù (frazione di Gonnosnò), Pau, Villaverde e Zeppara (frazione di Ales); tale impianto risulta dotato delle opere ed infrastrutture necessarie al riutilizzo irriguo dei reflui depurati, ed ha come corpo recettore il Rio Mannu, affluente del Rio Mogoro che a sua volta recapita le acque nelle aree sensibili rappresentate dagli Stagni di S. Giovanni e Marceddì.

L'intervento di infrastrutturazione e attrezzamento irriguo, avrà come risultato il potenziamento, l'innovazione e la razionalizzazione del comparto agricolo-zootecnico dell'area secondo quanto dettagliatamente illustrato nello Studio Agronomico redatto dall'Agenzia LAORE.

In estrema sintesi, l'intervento comprende la realizzazione delle seguenti opere:

- l'opera di presa delle acque in uscita dal depuratore consortile di Curcuris, da realizzare con un pozzetto di derivazione interrato, attiguo al preesistente pozzetto di scarico, che

- intercetterà l'attuale condotta di scarico in uscita dall'impianto, sarà posto all'esterno dell'area del depuratore, sul lato verso fiume, ad una quota di circa 118,50 m slm;
- l'impianto di sollevamento verrà realizzato in adiacenza all'attuale depuratore consortile, in adiacenza all'opera di presa, sarà costituito da una vasca di aspirazione interrata della profondità massima di circa 4,00 m dal p.c. e da una camera di manovra soprastante la vasca ed elevata rispetto al p.c.; completano le opere lo stradello di accesso parallelo alla recinzione dell'impianto di depurazione e le sistemazioni dei piazzali;
 - condotta premente avrà origine dall'impianto di sollevamento e sarà realizzata in ghisa sferoidale DN 200 mm, di lunghezza pari a circa 875 m, conetterà l'impianto di sollevamento alla vasca di carico e compenso di Calaboni;
 - vasca di carico e compenso ubicata in località Calaboni, del volume complessivo di 5.000 mc, formata da due manufatti: il primo costituito dalla camera di manovra e da una vasca di disconnessione con una capacità di 120 mc, è previsto seminterrato in cemento armato e con profondità massima dal p.c. di 3,00 m; il secondo costituito dalla vasca di compenso sarà realizzato con un bacino in terra impermeabilizzata con guaina in PVC, inclinazione delle scarpate pari a 1/1, argine perimetrale in terra con pendenza delle scarpate pari a 2/3 e profondità massima di scavo dal p.c. pari a 3,40 m. La vasca di compenso non rientra nel presente progetto ma farà parte di un secondo appalto (interventi di completamento). Nell'area sono previsti anche lo stradello di accesso al sito della vasca e le sistemazioni esterne;
 - condotte e rete di distribuzione saranno realizzate la condotta adduttrice prevista in ghisa sferoidale DN 250 mm della lunghezza di 400 m; la condotta di scarico della vasca in PVC DN 250 mm, di lunghezza pari a circa 870 m. Infine la rete di distribuzione irrigua è prevista in ghisa con diametri variabili da 200 a 100 mm, verrà realizzata in due fasi: la prima fase prevede la posa di circa 2.800 m, corrispondenti ai rami A3-D, A3-E1 e A3-H; nella seconda fase si realizzeranno altri due tratti (ramo A3-M1 e G2-I1-I2-I3) della lunghezza complessiva di circa 2.450 m;
 - opere di attraversamento stradali e fluviali: comprendono l'attraversamento in subalveo del Rio Mannu e del Rio de Figu, l'attraversamento della strada provinciale N. 72 e della strada comunale Curcuris-Baressa;
 - opere d'arte di linea comprendono i pozzetti di consegna e di derivazione, gli sfiati e gli scarichi, le bocchette di distribuzione multiutenza, oltre ad alcuni idranti antincendio.

I manufatti previsti saranno realizzati tutti in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

1.2 Riferimenti normativi e tecnici

1.2.1 Normativa tecnica

La presente relazione viene redatta ai sensi delle seguenti norme:

- Legge 2 febbraio 1964 n. 74 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (art. 1).
- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 – Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. 12/12/1985 – Norme Tecniche per le Tubazioni
- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 – Regolamento di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Legge 28 febbraio 2008, n. 31, art. 20.

1.2.2 Documenti di progetto a carattere geologico e geotecnico

Gli elaborati di progetto facenti parte del Rapporto geologico e geotecnico cui si farà riferimento nel seguito sono i seguenti:

- Allegato A.3.1 Relazione
- Allegato A.3.2 Carta Geologica scala 1:4.000
- Allegato A.3.3 Profili Geologici scala 1:2.000 / 1:200

2 CONSUNTIVO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE

Per lo studio geologico e geotecnico, relativo al territorio nel quale si svilupperanno le opere in progetto, sono state utilizzate informazioni dedotte dalla bibliografia geologica esistente.

In particolare sono stati passati in rassegna i risultati di campagne di indagini geologiche, geognostiche ed idrogeologiche eseguite in occasione di studi ed indagini finalizzati alla redazione di vari progetti sia nello stesso territorio comunale che in zone limitrofe, sia direttamente dall'ENAS che da altre amministrazioni (comune, Abbanoa).

Questi studi vengono elencati nel seguito.

Pubblicazioni, Studi e Progetti Consultati

- Pecorini G. (1975) – “Sui tufi pomicei langhiani della Sardegna meridionale”. Boll. Soc. Geol. It., 93, 1974, 1001-1012.
- Pecorini G. (1966) – “Sull'età oligocenica del vulcanismo al bordo orientale della fossa tettonica del Campidano (Sardegna)”. Accademia Naz. Dei Lincei. Rend della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali. Serie VIII, vol. XI, fasc. 6 –Giugno 1966.
- Pecorini, G. Pomesano Cerchi A. (1969) – “Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna)” – Mem. Soc. Geol. It., 8, Pisa.
- ESAF (Novembre 1999) – Risanamento degli Stagni di Cabras, Santa Giusta, S'Ena Arrubia, Marceddì, del tratto vallivo e montano del Rio Mogoro e del tratto vallivo del Fiume Tirso, mediante realizzazione di nuove opere fognario-depurative e completamento di opere esistenti - Progetto di Risanamento del territorio dei comuni del Rio Mogoro – Progetto esecutivo del Depuratore Consortile di Curcuris – Relazione Geotecnica (All. B)
- ENAS (Maggio 2009) - Progetto Opere di adduzione ed attrezzamento del distretto irriguo della Bassa Marmilla alimentato dallo Schema Idrico Flumineddu-Tirso-Flumendosa” – Progetto Definitivo – Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica.
- RAS - Piano di Tutela delle Acque (art. 44 D.Lgs. 152/99 e s.m.i.- art. 2 I.R. 14/2000 – Dir. 2000/60/CE). - Piano Stralcio di settore del Piano di Bacino (art. 17 comma 6-ter L. 183/89);
- RAS – Caratterizzazione, obiettivi e monitoraggi dei corpi idrici sotterranei della Sardegna (Direttiva 2000/60/CE, Direttiva 2006/118/CE, D.Lgs. 152/2006, D.Lgs. 30/2009) – Dicembre 2010.

Indagini geologiche e geognostiche

Ad integrazione di quanto ricavabile dagli studi e dalle indagini sopraccitati ed a supporto della progettazione per il presente progetto, sono state eseguite le seguenti attività:

- inquadramento del sito nel contesto geologico regionale e locale;
- rilevamento geologico di superficie, cui ha fatto seguito la restituzione cartografica delle

caratteristiche geologico-litologiche dell'area circostante a quella in cui verranno realizzate le opere previste;

- realizzazione di un'indagine geognostica con l'esecuzione di pozzetti per l'acquisizione di tutte le informazioni di natura geologica e geotecnica relativamente alla costituzione dei terreni interessati dalle opere in progetto;
- predisposizione della Carta Geologica, che evidenzia le litologie che costituiscono complessivamente l'area in cui dovranno essere inserite le opere in progetto (Allegato **A3.2**) e realizzazione dei Profili geologici lungo i tracciati delle condotte (Allegato **A3.3**) che illustrano il modello geologico e geotecnico in corrispondenza delle opere in progetto;
- redazione della presente relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO

3.1 Caratteri Geografici

La Marmilla è una subregione situata nella parte centro-meridionale della Sardegna. Si estende tra il Sarcidano, la Trexenta, la Parte Usellus e il Campidano di Cagliari. I suoi limiti geografici sono individuabili a nord-ovest dal Monte Arci, a nord-est dalla Giara di Gesturi e dalla Giara di Serri, ad est dal Flumini Mannu e dalla vicina Trexenta, a sud e sud-est dalla piana del Campidano.

I comuni che ne fanno parte sono: Ales, Albagia, Baradili, Barumini, Curcuris, Gesturi, Genuri, Gonnosnò, Las Plassas, Lunamatrona, Pauli Arborei, Pau, Setzu, Siddi, Sini, Turri, Tuili, Ussaramanna, Villanovaforru, Villamar.

Secondo alcuni deve il suo nome ad un carattere morfologico ben preciso, cioè la conformazione a mammelloni delle colline da cui è formata (vedi il Castello di Marmilla o di Las Plassas); mentre secondo un'altra ipotesi, vista la presenza di molte paludi nella zona, il paesaggio poteva apparire punteggiato da "mille mari".

Il suo territorio è caratterizzato da una diffusa uniformità morfologica ed altimetrica e dal punto di vista formazionale risale in prevalenza al Miocene e subordinatamente al Quaternario, l'aspetto complessivo del paesaggio è prevalentemente collinare con dolci ondulazioni e superfici subpianeggianti o lievemente inclinate verso est e sud-est, separate da ampie depressioni piate o concave di chiara origine palustre e fluviale, sulle quali spiccano le poderose moli dei tavolati basaltici delle Giare di Gesturi e di Siddi, inoltre è solcato da uno dei corsi d'acqua più importanti della Sardegna il Rio Flumini Mannu di Isili e dal Rio Mogoro e suoi affluenti.

3.2 Caratteri Geologico-Strutturali generali

L'area in studio è ubicata nella parte alta della Marmilla, compresa nel settore che abbraccia i territori comunali di Ales, Albagia, Curcuris, Gonnosnò, Pau, Simala, Usellus, in una zona contraddistinta in prevalenza dalle litologie appartenenti a litotipi caratteristici del bacino di sedimentazione terziario e dei depositi clastici quaternari.

Gli eventi geologici succedutisi hanno determinato la genesi e l'evoluzione delle formazioni rocciose in esame: durante l'Oligocene ed il Miocene inferiore-medio importanti deformazioni, rappresentate da faglie e lineazioni tettoniche, legate alla rotazione della placca sardo-corsa (apertura del Bacino Balearico) e alla tettonica estensionale responsabile del "Rift Sardo", determinarono la sedimentazione in ambiente, prima continentale e poi marino, di potenti sequenze detritiche, portando alla deposizione di formazioni marnoso-siltitiche mioceniche molto potenti e ad un esteso vulcanismo calco-alcalino, con la messa in posto di prodotti andesitici o andesitico-basaltici in varie facies.

Successivamente, alla fine del Miocene, una fase di continentalità interessò la Sardegna meridionale con la conseguente deposizione di sedimenti clastici di ambiente fluvio-deltizio, formanti la ben nota "Formazione di Samassi", i cui elevati spessori rappresentano il risultato del colmamento del bacino formatosi durante una nuova fase tettonica estensionale di età pliocenica legata, dal punto di vista geodinamico, all'apertura del Tirreno meridionale.

I movimenti tettonici terziari legati all'orogenesi alpina e quelli più recenti plio-quadernari portarono, dunque, all'emersione delle litologie vulcano-sedimentarie, innescando forti processi erosivi e deposizionali continuati durante tutto il Quaternario, oltre a determinare una importante attività vulcanica rappresentata da colate riolitico-riodacitiche (lave a pillow sottomarine e facies perlitico-ossidianacee del Monte Arci); fino alla messa in posto dei basalti che chiudono la serie vulcanica tardo-pliocenica con le colate molto estese in superficie, ma poco potenti in spessore (massimo 30 m), in forma di altopiani tabulari (Basalti delle Giare).

Nelle potenti sequenze sedimentarie mioceniche e plioceniche si succedono, dal basso verso l'alto: andesiti e brecce andesitiche associate a prodotti piroclastici, calcari di scogliera anche in eteropia di facies con arenarie e arenarie marnose, marne, marne arenaceo-siltitiche e marne argillose con intercalazioni di vulcaniti tufacee, per terminare quindi con le estese coltri alluvionali plioceniche.

Infine i processi erosivi legati alle vicende climatiche quadernarie diedero origine a prodotti di disfacimento con la sedimentazione di depositi detrico-alluvionali e colluviali.

La tettonica dell'area in esame è caratterizzata da movimenti disgiuntivi dovuti al rifting oligo-miocenico sardo con direzioni soprattutto N-S. A questa struttura si è quindi sovrapposto un nuovo rifting, di età plio-pleistocenica con direzione principale NW-SE e NE-SW. Pertanto nella zona si osservano faglie dirette NW-SE, secondo le direttrici campidanesi, che formano dei piccoli graben allungati parallelamente alla pianura del Campidano. Queste faglie presentano rigetti di qualche decina di metri e sono responsabili della formazione di rilievi isolati e della particolare conformazione "a cuevas" delle colline mioceniche.

3.2.1 Litostratigrafia e composizione dei terreni

La "**Carta Geologica**", in scala 1:4.000, allegata alla presente relazione evidenzia le litologie che costituiscono complessivamente l'area in cui dovranno essere inserite le opere in progetto. Tale carta rappresenta il risultato delle conoscenze bibliografiche sul settore in esame e dei rilievi diretti eseguiti sul terreno durante le indagini e gli studi geologici effettuati per il presente progetto.

La carta illustra i terreni interessati dalle opere in progetto, essi, dai più antichi ai più recenti, vengono qui di seguito sinteticamente descritti.

3.2.1.1 Terziario

Le litologie terziarie, riferibili all'Oligocene ed al Miocene rappresentano in generale il substrato di tutto il settore in esame.

Le litologie oligo-mioceniche appartengono ad una formazione vulcanica basale mentre quelle esclusivamente mioceniche appartengono ad una formazione di origine marina. Nell'area esaminata esse sono costituite da:

β – Basalti e Andesiti-basaltiche: si tratta di vulcaniti formate da lave porfiriche di tipo basaltico e andesitico-basaltiche molto scure, con fenocristalli di plagioclasti, pirosseni; originatesi principalmente in ambiente subacqueo (lave a pillows), localmente associate a livelli piroclastici e di rimaneggiamento, la giacitura è in cupole di ristagno. Si tratta di rocce lapidee generalmente molto dure e compatte. Nella letteratura geologica sarda, queste litologie sono attribuite alla “*Unità di Bruncu Mois*” e nel territorio comunale di Curcuris affiorano nelle zone collinari di Castello Barumeli, Cuccuru Domus, Genna Ezzas, Quassoli, Curruru Perda Mogoro. Età: Oligo-Miocene.

Ma – Siltiti marnose e Marne siltitico-arenacee: di colore grigio-giallognolo, o giallastro-nocciola, ben cementate e massive o sottilmente stratificate, contengono una importante frazione siltoso-arenacea rappresentata in genere da granuli quarzosi di provenienza paleozoica. Si osservano anche intercalazioni più grossolane con livelli di areniti massive a cemento calcareo, oppure locali intercalazioni tufacee con livelli piroclastici e di cineriti pomicee. Le superfici di stratificazione talvolta sono patinate da ossidi di Fe e Mn. Piuttosto compatte in profondità e più tenere in superficie, per effetto dei processi di alterazione che causano frequenti argillificazioni associati a concrezioni carbonatiche diffuse, di aspetto generalmente farinoso o concentrate in noduli più o meno duri. Nella letteratura geologica sarda, queste litologie sono attribuite alla “*Formazione della Marmilla*”. Lo spessore può ritenersi di almeno 200 m. Le zone di affioramento occupano la gran parte della zona circostante l'abitato di Curcuris e il suo territorio comunale. Età: Miocene inf-medio (Aquitaniense–Langhiano),

3.2.1.2 Quaternario

I terreni di copertura quaternari e recenti, quasi esclusivamente alluvionali e detritico-colluviali, costituiscono delle coltri ubicate nelle zone di fondovalle. Lo spessore delle varie coltri è in media di 2-3 m fino ad un massimo di 5 - 6 m nella piana del Rio Mannu.

Di essi è stata operata la seguente distinzione:

a – Alluvioni attuali: formate da sabbie fini, limi, limi argillosi grigiastri e da ghiaie eterometriche e poligeniche che ricoprono le litologie oligo-mioceniche. Le zone di affioramento sono quelle corrispondenti ai principali corsi d'acqua della zona, di cui formano gli alvei attivi e le immediate vicinanze (Rio Mannu, Rio de Figu, Rio Molinu, Rio Manassa), gli spessori sono assai variabili da 1-2 m fino a 4-5 m, localmente anche maggiori. Età Olocene-Attuale.

at – Alluvioni recenti terrazzate: formate da ghiaie e ciottolami sabbiosi poligenici (quarzo, areniti, siltiti, marne, andesiti basaltiche) ed eterometrici (diametro da pochi centimetri fino a circa 10-20 cm con trovanti di 30-40 cm), in matrice argilloso-limosa o sabbioso-limosa di colore bruno grigiastro. Le zone di affioramento sono quelle circostanti i principali corsi d'acqua della zona, di cui formano le piane alluvionali adiacenti alle incisioni fluviali, a causa della morfogenesi fluviale sono incise e terrazzate (Rio Canali, Rio Mannu, Rio de Figu, Rio Manassa); gli spessori sono assai variabili da 1,5 m fino a circa 5-6 m. Età Olocene-Attuale.

dc – Depositi detritico-colluviali: si tratta di depositi di origine prevalentemente gravitativa formati da limi argilloso-sabbiosi e limi sabbioso-argillosi bruno-grigiastri o bruno-nocciola,

con quantità variabili di ciottolami e ghiaia (diametro da pochi centimetri fino a circa 15-20 cm e con trovanti di 30-40 cm) di siltiti, marne e vulcaniti (**dc-a**). Talvolta in superficie sono presenti grossi blocchi rocciosi provenienti da crolli di elementi litoidi dalle scarpate soprastanti (**dc-b**). Le zone di affioramento corrispondono alle aree di raccordo tra i versanti collinari e i fondovalle, a copertura delle litologie sedimentarie mioceniche da cui sono originati per erosione e trasporto operato dalle acque di dilavamento superficiale. Si osservano nell'ampia vallata del Rio Mannu, in località Arcu, in prossimità del depuratore, nella piccola vallecchia lungo la quale si sviluppa la S.P. N. 72 e nella vallata del Rio Canali. Età: Olocene – Attuale.

3.3 Caratteri Geomorfologici e Unità di Paesaggio

Come precedentemente accennato la zona d'intervento è ubicata in una porzione del territorio comunale di Curcuris, solcata dal Rio Mannu che attraversa l'area per circa 5 km da nord-est a sud-sud-ovest.

L'area oggetto dei lavori è compresa nella piana formata da questo corso d'acqua e dai suoi affluenti, in un contesto morfologico caratterizzato da zone pianeggianti o sub-pianeggianti e da dorsali collinari.

Sulla base delle osservazioni di campagna e delle foto aeree è stato possibile individuare tre principali unità di paesaggio (o unità fisiografiche), ossia ambiti territoriali con specifiche, distintive e omogenee caratteristiche dei caratteri litologici, morfologica e pedologici, oltre che dei caratteri vegetazionali e di uso del territorio, con riferimento alle categorie fisico-ambientali definite dal PPR "Componenti del paesaggio con valenza ambientale". Ciò ha consentito di definire, oltre che i caratteri geomorfologici essenziali, anche di individuare le caratteristiche delle unità fisiografiche ai fini dello studio paesaggistico e per l'inserimento delle opere.

Ambiente collinare – Sistemi orografici di versante

Le dorsali collinari sono formate da modesti rilievi per lo più allungati, con andamento prevalente NW-SE e N-S, oltre che da rilievi rotondeggianti, altimetricamente poco accentuati e con quote sempre inferiori ai 300 m, i più elevati dei quali sono rappresentati dalla *Punta Niu Crobu* (301 metri s.l.m.), dal *Quassoli* (240 metri s.l.m.), *Serra Corongiu* (298 m s.l.m.), *Genna Casu* (193 m s.l.m.) tutti ubicati nella parte occidentale e nord-occidentale del territorio comunale, mentre nella parte orientale le quote sono generalmente inferiori: *Bruncu Flumini* (206,32 m s.l.m.), *Genna Erbis* (170,45 m s.l.m.), *Genna Angius* (150,20 m s.l.m.).

La conformazione delle dorsali collinari allungate e di quelle rotondeggianti trae origine dalle vicende geostrutturali sopradescritte, infatti i principali sistemi di faglie e fratture, orientati in direzione NW-SE, NE-SW e N-S, oltre ad essere all'origine della formazione ad horst e graben del Campidano e delle sue sponde orientali ed occidentali, hanno causato lievi basculamenti delle litologie vulcano-sedimentarie terziarie e delle stesse colline della Marmilla, conferendo loro una morfologia asimmetrica tipica delle "cuestas": rilievi collinari con sommità tabulari o lievemente ondulate, con un versante più ripido e corto esposto a NW o ad W ed un versante più lungo e a debole pendenza esposto a SE o ad E, che immerge andando a confluire nelle

aree di fondovalle, entro le quali scorrono i corsi d'acqua. Le pendenze delle aree sommitali variano tra il 2% e il 10%, mentre lungo i versanti possono superare il 15-20% ma generalmente non mostrano forme particolarmente acclivi, né sono presenti fenomeni e processi geomorfologici che denotino segni di instabilità geomorfologica. Le uniche zone con pendenze elevate e scarpate anche subverticali si osservano lungo i tagli stradali (in parte artificiali) della S.P. N. 72 e lungo la Strada comunale Curcuris-Baressa.

In questa unità fisiografica i processi geomorfologici in atto sono costituiti da un ruscellamento areale diffuso in corrispondenza delle superfici sommitali colline e delle delle cuestas, con un'erosione superficiale ad opera delle acque meteoriche stagionali, più o meno intensa in funzione dell'energia degli eventi piovosi; mentre lungo i versanti si possono verificare, in corrispondenza con eventi meteorici particolarmente intensi, processi di erosione superficiale ad opera delle acque meteoriche in associazione con la gravità. Solo in alcuni casi, lungo le cornici sommitali e più ripide delle "cuestas" e lungo le scarpate artificiali della S.P. N. 72, si osservano modesti distacchi di blocchi subangolari di roccia marnoso-arenacea che, rotolando lungo il versante, si frammentano facilmente in blocchi di dimensioni minori, formando piccoli accumuli di pietrame alla base del versante.

Dal punto di vista pedologico i suoli nelle aree sommitali e lungo i versanti più acclivi si presentano scarsamente sviluppati, da poco profondi a moderatamente profondi; mentre nella aree con pendenze moderate si osservano suoli più profondi e sviluppati, ben drenati.

L'uso del suolo è in prevalenza quello a seminativi e a pascolo naturale, non mancano aree soggette a rimboschimenti con essenze arboree

Ambiente collinare – Aree di raccordo con i fondovalle

Questa unità fisiografica, solitamente conformata in analogia alle dorsali collinari, presenta una morfologia pianeggiante o leggermente concava, i terreni che la costituiscono sono rappresentati dai depositi detritico-colluviali olocenici e recenti, entro i quali possono rinvenirsi corsi d'acqua minori o piccoli torrenti occasionali. Le pendenze sono assai modeste, generalmente comprese tra il 2,5% e il 5%, mentre l'altimetria è compresa tra i 110 e i 140 m slm.

I processi geomorfologici in atto sono costituiti da un ruscellamento areale diffuso e dalla sedimentazione ed accumulo di materiali provenienti dalle parti sommitali delle colline.

I suoli sono ben sviluppati, presentano una buona profondità e sono ben drenati. Anche qui l'uso del suolo è costituito in prevalenza da seminativi e pascolo oltre a piccoli vigneti e oliveti, e scarsi orti a conduzione familiare.

Ambiente di pianura e fluviale – Piane alluvionali recenti dei corsi d'acqua

Questa unità fisiografica comprende morfologie pianeggianti rappresentate dai terrazzi olocenici, dagli alvei di piena ordinaria e straordinaria dei corsi d'acqua principali e minori e dalle relative sponde delimitate da piccole scarpate sempre di modesta altezza; sono costituiti

dai depositi olocenici sabbioso-ghiaiosi e sabbioso-limosi, osservabili in destra e sinistra idrografica del Rio Mannu e dei suoi affluenti principali. Sono contraddistinti da un'altimetria tra i 115 e i 130 m slm da pendenze assai modeste.

Le acque incanalate negli impluvi principali danno origine ad alvei scarsamente incisi, che ospitano corsi d'acqua contraddistinti da un trasporto solido di modesta entità. I processi geomorfologici in atto sono legati alla dinamica fluviale, con possibilità di esondazioni locali in occasione di portate eccezionali, legate ad eventi meteorici di rilievo, e al conseguente rischio di erosioni spondali, a cui si aggiungono i fenomeni di sedimentazione dei materiali litoidi con la creazione di piccoli terrazzi fluviali di modesta altezza

Le sponde del Rio Mannu e del Rio de Figu sono caratterizzate dalla presenza di vegetazione a ontani, pioppi e fitti canneti.

I suoli anche in questo caso sono ben sviluppati, presentano una buona profondità e sono drenati. L'uso del suolo è rappresentato da seminativi oltre a piccoli vigneti e oliveti e qualche orto.

Assetto geomorfologico e Piano di Assetto Idrogeologico

Nell'area non sono presenti zone a rischio di frana o soggette a fenomeni di dissesto di tipo geomorfologico, né sono presenti zone individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico come aree a rischio idraulico.

Si rileva soltanto la presenza di sporadici distacchi di blocchi di roccia marnoso-arenacea di modeste dimensioni dalle scarpate sommitali del Cuccuru Perdu Mogoro e del Cuccuru Calaboni lungo le scarpate adiacenti alla strada comunale Curcuris-Baressa e lungo la S.P. N. 72 (scarpate stradali artificiali).

3.4 Caratteri Idrogeologici

L'area di intervento ricade all'interno del bacino idrografico del Rio Mogoro, tale fiume è ricompreso tra i corsi d'acqua classificati pubblici sulla base dell'elenco redatto ai sensi del "Testo Unico delle Disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici o superfici d'acqua a pelo libero" ai sensi del Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775.

3.4.1 Acque superficiali

L'area esaminata è ricompresa nella unità idrogeologica individuata dal Piano di Tutela delle Acque come U.I.O. del Rio Mannu di Pabillonis-Mogoro. L'intero bacino idrografico di questo corso d'acqua comprende un'area di 590,01 kmq, ha le sue sorgenti nelle pendici meridionali del Monte Arci ed in quelle occidentali della Giara di Gesturi, sfocia nella parte meridionale del Golfo di Oristano, nella complessa area umida degli stagni di San Giovanni e Marceddì, dove si trovano diverse aree utilizzate per l'orticoltura. Questi stagni costieri sono definiti "aree sensibili"

ai sensi della Direttiva 271/91/CE e dell'Allegato 6 del D.Lgs. 152/99, inoltre risultano inserite nella convenzione di Ramsar (comma 6, art.18 D.Lgs. 152/99).

Il Rio Mogoro trae origine dalla confluenza di due corsi d'acqua principali: il Riu Mannu di Curcuris e il Rio Flumineddu, che si uniscono a sud-est di Mogoro.

L'asta principale dell'affluente del Mogoro, rappresentata appunto dal Rio Mannu di Curcuris, ha origine sia dalle falde del Pranu Argiolas ad ovest di Usellus (Canale Frissa), dove raccoglie il contributo delle acque che provengono dalle falde del Pianoro di S. Lucia, e dal versante orientale del Monte Arci, sia dal versante sud-occidentale della Giara di Gesturi, attraverso il territorio di Gonnosnò e Figù, dal quale si origina il Rio Molinu, poi denominato Riu de Figù. Quest'ultimo ad est dell'abitato di Curcuris riceve dal versante occidentale le acque del Rio Manassa e del Rio Canali e da questo punto i due corsi d'acqua assumono la denominazione di Rio Mannu.

Per quanto attiene alla qualità delle acque superficiali, si evidenzia che il Piano di Tutela ha previsto lungo l'asta del Rio Mogoro, la presenza di due stazioni di monitoraggio; di esse la più vicina all'area di studio, risulta la stazione 02260503, per la quale lo stato qualitativo del corso d'acqua risulta "sufficiente".

Un carattere che contraddistingue il Rio Mannu è il suo tipico andamento meandriforme con meandri che attraversano le alluvioni recenti terrazzate.

I caratteri idrografici dei corsi d'acqua interessanti il territorio comunale sono strettamente connessi ai caratteri strutturali e litologici sopradescritti. Infatti l'andamento del reticolo idrografico e la sua morfologia è fortemente dipendente dalla morfologia collinare. Per tale motivo i corsi d'acqua principali si sviluppano prevalentemente con un andamento lineare in direzione N-S o NW-SE e subordinatamente E-W, seguendo l'andamento delle cuestas, tale carattere è ben rappresentato dal Rio Mannu e da tutti i suoi affluenti in destra e sinistra idraulica.

Gli altri corsi d'acqua minori presentano dei bacini di alimentazione modesti ed hanno un regime torrentizio strettamente legato all'andamento stagionale delle precipitazioni. Essi non sono stati oggetto di importanti opere di bonifica, inalveamento e rettifiche, come invece è avvenuto nella zona della Bassa Marmilla pertanto conservano, in linea di massima, i caratteri dei loro tracciati originali con meandri evidenti e piccole scarpate riparie.

Infine, occorre ricordare che nella U.I.O. del Rio Mannu di Pabillonis-Mogoro sono state individuate alcune aree sensibili, ai sensi della Direttiva 271/91/Ce e dell'Allegato 6 del D.lgs. n. 152/2006, tra queste si ricordano i già citati Stagni di Marceddì e di San Giovanni, mentre per quanto riguarda i laghi lungo il corso del Rio Mogoro, a valle di Curcuris è presente la Diga di S. Vittoria, in territorio di Mogoro, realizzata per la laminazione delle piene,

3.4.2 Acque sotterranee

Per questa area il Piano di Monitoraggio delle Acque Sotterranee identifica la presenza di un

complesso idrogeologico del Campidano orientale (ID-24) in cui viene individuata l'unità Detritico-carbonatica miocenica superiore della Marmilla-Sarcidano, caratterizzato da una permeabilità complessiva medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei.

Più specificatamente gli acquiferi presenti nella zona esaminata sono riconducibili a due tipologie:

- Acquifero delle Formazioni detritiche mioceniche: questa unità idrogeologica è di scarso rilievo in quanto ha una permeabilità medio-bassa (10^{-7} - 10^{-6} cm/sec), le marne costituiscono dei limiti di permeabilità alla percolazione delle acque nel sottosuolo. Per questo motivo la falda superficiale è quasi assente; solo localmente si possono osservare falde più profonde in corrispondenza di intercalazioni sabbioso-arenacee entro le marne o in corrispondenza di livelli marnosi alterati, o in corrispondenza di intercalazioni tufacee. Le manifestazioni sorgentizie sono assai scarse e con portate di scarso rilievo e anche i pozzi sono assai rari. Questi caratteri sono confermati dalle stratigrafie dei due pozzi per uso irriguo, realizzati dal comune di Curcuris nel 1998 in corrispondenza del campo sportivo e della località "La stazione", lungo il vecchio tracciato delle Ferrovie Complementare per Villamar. In questi pozzi la falda è stata rinvenuta rispettivamente alla profondità di circa 80/82 m e di 75/80 m, con una portata presunta rispettivamente di circa 2,5 l/s e di 2 l/s.
- Acquifero delle Formazioni alluvionali quaternarie: questa unità idrogeologica interessa principalmente le formazioni attuali o recenti che formano le aree pianeggianti adiacenti al Rio Mannu e ai suoi affluenti principali; è caratterizzata da un'alta permeabilità per porosità, per la presenza di livelli ciottoloso-sabbiosi sciolti. La falda freatica ha una modesta estensione sia a causa della modesta estensione areale dei depositi alluvionali sia del loro ridotto spessore, si tratta di una falda di subalveo alimentata dal corso d'acqua che costituisce un acquifero superficiale non particolarmente produttivo e per questo motivo scarsamente sfruttato con pozzi e vasconi freatici. Tale falda si attesta intorno ai 2,5-3,0 m dal piano campagna come confermato da alcuni pozzetti geognostici eseguiti in corrispondenza del depuratore fognario e degli attraversamenti fluviali (vedi paragrafo 4.1).

Aree di salvaguardia (Art. 7 della DGR 75/15 del 2008)

Si precisa che nell'area interessata dalle opere in progetto non sono presenti aree di salvaguardia di captazioni o derivazioni di acque destinate al consumo umano ai sensi dell'art.94 Parte III del Decreto Legislativo n.152/2006, in quanto non sono presenti pozzi destinati ad uso idropotabile.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

4.1 Le indagini geognostiche

Per lo studio delle caratteristiche geotecniche delle litologie interessate dalle opere in progetto sono state seguite le indicazioni contenute nel recente D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni, inoltre si è tenuto conto anche delle prescrizioni contenute nel D.M. LL.PP. 11 marzo 1988.

La normativa vigente prevede che debba essere valutata globalmente la stabilità dell'insieme manufatto-sottosuolo nelle varie fasi costruttive, pertanto è indispensabile definire la stratigrafia, la litologia, le proprietà fisico meccaniche dei terreni di fondazione e da sottoporre a scavi e le caratteristiche di eventuali falde idriche; inoltre devono essere note le proprietà geotecniche/geomeccaniche dei terreni e le condizioni al contorno dell'opera.

Per ottemperare a quanto previsto dalle norme è stata programmata una campagna di indagini geognostiche, al fine di ottenere tutte le informazioni di natura litologica, sedimentaria e geotecnica relativamente sia alla costituzione dei terreni di posa delle condotte che delle zone di imposta delle opere puntuali, sia dei materiali da utilizzare per alcune lavorazioni (rinfranchi e rinterri delle condotte).

L'esito della campagna di indagini geognostiche e geotecniche è finalizzato, inoltre, alla definizione del modello geologico e del modello geotecnico del sottosuolo indispensabile per il progetto definitivo delle opere.

Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nella **"Carta Geologica" (All. E.3.2)** e nei **"Profili geologici"** relativi alle condotte (All. E.3.3)

La campagna di indagini in sito

L'indagine è consistita nell'esecuzione di pozzetti geognostici, tramite una terna gommata, a profondità variabili dal p.c., la maggior parte dei quali ubicati in asse con le condotte in progetto e in corrispondenza dei punti più significativi del tracciato e delle opere puntuali.

La realizzazione dei pozzetti ha consentito, oltre che la descrizione litologica dei terreni attraversati, anche il prelievo di campioni rimaneggiati di materiali per lo più terrosi, da sottoporre a prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica.

Più nel dettaglio sono stati eseguiti N. 7 Pozzetti geognostici di profondità variabile tra 2,30 m e 4,0 m, ubicati in corrispondenza dell'impianto di sollevamento, degli attraversamenti fluviali del Rio Mannu e del Rio de Figu e lungo il tracciato delle condotte;

Nel Capitolo 6 sono riportati i dati riferiti alle indagini, con i riferimenti alle località, alle coordinate, alle quote del piano campagna, alla profondità massima raggiunta e all'ubicazione rispetto al progetto, oltre che le relative stratigrafie di dettaglio e le fotografie del pozzetto.

ELENCO POZZETTI GEOGNOSTICI								
SIGLA POZZETTO	LOCALITA'	QUOTA S.L.M. (m)	COORDINATE GAUSS - BOAGA		PROFONDITA' RAGGIUNTA DAL P.C. (m)	CAMPIONI PRELEVATI		
			N	E		Sigla	Quota dal p.c. (m)	Litologia
P1	Impianto di sollevamento	118,30	4.399.058	1.486.205	4,00	P01 - C1	1,10-3,20	Limo sabbioso-argilloso
P2	Attrav. Rio Mannu	117,35	4.399.106	1.486.172	3,00	-	-	
P3	Attrav. Str. Com.le Curcuris-Baressa	121,40	4.399.404	1.486.190	2,70	-	-	
P4	Attrav. S.P. 72	123,60	4.399.569	1.486.195	2,70	-	-	
P5	Banisfattu	129,00	4.400.040	1.486.259	2,30	-	-	
P6	Attrav. Rio de Figu	122,50	4.399.901	1.485.923	3,60	P06 - C2	0,80-2,40	Limo argilloso-sabbioso
P7	Arcu	125,66	4.400.373	1.486.017	2,40	-	-	

Le prove ed analisi di laboratorio

Nel corso della campagna d'indagine sopraccitata sono stati prelevati 2 campioni rimaneggiati di materiali terrosi provenienti dai pozzetti. Tali campioni sono stati sottoposti alle usuali prove geotecniche di laboratorio, essendo tali campioni rimaneggiati non è stato possibile eseguire la prova di taglio diretto, pertanto le prove eseguite secondo la normativa tecnica vigente, sono le seguenti:

- Classificazione secondo la norma UNI 10006 (Boll. Uff. CNR Anno V, n. 23 – 14 dicembre 1971);
- Limiti di Atterberg secondo la norma UNI 10014 (Boll. Uff. CNR – UNI 10014 e ASTM D 427-83, BS 1377: Part 2);
- Determinazione del peso di volume apparente di una terra (massa volumica apparente) secondo la norma CNR-UNI Anno VII n. 40 -1973

Per quanto riguarda la caratterizzazione geomeccanica delle rocce sedimentarie marnoso-arenacee presenti nella zona della vasca di carico e compenso di Calaboni, su tali materiali non sono stati eseguiti prelievi specifici in quanto lo studio geologico di superficie, e l'esame degli affioramenti rocciosi ha permesso di ricondurre tali litotipi a quelli già studiati approfonditamente per la progettazione di un manufatto analogo nell'ambito del Progetto "Opere di adduzione ed attrezzamento del distretto irriguo della Bassa Marmilla alimentata dallo schema idrico Flumineddu-Tirso-Flumendosa", predisposto dall'ENAS nel 2008. In quel caso, infatti, furono prelevati dai sondaggi e dalle trincee geognostiche diversi campioni di rocce, sottoposti sia a prove di resistenza alla compressione monoassiale, eseguite su spezzoni di carote, sia prove point load, eseguite sui campioni di forma irregolare prelevati da alcune trincee. Le prove furono

eseguite testando i campioni parallelamente ai piani di stratificazione. Inoltre i risultati delle prove di compressione, unitamente ad altri parametri geomeccanici osservati nelle carote di sondaggio e in sito furono ulteriormente elaborati con i metodi di Bieniawski e di Hoek e Brown, col fine di effettuare una classificazione delle loro caratteristiche geomeccaniche e di pervenire alla parametrizzazione geotecnica.

Essendo i litotipi presenti nel sito di Calaboni praticamente identici a quelli già testati per il progetto sopra citato, la caratterizzazione geomeccanica può ritenersi valida. Di essa si riferirà nel seguito a proposito delle siltiti marnose e delle marne siltitico-arenacee.

Nel seguito vengono forniti i dati ricavabili dalle prove di laboratorio eseguite sui due campioni dei materiali terrosi sopra citati.

RISULTATI PROVE DI LABORATORIO														
SIGLA POZZETTO	LOCALITA'	SIGLA CAMPIONE	Quota prelievo campione	CLASSI GRANULOMETRICHE					LIMITI DI ATTERBERG			DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE SECONDO LE NORME AGI	CLASSIFICAZIO NE CNR - UNI 100006	PESO DI VOLUME NATURALE
			m dal p.c.	Ciottoli > 20 mm	Ghiaia 20 mm- 2 mm	Sabbia 2 mm - 0,074 mm	Limo + Argilla >0,074	TOTALE	LL	LP	IP			(g/cmc)
P1	Impianto di sollevamento	C1	1,10 - 3,20	0,00	7,65	45,78	46,57	100,00	38,00	30,00	8,00	Limo con sabbia debolmente ghiaioso	A4 - Limi poco compressibili	1,725
P6	Attrav. Rio de Figu	C2	0,80 - 2,40	10,09	24,16	24,22	41,53	100,00	34,00	29,00	5,00	Limo sabbioso debolmente ghiaioso- ciottoloso	A4 - Limi poco compressibili	1,893

4.2 Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione delle opere

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche geotecniche-geomeccaniche delle litologie incontrate durante la campagna di indagini.

Tale descrizione verrà fatta sulla base delle osservazioni dei litotipi in affioramento, sulla base delle indagini e prove specifiche eseguite per il presente progetto ed inoltre sulla scorta di indagini e prove di laboratorio eseguite dall'Ente nel corso della redazione di altri progetti, in zone prossime a quella in esame e su litologie identiche.

Ma - Siltiti marnose e marne siltitico-arenacee

Si tratta di rocce di origine sedimentaria a grana fine o molto fine, formate da sabbie molto fini o da limo, talvolta con intercalazioni più arenacee, con un cemento costituito da carbonato di calcio.

Le caratteristiche fisico-meccaniche sono pertanto quelle tipiche delle rocce semilapidee, più o meno cementate e addensate. Si tratta di un ammasso di notevole spessore (> 200 m), generalmente interessato da una certa suddivisibilità secondo piani di stratificazione suborizzontali e caratterizzato da diaclasi e fratture in prevalenza orizzontali e subverticali. Possono essere presenti facies differenti in funzione del contenuto di argilla e sabbia e della percentuale di carbonato di calcio; in genere le differenti facies (siltiti marnose, arenarie marnose, marne siltitiche, ecc.) sfumano lateralmente e verticalmente le une nelle altre. In conseguenza di queste variazioni composizionali si verifica anche un cambiamento del grado di compattazione e di alterazione dei vari termini.

In genere le facies a più elevata componente siltitico-arenacea si presentano stratificate in livelli centimetrici o decimetrici. La parte superficiale a diretto contatto con gli agenti atmosferici è spesso degradata, e può presentarsi più o meno intensamente argillificata; si osservano diaclasi e piani di sedimentazione argillificati e caratterizzati da diffuse patine di ossidi di ferro e manganese, sono presenti anche concrezioni di carbonato di calcio che possono essere sia dure sia farinose (noduletti bianchi). Le facies a componente pelitica si presentano massive e per lo più prive di stratificazione ed interessate da un'esfoliazione cipollare sulle superfici a diretto contatto con gli agenti atmosferici.

Lo spessore di roccia interessata dai fenomeni di alterazione varia da pochi decimetri a qualche metro; a seconda delle condizioni locali si può spingere in profondità anche fino a circa $2\div 3$ m, ma per effetto di acque circolanti nel sottosuolo può spingersi anche più in profondità. Tale alterazione favorisce la formazione in superficie di un detrito limoso-argilloso misto a suolo, ben visibile lungo i fondovalle ed alla base delle colline mioceniche.

La roccia alterata e argillificata presenta in genere i seguenti valori: angolo d'attrito 24° - 33° (variabile in funzione del contenuto in sabbia), peso di volume $1,8$ - $1,9$ g/cm³, coesione $0,3$ - $0,5$

kg/cm².

In profondità il grado di alterazione e la degradazione diminuisce; di conseguenza verso il basso aumenta la compattezza e la resistenza dell'ammasso roccioso, che diviene via via sempre più duro e lapideo.

Come detto sopra per la caratterizzazione di tali litotipi lapidei e semilapidei, e più in particolari del substrato di fondazione della vasca di Calaboni, si fa riferimento a studi già effettuati su litologie del tutto simili, nello specifico si riferisce nel seguito l'esito dello studio eseguito per un'opera simile (vasca di carico seminterrata) sempre nella zona della Marmilla.

Per caratterizzare la qualità degli ammassi rocciosi viene solitamente consigliato di utilizzare per uno stesso sito vari tipi di classificazioni tecniche, ognuna delle quali può mettere in evidenza aspetti diversi del comportamento dell'ammasso. I dati ricavati dal rilievo geomeccanico vanno utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, esprimibile mediante idonei indici. Diverse sono le classificazioni tecniche note in letteratura, le più importanti ed utilizzate comunemente sono quelle di Deere (Rock Quality Designation, 1964), di Bieniawski (1973 e successive modifiche), di Wickham (Rock Structure Rating, 1972) e di Barton (1979), Hoek & Brown (Hoek & Brown failure criterion, 2002).

Per la vasca di carico del Progetto relativo alla Bassa Marmilla si sono utilizzati i metodi di Deere, Bieniawski e quello di Hoek & Brown, per ciascun sondaggio i dati geotecnici e geomeccanici della roccia presente alla quota prevista per la fondazione sono stati raccolti in una Scheda di Caratterizzazione dell'Ammasso Roccioso, in cui sono stati riportati i seguenti dati:

- RQD% pesato: ricavato dalla media pesata dei valori ottenuti per i tratti in roccia delle carote di sondaggio esaminate, ed RQD% riferito al piano di fondazione. I valori sono risultati compresi tra 75 e 100.
- Resistenza media alla compressione monoassiale (qc): ricavata dai valori ottenuti in laboratorio su campioni di roccia prelevati alla quota del piano di fondazione. I valori sono risultati compresi tra 7 e 10,6 MPa.
- Carico Ammissibile Teorico: sono stati indicati in modo del tutto orientativo i valori minimi e massimi ricavati dal valore della resistenza media alla compressione, ottenuti rispettivamente dalle seguenti formule (in J.E. Bowles, 1994): Val. min = qc/10, Val. max = qc/3. Nel caso in esame i valori sono risultati compresi tra 0,7 e 3,5 MPa.
- Indice BRMR1979 e GSI: ottenuti secondo la classificazione di Bieniawski (1979) da cui sono stati ricavati i valori correlati di Coesione e Angolo d'attrito sempre secondo lo stesso autore. Il valore del BRMR1979 è risultato compreso tra 55 e 62.
- Indice RMR: calcolato in base all'indice di correzione Ic per le fondazioni (pari a -2). Il valore è risultato compreso tra 53 e 60.
- Peso di Volume: sono stati riportati i valori ottenuti in laboratorio. Questi sono risultati variabili tra 22,16 e 22,65 kN/mc.
- Applicazione del Metodo di Hoek-Brown (2002): secondo i parametri di calcolo utilizzati si sono ricavati i valori di Coesione, Angolo d'attrito e Modulo di deformazione. nell'applicazione del metodo di Hoek-Brown si è assunto come valore $m_i = 5$ e come fattore $D = 0$.

L'esame di tutti questi parametri ha permesso di classificare le rocce siltitico-marnose e le marne siltitico-arenacee sulla base del Metodo di Bieniawski. Secondo tale metodologia le rocce sono risultate appartenere alla Classe III – Discreta con una coesione media di 0,30 MPa e un angolo d'attrito tra i 32° e i 36°.

Secondo il metodo di Hoek e Brown per le stesse litologie i valori di coesione sarebbero variabili tra 0,31 - 0,55 MPa e l'angolo d'attrito risulterebbe di 26°-28°

Infine, dalle prove di laboratorio è risultato che il peso di volume naturale può essere assunto con un valore medio pari a 22-23 kN/mc, infine la resistenza a compressione uniassiale è risultata compresa tra 7,0-10,0 MPa.

Poiché la stratificazione è quasi sempre suborizzontale o al più lievemente inclinata, queste rocce si presentano abbastanza stabili nei confronti degli scavi, anche quando sono prive di stratificazione; mentre qualche problema causato dal peggioramento delle qualità meccaniche potrebbe aversi con gli strati superficiali argillificati e intensamente diaclasati.

Le facies dure e semilapidee possono essere utilizzate come lastre per rivestimenti di manufatti, mentre le facies più alterate ed argillificate, essendo tenere, possono essere riutilizzate per riempimenti, rinterri e rilevati stradali.

dc - Depositi detritico-colluviali

Si tratta di terreni che si sono formati per effetto dei processi di alterazione ed erosione delle rocce dei rilievi circostanti e che successivamente hanno subito un trasporto misto, prevalentemente per effetto dei ruscelli e corsi d'acqua presenti nell'area. Talvolta possono essere il risultato di processi pedogenetici sviluppatosi in sito su un substrato arenaceo e marnoso.

Le caratteristiche fisico-meccaniche sono pertanto quelle di terreni granulari a grana fine, prevalentemente limoso-sabbiosi-argillosi più o meno plastici, localmente anche con percentuali variabili di ciottoli e ghiaie di dimensioni minute. Localmente sono presenti trovanti e blocchi lapidei, derivanti da crolli localizzati derivanti da scarpate rocciose di modesta altezza.

Sono dotati di un medio o basso stato di addensamento, si presentano infatti quasi sempre sciolti o con una modesta coesione.

Si tratta di materiali classificabili secondo la classificazione CNR UNI 10006 come A4 - terre limoso-argillose con prevalenza di Limi poco compressibili e A2-4 - terre ghiaioso-sabbiose a bassa plasticità.

Sulla base anche di prove di laboratorio effettuate su litologie simili in aree limitrofe, si possono fornire i seguenti valori dei parametri geotecnici: angolo d'attrito 22°-24°, fino a 30° per quelli più sabbiosi e ghiaioso-ciottolosi; peso di volume 1,8 - 1,9 g/cm³; coesione 0,1 – 0,5 kg/cm².

Questi terreni si presentano mediamente stabili nei confronti degli scavi se asciutti, più instabili se bagnati, con tendenza allo scavamento.

Questi terreni possono essere facilmente riutilizzati per rinterri e rinfianchi delle condotte previo allontanamento dei blocchi e del pietrame grossolano; se molto umidi e molto argillosi possono creare qualche problema in fase di costipazione meccanica.

at – Alluvioni recenti terrazzate

Si tratta di terreni di origine sedimentaria formati per effetto dei processi di alterazione ed erosione delle rocce dei rilievi preesistenti e che successivamente hanno subito un trasporto misto, prevalentemente per effetto dei corsi d'acqua presenti, cui ha fatto seguito la sedimentazione su preesistenti morfologie depresse entro le colline mioceniche.

Sono costituiti da ghiaie e ciottolami sabbiosi, con una frazione interstiziale argilloso-limosa, o sabbioso-limosa di colore bruno grigiastro talora plastica e coesiva, che conferisce loro un certo grado di addensamento, particolarmente se asciutta.

Le caratteristiche fisico-meccaniche di queste coltri sono quelle tipiche dei depositi detritico-alluvionali ghiaioso-argillosi: sono cioè mezzi granulari a grana media e grossa, dotati di un medio stato di addensamento dovuto alla coesione conferita loro dalla frazione più fine

Si tratta di materiali classificabili secondo la classificazione CNR UNI 10006 come A4 - terre limoso-argillose con prevalenza di Limi poco compressibili e A2-4 e A2-5 terre ghiaioso-sabbiose con limo e argilla a bassa plasticità.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici possono essere assunti i seguenti valori di riferimento: angolo d'attrito 28°- 30° ma anche valori maggiori (35°) in funzione del contenuto in ghiaia; peso di volume 1,8 – 1,9 kg/cm³; coesione 0,1 - 0,2 kg/cm² (riferita alla frazione fine della matrice se presente).

Queste litologie si presentano abbastanza stabili nei confronti dello scavo, infatti possono rimanere stabili anche per parecchio tempo, particolarmente se in condizioni asciutte, mentre possono presentare instabilità con scavamenti delle pareti in caso di presenza di acqua di falda,

Questi terreni possono essere riutilizzati per rinfianchi e rinterri delle condotte privilegiando i termini a granulometria più fina e avendo cura di allontanare i ciottolami e i trovanti più grossolani.

a – Alluvioni attuali

Si tratta di terreni di origine sedimentaria formati da sabbie fini, limi, limi argillosi e da ghiaie e ciottolami di rocce di varia natura, eterometrici e poligenici.

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle alluvioni attuali sono pertanto quelle tipiche dei mezzi granulari a grana molto variabile da fine a media e grossolana, dotati di un basso stato di addensamento, spesso sciolti se molto ghiaiosi o più coesivi all'aumentare della percentuale di argilla.

Si tratta di materiali classificabili secondo la classificazione CNR UNI 10006 in modo assai variabile in funzione della granulometria, sono presenti terre definibili A1-a – ghiaie sabbiose,

A1-b – sabbie grossolane, A3 – sabbie fini, A4 – Limi poco compressibili.

Sulla base anche di prove di laboratorio effettuate su litologie simili in aree limitrofe, si possono fornire i seguenti valori dei parametri geotecnici: angolo d'attrito variabili da 22°-24° fino a 30°-35°, peso di volume 1,7 - 1,8 g/cm³, coesione 0,0 - 0,01 kg/cm².

Queste litologie si presentano sempre piuttosto sciolte ed incoerenti, pertanto anche in condizioni asciutte possono presentare problemi di scavamenti delle pareti di scavo soprattutto in presenza di acqua di falda,

Questi terreni possono essere riutilizzati per rinfianchi e rinterri delle condotte privilegiando i termini a granulometria più fina e avendo cura di allontanare i ciottolami e i trovanti più grossolani.

4.3 Modello Geologico e Modello Geotecnico dei terreni costituenti il substrato di fondazione delle opere.

Le considerazioni seguenti illustrano il modello geologico di riferimento per la progettazione delle opere nonché il modello geotecnico. Per la descrizione dei tracciati delle condotte si farà riferimento sia alla **Carta geologica (Allegato E.3.2)** sia ai **Profili geologici delle condotte (Allegato E.3.3)**.

Sulla base dei rilievi di superficie e delle indagini eseguite, si può fornire la seguente descrizione litostratigrafica del tracciato delle condotte e dei siti in corrispondenza delle opere d'arte principali, degli attraversamenti stradali e fluviali.

4.3.1 Opera di Presa e Impianto di Sollevamento

L'alimentazione delle opere in progetto è rappresentata dalle acque provenienti dal depuratore fognario consortile di Curcuris ubicato a sud-est dell'abitato sotto la collina di Cuccuru Perda Mogoro a poca distanza dall'alveo del Rio Mannu (circa 50 m)

All'esterno dell'area del depuratore in corrispondenza del preesistente pozzetto di intercettazione della condotta di scarico dello stesso verrà realizzata l'opera di presa, costituita da un pozzetto seminterrato di intercettazione della condotta di scarico dell'impianto. Tale pozzetto di ridotte dimensioni planimetriche (1,60 x 1,60 m) e altezza complessiva di 2,50, di cui solo 0,50 m fuori terra, avrà una profondità della fondazione pari a 2, m dal p.c., pertanto interesserà le alluvioni recenti terrazzate (**at**). I modesti scavi previsti non destano particolari problemi realizzativi se non per l'eventualità di intercettare la falda freatica superficiale.

L'impianto di sollevamento, immediatamente adiacente al suddetto pozzetto sarà costituito da una vasca di aspirazione interrata, le cui dimensioni planimetriche sono 8,90 x 6,80 m, altezza complessiva di 7,35 m, di cui 3,60 m fuori terra, e con piano di fondazione a 3,75 m dal p.c., corrispondente a una quota di 114,95 m s.l.m.

Le indagini eseguite da Abbanoa a poca distanza, per la progettazione del depuratore e il pozzetto geognostico P01 realizzato per il presente progetto, hanno messo in luce la presenza, al di sotto del suolo superficiale, di un livello di limo sabbioso-argilloso con scarsi ciottoli,

coesivo e plastico, debolmente addensato, rinvenibile fino alla profondità dal p.c di circa 3,20 m, al di sotto del quale si è riscontrata la presenza di un deposito ghiaioso-ciottoloso a matrice argilloso-limosa plastica e coesiva; quest'ultimo livello è sede di una falda freatica legata alle infiltrazioni dal vicino corso d'acqua. Entrambi questi terreni sono ascrivibili alle alluvioni recenti terrazzate (**at**), che ricoprono le marne mioceniche (**Ma**) rinvenute a fondo scavo, qui piuttosto alterate e diaclasate e attraversate dallo scavo del pozzetto per circa 30 cm.

Si fa presente che le caratteristiche geotecniche dei litotipi alluvionali sono considerabili mediocri e che in ogni caso la presenza della falda freatica superficiale causa su tali litologie evidenti problemi nella stabilità delle scarpate di scavo, con frequente tendenza allo scavamento delle pareti.

E' possibile che la falda freatica, posizionata intorno ai 3 m dal p.c., in particolari periodi dell'anno possa essere intercettata anche a quote minori.

4.3.2 Condotta Premente

Gli scavi necessari per la posa della condotta in progetto, avranno una profondità media di circa 1,4 m e una profondità massima di 2,40 m, raggiungibile solo in un breve tratto finale in corrispondenza della sommità della collina di Calaboni. La condotta interesserà inizialmente i terreni appartenenti alle alluvioni recenti terrazzate per un tratto di circa 220 m, quindi per un altro tratto di circa 290 m interesserà i depositi detritico-colluviali (**dc**); quindi, all'incirca dalla sezione 14, le litologie marnoso-arenacee (**Ma**) parzialmente alterate ma per lo più dure e semilapidee o addirittura lapidee per tutto il tratto in corrispondenza della parte in pendenza lungo il versante e nella parte sommitale, in prossimità del sito scelto per la vasca.

Nella prima parte del tracciato, in corrispondenza delle alluvioni recenti, i pozzetti geognostici realizzati hanno mostrato che la falda freatica si trova a profondità sempre maggiori a quelle previste per gli scavi (P01 = 3,5 m dal p.c. e P02 = 2,20 m dal p.c. realizzato in prossimità dell'alveo), tuttavia particolari condizioni locali o stagionali non fanno escludere del tutto la completa assenza della falda entro gli scavi. Nel resto del tracciato, invece, si può escludere la possibilità di incontrare falde di una certa importanza che possano interferire con le lavorazioni.

Anche i manufatti lungo linea (pozzetti, sfiati, scarichi, ecc.) interesseranno una porzione di terreno simile in profondità a quella prevista per lo scavo delle condotte.

Per quanto riguarda la stabilità degli scavi si rimanda a quanto riportato nello specifico paragrafo, si fa presente comunque che in generale le tratte con roccia marnosa si presentano abbastanza stabili nei confronti dei modesti scavi previsti, salvo eventuali e localizzati casi di stratificazione e di diaclasi a franapoggio o di locali zone di fratturazione più intensa, da verificare e monitorare puntualmente nel corso dei lavori di scavo.

4.3.3 Vasca di carico Calaboni

L'intervento in progetto consiste nella realizzazione di una vasca di carico da eseguirsi in località Calaboni a circa 169,0 m slm sulla sommità della collina che si presenta lievemente in

pendenza verso sud. Il manufatto è previsto in cls e avrà un ingombro planimetrico complessivo di 6,80 m di larghezza e 11,40 m di lunghezza per un'altezza massima complessiva pari a 5,20 m, più lo spessore del magrone di sottofondazione.

Il manufatto è formato da tre distinte parti funzionali costituite da:

- una camera di manovra con dimensioni planimetriche di 6,80 x 2,35 m con altezza di 3,3 m, quasi del tutto interrata e con una profondità della fondazione di 3,10 m dal p.c., la quota di imposta del magrone è prevista a 165,70 m s.l.m;
- una vasca di disconnessione formata da due comparti il cui volume utile totale è pari a circa 125 mc, di dimensioni planimetriche complessive di 6,80 x 6,80 m con altezza totale di 4,50 m (esclusa la ringhiera sommitale in acciaio), parzialmente interrata con una profondità della fondazione di 2,20 m dal p.c. e quota a fondo scavo pari a di 166,60 m slm corrispondente alla quota di imposta del magrone;
- la predisposizione dell'opera di immissione e presa alla futura vasca di compenso, che verrà realizzata successivamente al presente progetto, in adiacenza alla vasca di disconnessione.

Come preannunciato nell'area non sono state eseguite specifiche indagini geognostiche anche in considerazione del fatto che la particolare struttura geomorfologica e la presenza di affioramenti rocciosi presenti sia nell'area di sedime del manufatto che lungo il perimetro dell'area stessa, e in particolare in corrispondenza della cornice rocciosa esposta a N e NW, hanno consentito di descrivere ed evidenziare le litologie presenti. Il substrato di fondazione sarà costituito essenzialmente sia da siltiti marnose sia da marne arenacee a cemento calcareo (**Ma**) con possibili variazioni di facies sia orizzontali che verticali. I litotipi formati dalla siltite marnosa sottilmente stratificata e diaclasata presentano una stratificazione in genere suborizzontale o inclinata di circa 15°-20° verso S-W; mentre le marne arenacee a cemento calcareo sono piuttosto massive e prive di stratificazione. Entrambe si presentano quasi sempre semilapidee e piuttosto omogenee anche per l'effetto della cementazione del carbonato di calcio, sono attraversate da diaclasi e fratture in prevalenza subverticali che contribuiscono a suddividerle in lastre e blocchi parallelepipedi di dimensioni da centimetriche a decimetriche, come facilmente osservabile sulla sommità della collina, in cui sono presenti diversi cumuli di pietrame derivanti da operazioni di spietramento dell'area in cui sorgerà il manufatto.

Le siltiti marnose e le marne arenacee in genere sono sub-affioranti sulla superficie del terreno o al più ricoperte da uno debolissimo spessore di suolo di circa 10-15 cm.

Nella zona, in considerazione delle caratteristiche di permeabilità della roccia, si può ragionevolmente escludere la presenza di falde freatiche alla quota di imposta della vasca.

Nei riguardi delle scarpate si può affermare che la roccia è in grado di assicurare un adeguato autosostegno delle pareti degli scavi, salvo eventuali e localizzati casi di strati e diaclasi a franapoggio con zone di fratturazione più intensa, da verificare e monitorare puntualmente nel corso dei lavori di scavo.

Pertanto, considerate le profondità di scavo previste sia per camera di manovra che per la vasca di disconnessione, sia per la futura vasca di compenso, si può affermare che il substrato di fondazione dell'opera può considerarsi idoneo a garantire un'adeguata portanza nei confronti dei carichi trasmessi al terreno.

Infine per le sistemazioni esterne saranno realizzati una pista di servizio in mac-adam, la recinzione in rete zincata, il cancello di accesso e la piantumazione di rinverdimento.

Le opere sono completate dalla realizzazione della condotta di scarico il cui tracciato è affiancato a quello della condotta premente.

4.3.4 Condotta Adduttrice

Gli scavi necessari per la posa della condotta adduttrice sono previsti coincidenti, in gran parte, con quelli della condotta premente, essendo il tracciato praticamente il medesimo. Pertanto anche le profondità di scavo sopra descritte sono le medesime.

Questo tratto di condotta interesserà in prevalenza le litologie marnoso-arenacee (**Ma**) sia alterate che dure e semilapidee (lungo il versante e nella parte sommitale) e i relativi depositi detritico-colluviali che talvolta contengono dei blocchi rocciosi e trovanti provenienti dai crolli localizzati dalle cornici rocciose soprastanti (**dc-b**) presenti nella parte basale del versante.

Per tutte le altre descrizioni e problematiche si rimanda al paragrafo precedente nel quale è stata descritta la condotta premente.

4.3.5 Infrastrutture del Distretto Irriguo

Gli scavi necessari per la posa delle condotte in progetto costituenti la rete di distribuzione irrigua, in considerazione dei diametri previsti, avranno una profondità media compresa tra 1,45÷1,60 m sotto il piano del terreno attuale, con alcuni tratti molto limitati in cui si raggiungeranno anche i 2,40 m circa. Solo in corrispondenza dei due attraversamenti fluviali sono previste profondità lievemente maggiori.

L'esame dei luoghi mostra che, date le modeste profondità di scavo, si può ipotizzare che in gran parte i terreni coinvolti saranno rappresentati dai detritico-colluviali (**dc**), dalle alluvioni recenti terrazzate (**at**), mentre solo marginalmente verranno coinvolte le alluvioni attuali (**a**) rinvenibili esclusivamente in corrispondenza dei due attraversamenti fluviali, e le litologie semilapidee marnoso-siltose (**Ma**).

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei tracciati in corrispondenza dei singoli profili corrispondenti alle condotte in progetto Tratta A3-H, Tratta A3-E1 e Tratta A-D sono illustrate nella Tavola **A3.3**.

In considerazione della modesta profondità degli scavi non si ritiene che i terreni coinvolti dalle opere possano creare particolari problemi nei riguardi della stabilità delle pareti e del fondo dello scavo, infatti in gran parte dei tracciati sono presenti buone caratteristiche geotecniche-geomeccaniche sia delle rocce marnose semilapidee sia dei terreni di copertura

detritico-alluvionali, sabbioso-ghiaiosi o limoso-argillosi.

Solo in corrispondenza degli attraversamenti fluviali e delle zone in cui si prevede che sarà incontrata la falda freatica, la presenza dell'acqua potrà causare interferenze significative con gli scavi causando scavamenti delle pareti, queste condizioni si presenteranno sicuramente in corrispondenza dei due attraversamenti fluviali in progetto.

L'attraversamento in subalveo del Rio Mannu prevede la realizzazioni di scavi fino ad una profondità massima di circa 2,10 dal p.c. Il pozzetto **P02** eseguito sulla sponda sinistra, ha evidenziato che i materiali costituenti il substrato delle opere in progetto, fino a circa 2,00 m di profondità, sono costituiti in prevalenza da limi sabbioso-argillosi con ghiaia e ciottolotti, debolmente addensati, debolmente plastici e coesivi e con una permeabilità generalmente bassa; tali terreni ricoprono un deposito ghiaioso-ciottoloso eterometrico e poligenico, con ciottoli del diametro da pochi cm fino a 20-35 cm, in matrice argilloso-limosa plastica e coesiva bruno-grigiastra, il deposito è debolmente addensato e molto permeabile; la presenza della falda rinvenuta alla profondità di 2,20 m dal p.c, determina una evidente instabilità delle pareti di scavo, già dalla quota di 1,30 m sotto il p.c.

Una situazione analoga si è osservata in corrispondenza dell'attraversamento in subalveo del Rio de Figu, qui il pozzetto **P06** ha evidenziato che i materiali costituenti il substrato delle opere in progetto sono in prevalenza costituiti, fino a circa 2,40 m di profondità, da limi argilloso-sabbiosi con ghiaia e ciottoli del diametro da pochi cm fino a circa 10-20 cm, plastici e coesivi e debolmente addensati, con una permeabilità generalmente bassa; questi limi ricoprono un deposito ghiaioso-ciottoloso eterometrico e poligenico, con ciottoli del diametro da pochi cm fino a 10-15 cm, in matrice argilloso-limosa plastica e coesiva, debolmente addensato e più permeabile dei limi; anche in questo caso è stata rinvenuta la falda alla quota di 3,20 m dal p.c., quota coincidente grosso modo con la quota di scavo prevista per la posa della condotta (circa 3,5 m dal p.c.).

Infine l'attraversamento della S.P. N. 72 è previsto in scavo con profondità massime di circa 2,50 m e successivo ripristino, la sua realizzazione interesserà pressoché esclusivamente i depositi detritico-colluviali (**dc**) facilmente scavabili, anche se non è del tutto escluso che a fondo scavo possano essere incontrate le marne arenacee (**Ma**), qui piuttosto alterate e solo in profondità semilapidee.

4.4 Terre e rocce da scavo

4.4.1 Le tipologie ed i volumi di scavo

Il grado di consistenza e la resistenza allo scavo dei litotipi interessati dai lavori varia tra valori medi per le rocce sedimentarie sane, dure e resistenti, a valori bassi per le stesse rocce assai degradate in superficie e per i depositi di copertura quaternari e recenti.

In considerazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei litotipi presenti nelle varie zone di intervento, del loro stato di aggregazione, compattezza e durezza ed in considerazione

delle tipologie di opere previste e dei metodi di scavo descritti in Capitolato, si potranno avere le seguenti tipologie di scavi:

- Scavi in terra: ossia scavi in terreni sciolti o coesivi o in roccia molto alterata e degradata, in rilevati e suoli. Riguardano materiali da sciolti a più o meno compatti, anche associati a plaghe di roccia marnoso-arenacea assai degradata e di consistenza praticamente terrosa, scavabili con escavatore o ripper. Le litologie di riferimento sono le seguenti: **a**, **at**, **dc**, e localmente le **Ma** qualora presentino un grado di alterazione molto spinto che consente di ricondurle alle terre;
- Scavi in roccia medio-dura: ossia scavi in litologie di origine sedimentaria piuttosto compatte e cementate. Riguardano litotipi da semilapidei a lapidei, quindi mediamente duri, non scavabili con escavatore o con i comuni mezzi di cantiere, per i quali si dovrà ricorrere anche al martellone. Le litologie di riferimento sono le seguenti: **Ma** sane e compatte.

In ottemperanza alle normative vigenti per le terre rocce da scavo (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.), i materiali provenienti dagli scavi costituiti da terreni detritici e alluvionali a granulometria fine e media (limi, limi argillosi, limi sabbiosi, sabbie, ecc.) potranno essere convenientemente riutilizzati nell'ambito dello stesso cantiere per la realizzazione di riempimenti e rinterri delle condotte, oltre che per la realizzazione di rilevati, previa selezione manuale delle pezzature, con l'esclusione dei blocchi o ciottoli più grossolani e dei frammenti litoidi (> 10 cm) e l'esclusione di eventuali materiali non adeguati (argille ad elevata plasticità, materiale organico) e mediante opportuno costipamento, dove previsto.

Per quanto riguarda le condotte, le valutazioni sulle quantità dei volumi di scavo, attribuibili rispettivamente al terreno vegetale, ai materiali di tipo terroso (coesivi e non coesivi) e alla roccia sana, sono state ottenute dall'esame dei profili geologici, tenuto conto delle litologie presenti e delle dimensioni di scavo previste, nonché delle indagini in sito effettuate. Tutte le valutazioni e previsioni eseguite hanno consentito di giungere ad una quantificazione percentuale dei volumi di scavo nelle due tipologie di materiali indicate (terra e roccia) e dei volumi reimpiegabili integralmente nell'ambito dello stesso cantiere, senza effettuare trattamenti o trasformazioni preliminari, se non quelle sopra descritte. Essendo tali materiali riutilizzati nel medesimo sito in cui sono scavati essi non andranno a modificare le caratteristiche qualitative o chimico-fisiche delle matrici ambientali preesistenti. Tali valutazioni e previsioni sono state utilizzate nel computo metrico estimativo per giungere ad una stima dei costi dell'intera opera.

4.4.2 Precauzioni in fase di scavo

In considerazione delle esigue profondità di posa delle condotte in progetto la stabilità delle pareti e del fondo dello scavo è assicurata in una parte dei tracciati dalle buone caratteristiche geotecniche-geomecaniche intrinseche delle rocce più o meno lapidee del substrato (siltiti marnose e arenacee) e dei terreni di copertura detritico-ciottolosi, sabbiosi o limosi, in generale mediamente addensati e dotati di un certo grado di coesione.

Stante l'impossibilità di allargare troppo le sezioni di scavo delle condotte, per problemi legati alla particolare configurazione dei tracciati e delle fasce di esproprio, si è dovuto ricorrere a sezioni di scavo con pendenza elevata (70°-80°), pertanto qualora si riscontrassero terreni incoerenti e con evidente tendenza allo scavernamento si dovrà prevedere una adeguata protezione delle scarpate di scavo mediante apposite sbadacchiature.

Le situazioni più critiche sono localizzate, lungo il tracciato delle condotte, nei tratti in cui è stata evidenziata la concomitante presenza di una falda freatica superficiale e di terreni scadenti per scarsa coesione e valori relativamente bassi dell'angolo d'attrito. In questi casi, pertanto, dovranno essere messe in atto tutte le opere provvisorie atte a consentire di eseguire gli scavi in asciutto, provvedendo all'aggottamento continuo delle acque di falda, nonché all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale, oltre che l'adozione delle previste opere di protezione e sostegno delle scarpate.

In particolare in corrispondenza di tutti gli attraversamenti e parallelismi con i principali fiumi (Rio Mannu e Rio de Figu) e corsi d'acqua minori comprese le loro immediate adiacenze, si prevedono deflussi idrici sia fluenti che in subalveo, quasi sempre di moderata entità a meno di portate improvvise legate a eventi meteorici di una certa intensità. Pertanto le lavorazioni dovranno essere effettuate solo in presenza delle opere provvisorie necessarie a garantire l'allontanamento delle acque (emungimenti continui) e l'esecuzione delle trincee di posa delle condotte e delle opere in progetto in piena sicurezza.

Per le opere puntuali, in genere più profonde delle condotte, si dovranno scegliere pendenze idonee a garantire l'autosostegno delle pareti di scavo, soprattutto per quanto riguarda la parte più alta degli scavi, generalmente costituiti da suoli e terreni poco addensati o sciolti.

La giacitura degli strati delle litologie marnoso-arenacee è quasi sempre orizzontale o lievemente inclinata, pertanto non appare influire sulla stabilità delle scarpate previste sia per le condotte che per la vasca di carico per la quale non si prevedono particolari problemi di stabilità anche in presenza di eventuali pareti subverticali.

4.4.3 Accorgimenti da seguire nei rinterri delle condotte

Come dettagliatamente illustrato negli studi pedologici ed agronomici, l'area nel suo complesso è caratterizzata da suoli generalmente ad alta suscettività per l'agricoltura in regime irriguo, essendo i suoli ricadenti nelle classi dalla 2^a alla 3^a, pertanto i caratteri pedologici permettono l'instaurarsi di un'agricoltura estensiva, prevalentemente foraggera. Si tratta di aree ad elevata produttività e con notevoli capacità d'uso, poiché quasi prive di fattori limitanti, inoltre l'agricoltura rappresenta, con il comparto zootecnico e cerealicolo, l'attività con maggiori potenzialità di sviluppo economico.

Le lavorazioni previste potrebbero avere degli impatti potenziali sul suolo, inteso come suolo agrario, che si descrivono nel seguito:

1) Impatto in fase di esecuzione delle opere: interferenze con le attività agricole in atto, per la presenza degli scavi, dell'occupazione temporanea del suolo, che portano alla mancata coltivazione e alla mancata produzione. Tale impatto sarà comunque di modesta entità, in quanto le aree di pianura interessate dallo scavo delle condotte, con suoli a più elevate capacità d'uso, avranno una durata temporale assai ridotta. Inoltre, tutti i tracciati sono stati studiati in modo tale da non interferire in modo significativo con le pratiche agricole in atto, preferendo le aree già espropriate o parallele alla viabilità esistente.

2) Impatto successivo al completamento delle opere: interferenze con le pratiche colturali in atto, nel caso in cui il rinterro della condotta e la successiva ricostituzione dello strato agrario non vengano effettuati ovunque con le dovute cautele e prescrizioni. In tal caso possono essere portati in superficie e, quindi, negli strati superficiali del suolo accumuli di pietre e ciottoli o livelli argillosi, che normalmente si incontrano più in profondità. La presenza del pietrame, particolarmente se di dimensioni rilevanti, potrebbe determinare ostacoli alle normali pratiche agronomiche (arature) nonché la crescita difficoltosa di alcune colture; la presenza sulla superficie del suolo di materiali argillosi potrebbe peggiorare le condizioni di drenaggio. In alcuni casi i vincoli d'uso dei terreni agricoli, per il divieto di impianto di colture arboree lungo il tracciato della condotta, potrà portare ad una limitazione nelle scelte colturali (impossibilità di piantumazione di fruttiferi o di colture legnose).

Tra questi impatti, seppure di modesta entità, quello sul suolo agrario sarà adeguatamente mitigato attraverso il ripristino dello strato di terreno agrario originario. Quest'ultimo, infatti, al termine dello scavo delle condotte verrà riportato alle condizioni iniziali secondo una procedura che prevede le seguenti lavorazioni:

- scavo del terreno agrario superficiale, separatamente dagli strati sottostanti per una altezza pari al suo spessore;
- accantonamento dello stesso al lato dello scavo, in cumuli nettamente separati dai materiali sottostanti;
- rinterro delle condotte con i materiali provenienti dai livelli inferiori dello scavo, durante le operazioni di rinterro dovrà essere assolutamente evitata la miscelazione di tali livelli con lo strato superficiale già accantonato;
- ripristino finale dello scavo con il riposizionamento del terreno agrario accantonato per un'altezza pari a quella preesistente.

Complessivamente la perdita irreversibile di terreno agrario dovuta alla realizzazione delle condotte e delle opere puntuali sarà assai contenuta.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE: STRATIGRAFIE DEI POZZETTI

5.1 Elenco dei Pozzetti Geognostici

ELENCO POZZETTI GEOGNOSTICI								
SIGLA POZZETTO	LOCALITA'	QUOTA S.L.M. (m)	COORDINATE GAUSS - BOAGA		PROFONDITA' RAGGIUNTA DAL P.C. (m)	CAMPIONI PRELEVATI		
			N	E		Sigla	Quota dal p.c. (m)	Litologia
P1	Impianto di sollevamento	118,30	4.399.058	1.486.205	4,00	P01 - C1	1,10-3,20	Limo sabbioso-argilloso
P2	Attrav. Rio Mannu	117,35	4.399.106	1.486.172	3,00	-	-	
P3	Attrav. Str. Com.le Curcuris-Baressa	121,40	4.399.404	1.486.190	2,70	-	-	
P4	Attrav. S.P. 72	123,60	4.399.569	1.486.195	2,70	-	-	
P5	Banisfattu	129,00	4.400.040	1.486.259	2,30	-	-	
P6	Attrav. Rio de Figu	122,50	4.399.901	1.485.923	3,60	P06 - C2	0,80-2,40	Limo argilloso-sabbioso
P7	Arcu	125,66	4.400.373	1.486.017	2,40	-	-	

5.2 Stratigrafie dei Pozzetti Geognostici



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P01

Località: *Impianto di Sollevamento* Comune: *Curcuris*

Quota p.c.: 118,30 m CTR: 539070

Coordinate: *N: 4.399.058*
E: 1.486.205

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	118,30		Suolo limoso-argilloso debolmente sabbioso con scarsi ciottolotti di marna arenacea e di vulcanite, di colore bruno-scuro, umido, sciolto e in zolle grossolane		
1,10	117,20		Limo sabbioso-argilloso con scarsi ciottolotti di marna e di vulcanite, coesivo e plastico, debolmente addensato, di colore bruno-giallastro, umido. Alla base si verificano scavernamenti delle pareti di scavo a partire dalla quota di circa 2,30 m		
3,20	115,10		Deposito ghiaioso-ciottoloso, con ciottoli in prevalenza di marna, arenaria marnosa e vulcaniti andesitico-basaltiche del Ø da pochi cm fino a 10-15 cm, con trovanti di 30-40 cm, arrotondati ed appiattiti, a matrice argilloso-limosa plastica e coesiva di colore bruno-grigiastro. Debolmente addensato, bagnato	114,80	
3,70	114,60		Marna arenacea di colore grigio-nerastro, diaclasata e stratificata, piuttosto alterata, semilapidea, bagnata. Estratta in lastre centimetriche e scaglie		
4,00	114,30				

NOTE: Le pareti dello scavo risultano abbastanza stabili in condizioni asciutte. Le venute d'acqua dalle pareti dello scavo causano scavernamenti a partire da circa 2,30 m dal p.c.

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
21/05/2013	3,50 m		
		Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 4,00	Scala 1:50



Pozzetto 01

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P02

Località: *Attraversamento Rio Mannu* Comune: *Curcuris* Quota p.c.: *117,35 m* CTR: *539070*

Coordinate: *N: 4.399.106*
E: 1.486.172

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	117,50		Suolo sabbioso-limoso con ciottolotti di marna arenacea e di vulcanite, di colore bruno-nocciola, umido, sciolto		
0,70	116,80		Limo sabbioso-argilloso con scarsi ciottolotti di marna e vulcanite, debolmente coesivo e plastico, debolmente addensato, di colore bruno-giallastro, umido. Alla base si verificano scavernamenti delle pareti di scavo a partire dalla quota di circa 1,30 m dal p.c.		
2,20	115,30		Deposito ghiaioso-ciottoloso, con ciottoli in prevalenza di marna, arenaria marnosa e vulcaniti andesitico-basaltiche del Ø da pochi cm fino a 20-30 cm, arrotondati ed appiattiti, con scarsa matrice argilloso-limosa plastica e coesiva di colore bruno-grigiastro. Debolmente addensato, bagnato	115,30	
2,80	114,70		Limo sabbioso-argilloso con scarsi ciottolotti di marna e vulcanite, debolmente coesivo e plastico, debolmente addensato, di colore bruno-giallastro, bagnato		
3,00	114,50				

NOTE: Le pareti dello scavo risultano stabili solo nei livelli superiori. Le venute d'acqua dalle pareti dello scavo causano scavernamenti veloci a partire da circa 1,30 m dal p.c.

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
21/05/2013	2,20 m	Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 3,00	Scala 1:50



Pozzetto 02

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P03

Località: *Attrav. S.C. Baressa-Curcuris* Comune: *Curcuris* Quota p.c.: *121,4 m* CTR: *539070*

Coordinate: *4.399.404*
1.486.190

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	121,40		Suolo sabbioso-limoso debolmente argilloso con scarsi ciottoletti minuti, di colore bruno-scuro, umido, sciolto		
0,60	120,80		Deposito ciottoloso con ciottoli in prevalenza di marna, arenaria marnosa e vulcaniti andesitico-basaltiche del Ø da pochi cm fino a 20-30 cm, arrotondati e spigolosi, in matrice sabbioso-limosa di colore bruno scuro. Debolmente addensato, umido		
0,80	120,60		Limo argilloso-sabbioso debolmente plastico e coesivo alternato a ciottolami del Ø da 5-10 cm fino a 20-30 cm, con qualche trovante di 40 cm, di marna, arenaria e vulcaniti, di colore bruno scuro. Ben addensato e facilmente scavabile, umido		
2,60	118,80		Marna arenacea di colore grigio-nerastro, alterata, semilapidea. Estratta in piccole scaglie		
2,70	118,70				

NOTE: Nessuna venuta idrica dalle pareti di scavo

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
21/5/2013	-		
		Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 2,70	Scala 1:50



Pozzetto 03

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P04

Località: *Attravers. S.P. 72*

Comune: *Curcuris*

Quota p.c.: *123,60 m* CTR: *539070*

Coordinate: *4.399.569*
1.486.195

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	123,60		Suolo limoso-argilloso-sabbioso con scarsi ciottoli, di colore bruno scuro, umido, sciolto		
0,50	123,10		Limo sabbioso-argilloso debolmente plastico e coesivo con scarsi ciottoli del Ø da 5-10 cm di marna e arenaria, di colore bruno scuro. Debolmente addensato e facilmente scavabile, umido		
2,20	121,40		Marna arenacea di colore grigio-nerastro, diacfasata e stratificata, molto alterata, semilapidea, umida. Estratta in lastre centimetriche e scaglie, da scavabile a difficilmente scavabile in profondità con il mezzo in uso		
2,70	120,90				

NOTE: Le pareti di scavo in condizioni asciutte sono stabili

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
	-		
		Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 2,70	Scala 1:50



Pozzetto 04

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P05

Località: *Banisfattu*

Comune: *Curcuris*

Quota p.c.: 129,00 m CTR: 539030

Coordinate: *N: 4.400.040*
E: 1.486.259

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	129,00		Suolo limoso-argilloso-sabbioso con scarsi ciottoli, di colore bruno scuro, umido, sciolto		
0,30	128,70				
			Limo argilloso-sabbioso con scarsi ciottoli arrotondati e spigolosi e scaglie di marna e di marna arenacea, del Ø da pochi cm a circa 10 cm, debolmente coesivo e plastico, debolmente addensato, di colore bruno-nocciola, umido.		
			Tra 1,20 e 1,40 m dal p.c. livello di ciottoli e scaglie di marna e marna arenacea, con scarsa matrice argilloso-limosa (circa il 20-25%)		
2,30	126,70				

NOTE:

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
	-		
		Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 2,30	Scala 1:50



Pozzetto 05

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P06

Località: *Attravers. Rio de Figu*

Comune: *Curcuris*

Quota p.c.: *122,50 m* CTR: *539070*

Coordinate: *N: 4.399.901*
E: 1.485.923

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	122,50		Suolo limoso-argilloso con scarsi ciottolotti minuti, di colore bruno-scuro, umido, sciolto		
0,80	121,70		Limo argilloso-sabbioso con scarsi ciottoli arrotondati e spigolosi di marna e di marna arenacea, del Ø da pochi cm a circa 10-20 cm coesivo e plastico, debolmente addensato, di colore bruno-nocciola, umido. A circa 1,10 m dal p.c. sono presenti alcuni trovanti di arenaria marnosa del Ø di 20-30 cm, la cui origine può essere attribuita allo scavo eseguito in passato per la posa della condotta fognaria (vedi Note)		P06-C2 m 0,80 -2,40
2,40	120,10		Deposito ghiaioso-ciottoloso, con ciottoli in prevalenza di marna, arenaria marnosa e vulcaniti andesitico-basaltiche del Ø da pochi cm fino a 10-15 cm, arrotondati ed appiattiti, in matrice argilloso-limosa molto plastica e coesiva di colore grigio-nocciola. Debolmente addensato, bagnato	119,30	
3,60	118,90				

NOTE: Il materiale presente fino a circa 2,40 dal p.c. è in parte rimaneggiato in quanto in passato nella zona sono stati eseguiti gli scavi per la posa della condotta fognaria. A circa 6 m di distanza dal pozzetto geognostico è presente, infatti, il pozzetto fognario di attraversamento del Rio de Figu

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.	Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
21/5/2013	3,20 m	Profondità finale m: 3,60	Scala 1:50



Pozzetto 06

Particolare della sezione di scavo



Ente Acque della Sardegna



Progetto: RIUTILIZZO DEI REFLUI DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CURCURIS

Pozzetto: P07

Località: Arcu

Comune: Curcuris

Quota p.c.: 125,66 m CTR: 539030

Coordinate: N: 4.400.373
E: 1.486.017

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m. (m)	Simbolo	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Livello Falda Q.ta ass. s.l.m. (m)	CAMPIONE
0,00	125,66		Suolo argilloso molto plastico e coesivo con sabbia e scarsi ciottolotti, di colore grigio scuro, umido, in grosse zolle		
1,20	124,46		Argilla nerastra con resti organici e con scarsi ciottolotti, altamente plastica e coesiva, umida		
1,70	123,96		Deposito ghiaioso-ciottoloso, con ciottoli in prevalenza di marna, arenaria marnosa e vulcaniti andesitico-basaltiche e di micronglomerato arenaceo, del Ø da pochi cm fino a 10-20 cm, in matrice argilloso-limosa molto plastica e coesiva di colore bruno-nocciola. Debolmente addensato, bagnato		
2,40	123,26			123,26	

NOTE:

LIVELLO FALDA		Rilevatori: Dott.Geol M.R. Lai	Data: 21/5/2013
Data	livello acqua dal p.c.		
21/5/2013	2,40 m		
		Metodo di perforazione: Terna gommata - CAT 428C 4X4	Impresa: MO.TE.CO.
		Profondità finale m: 2,40	Scala 1:50



Pozzetto 07

Particolare della sezione di scavo

6 RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

I campioni di terre provenienti dai pozzetti geognostici sono stati analizzati presso il Laboratorio di Ricerca e Prove su Materiali da Costruzione dell'Ente Acque della Sardegna.

Le prove eseguite secondo la normativa tecnica vigente, sono le seguenti:

- Classificazione secondo la norma UNI 10006 (Boll. Uff. CNR Anno V, n. 23 – 14 dicembre 1971);
- Limiti di Atterberg secondo la norma UNI 10014 (Boll. Uff. CNR – UNI 10014 e ASTM D 427-83, BS 1377: Part 2);
- Determinazione del peso di volume apparente di una terra (massa volumica apparente) secondo la norma CNR-UNI Anno VII n. 40 -1973.

Di seguito si riportano i certificati relativi alle analisi e prove eseguite.

ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA**

Cantiere **Progetto riutilizzo reflui Curcuris-**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data 27/5/13

N. certificato _____

Materiale prelevato da pozzetti da mt.1,10 a mt.3,20 -Campione C 1

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	80	0,00	0,0000	100,0	80,000
	75	0,00	0,0000	100,0	75,000
12"	50	0,00	0,0000	100,0	50,000
6"	45	0,00	0,0000	100,0	45,000
4"	40,00	0,00	0,0000	100,0	40,000
	31,50	0,00	0,0000	100,0	31,500
	25,00	0,00	0,0000	100,0	25,000
2"	20,00	0,00	0,0000	100,0	20,000
1"	16,00	0,00	0,0000	100,0	16,000
1/2"	10,00	16,20	2,6188	97,4	10,000
3/8"	5,000	14,20	2,2955	95,1	5,000
4	4,000	4,40	0,7113	94,4	4,000
10	2,000	12,50	2,0207	92,4	2,000
18	1,000	13,90	2,2470	90,11	1,000
40	0,420	44,30	7,1613	82,95	0,420
80	0,177	79,20	12,8031	70,1	0,177
200	0,074	145,80	23,5694	46,6	0,074
0,00	0	288,10	46,5729		
Somma (g)		618,60			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					



IL CAPO LABORATORIO
P.L. GIORGIO ZARA

Committente
Cantiere

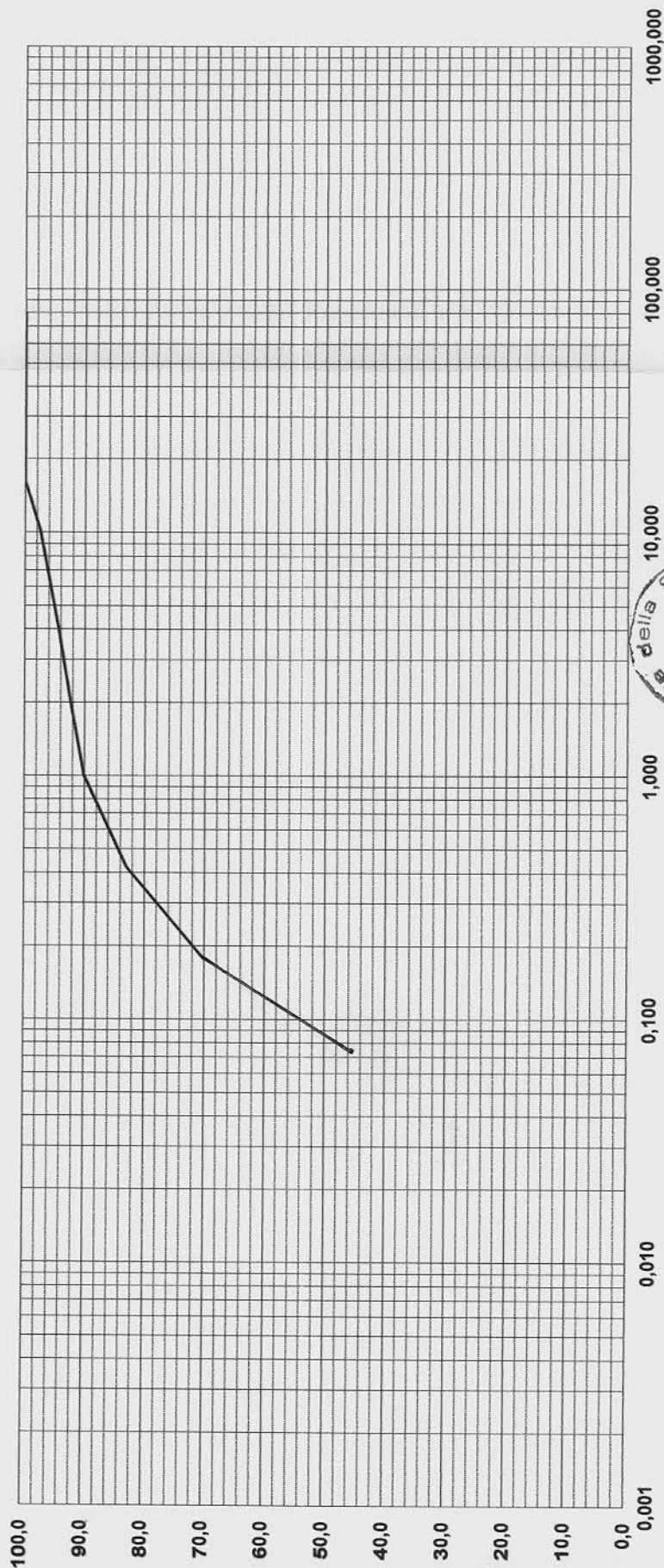
Ente Acque della Sardegna
Progetto riutilizzo reflui Curcuris-

ANALISI GRANULOMETRICA
Diagramma

Data 27/5/13
N. certificato

Materiale prelevato dal pozzetto da mt. 1,10 a mt. 3,20-Campione C 1

argilla	fine	limo medio	grosso	fine	sabbia media	grossa	fine	ghiaia media	grossa	ciott.
---------	------	---------------	--------	------	-----------------	--------	------	-----------------	--------	--------



IL CAPO LABORATORIO
PIU' GIORGIO ZARA

[Signature]

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Prova e di Ricerca sui materiali

Committente **ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA**
Cantiere **Progetto riutilizzo reflui Curcuris-Località ARCU**

PROVE DI PLASTICITA'
Indice di consistenza

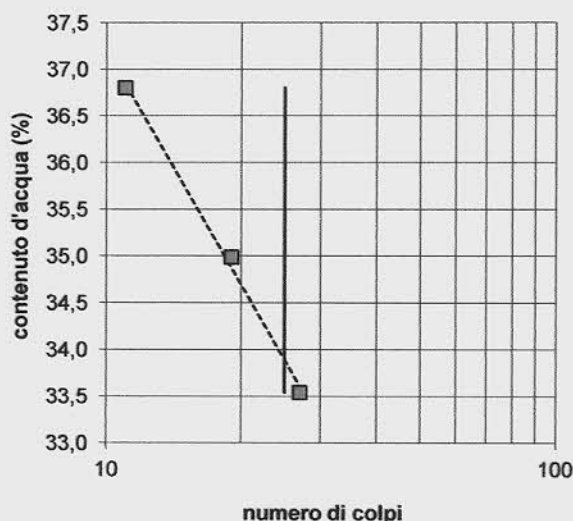
Data **27 MAG. 2013**
N. certificato

Sondaggio **S 2** Campione **C 1** Profondità da mt.1,10 a mt.3,20

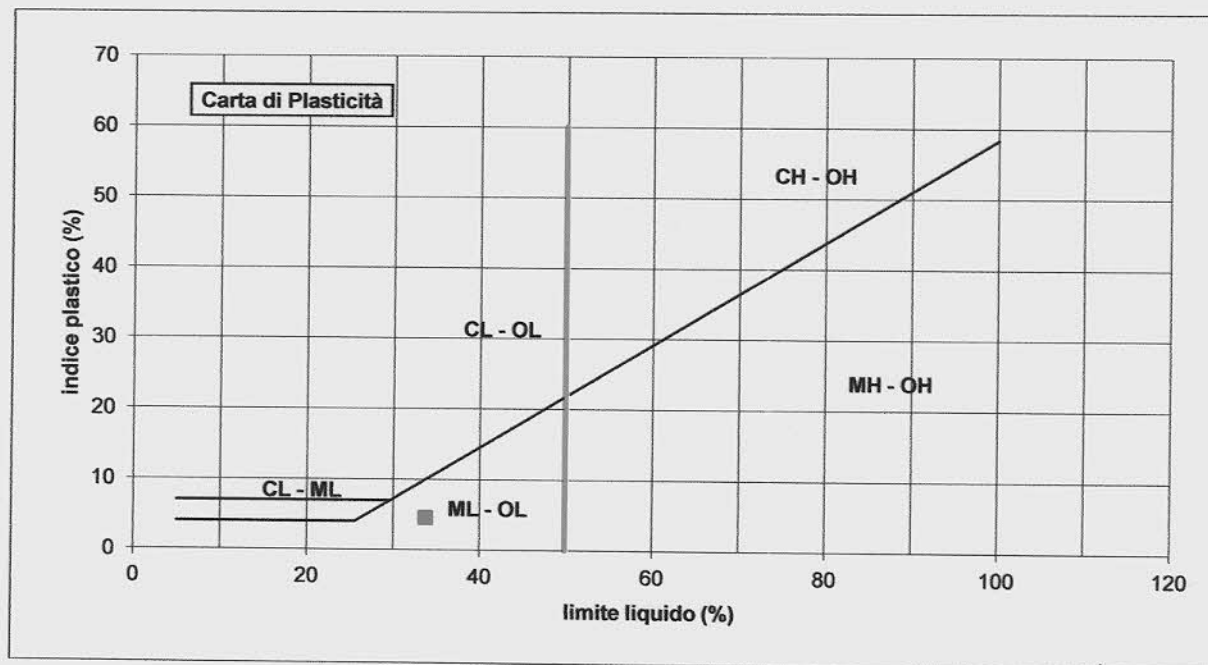
Limite Liquido	%	34		
Numero tara		6	7	10
Numero dei colpi		11	19	27
P. umido + tara	g	28,39	35,92	34,09
P. secco + tara	g	25,49	32,12	30,87
Peso tara	g	17,61	21,26	21,27
Peso umido	g	10,78	14,66	12,82
Peso secco	g	7,88	10,86	9,60
Contenuto d'acqua	%	36,80	34,99	33,54

Limite Plastico		29		
Numero tara		11	17	19
P. umido + tara	g	24,21	23,85	21,72
P. secco + tara	g	23,91	23,54	21,45
Peso tara	g	22,89	22,49	20,52
Peso umido	g	1,32	1,36	1,20
Peso secco	g	1,02	1,05	0,93
Contenuto d'acqua	%	29,41	29,52	29,03

Contenuto d'acqua		#####		
Numero tara				
P. umido + tara	g			
P. secco + tara	g			
Peso tara	g			
Peso umido	g			
Peso secco	g			
Contenuto d'acqua	%			



Indice plastico	5
Consistenza	#####
Liquidità	#####
Fluidità	
Tenacità	#DIV/0!



Classificazione UNI 10006-2002- Limi poco compressibili **A4**

IL CAPO LABORATORIO
P. GIORGIO ZARA

File ATT campione C1

ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Committente **ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA**

Cantiere **Progetto riutilizzo reflui Curcuris-**

ANALISI GRANULOMETRICA

Data 27/5/13
N. certificato _____

Materiale prelevato da pozzetti da mt.0,80 a mt.2,40 -Campione C 2

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
	80	0,00	0,0000	100,0	80,000
	75	0,00	0,0000	100,0	75,000
12"	50	0,00	0,0000	100,0	50,000
6"	45	0,00	0,0000	100,0	45,000
4"	40,00	0,00	0,0000	100,0	40,000
	31,50	123,80	2,9150	97,1	31,500
	25,00	189,80	4,4690	92,6	25,000
2"	20,00	115,00	2,7078	89,9	20,000
1"	16,00	103,80	2,4441	87,5	16,000
1/2"	10,00	249,00	5,8630	81,6	10,000
3/8"	5,000	345,20	8,1281	73,5	5,000
4	4,000	91,00	2,1427	71,3	4,000
10	2,000	237,00	5,5804	65,7	2,000
18	1,000	213,00	5,0153	60,73	1,000
40	0,420	226,20	5,3261	55,41	0,420
80	0,177	227,40	5,3544	50,1	0,177
200	0,074	362,20	8,5284	41,5	0,074
0,00	0	1763,60	41,5258		
Somma (g)		4247,00			
Peso iniziale (g)					
Perdita (g)					



IL CAPO LABORATORIO
PI. GIORGIO ZARA

Committente
Cantiere

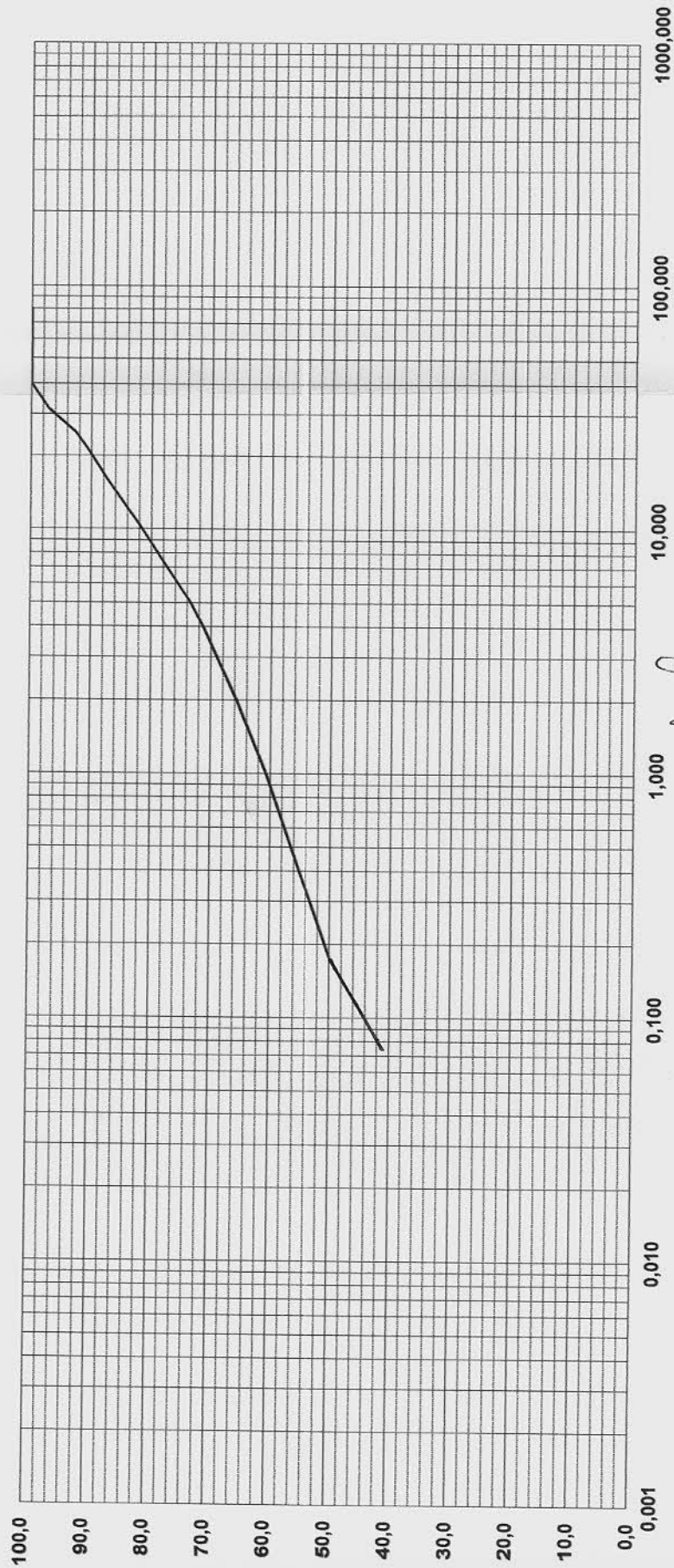
Ente Acque della Sardegna
Progetto riutilizzo reflui Curcuris-

ANALISI GRANULOMETRICA
Diagramma

Data 27/5/13
N. certificato

Materiale prelevato dal pozzetto da mt. 0,80 a mt. 2,20-Campione **C 2**

argilla	fine	limo medio	grosso	fine	sabbia media	grossa	fine	ghiaia media	grossa	ciott.
---------	------	---------------	--------	------	-----------------	--------	------	-----------------	--------	--------



IL CAPO LABORATORIO
PI. GIORGIO ZARA

[Signature]

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Prove e di Ricerca sui materiali

Committente **ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA**
Cantiere **Progetto riutilizzo reflui Curcuris-Località ARCU**

PROVE DI PLASTICITA'
Indice di consistenza

Data
N. certificato

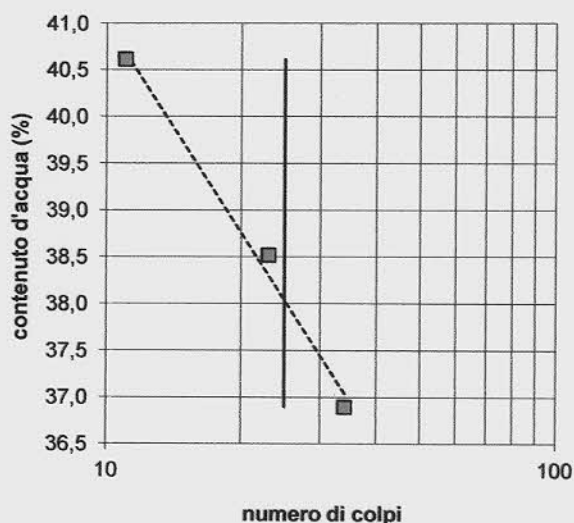
27 MAG. 2013

Sondaggio **S 2** Campione **C 2** Profondità da mt 0,80 a mt.2,40

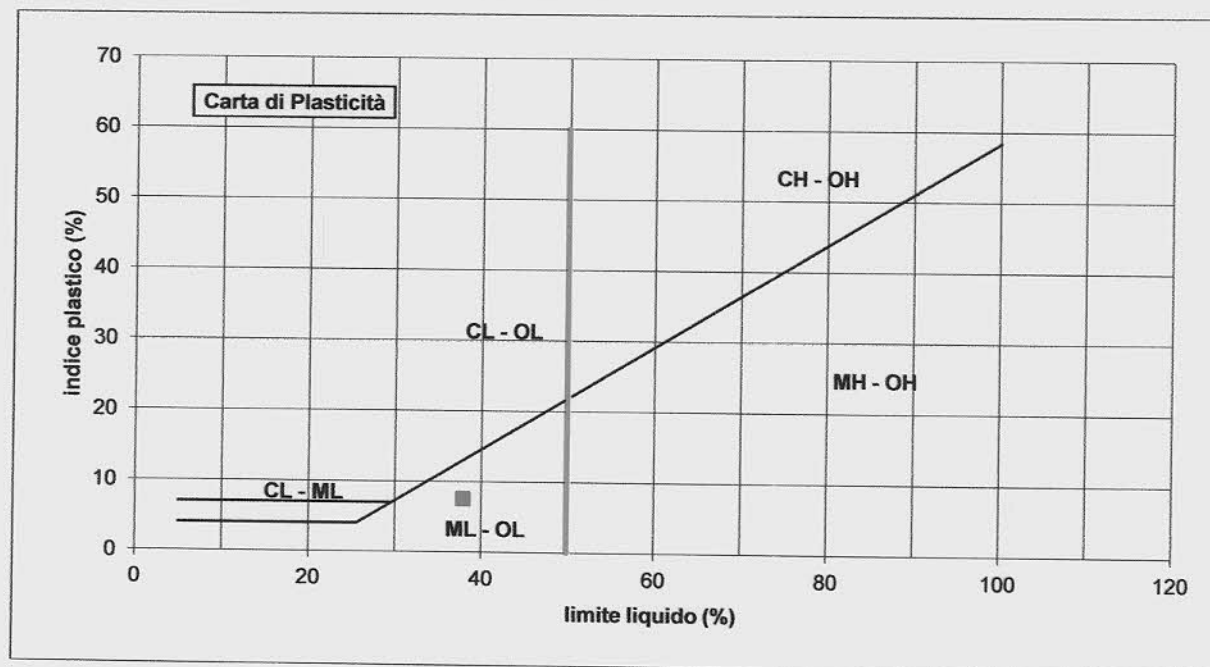
Limite Liquido	%	38		
Numero tara		4	5	8
Numero dei colpi		11	23	34
P. umido + tara	g	35,74	30,98	31,98
P. secco + tara	g	31,76	28,01	28,39
Peso tara	g	21,96	20,30	18,66
Peso umido	g	13,78	10,68	13,32
Peso secco	g	9,80	7,71	9,73
Contenuto d'acqua	%	40,61	38,52	36,90

Limite Plastico		30		
Numero tara		11	17	19
P. umido + tara	g	24,58	19,34	22,31
P. secco + tara	g	24,41	19,16	22,20
Peso tara	g	23,85	18,57	21,84
Peso umido	g	0,73	0,77	0,47
Peso secco	g	0,56	0,59	0,36
Contenuto d'acqua	%	30,36	30,51	30,56

Contenuto d'acqua		#####		
Numero tara				
P. umido + tara	g			
P. secco + tara	g			
Peso tara	g			
Peso umido	g			
Peso secco	g			
Contenuto d'acqua	%			



Indice plastico	8
Consistenza	#####
Liquidità	#####
Fluidità	
Tenacità	#DIV/0!



Classificazione UNI 10006-2002- Limi poco compressibili A4

IL CAPO LABORATORIO
P. GIORGIO ZARA

File ATT campione C2

ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Laboratorio di Ricerca e Prove sui Materiali
Sezione Geotecnica

Prot.

Cagliari

27 MAG. 2013

Posizione n°

Committente : ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

Cantiere : Recupero Acque reflue dell'Impianto di depurazione di Curcuris

Campioni prelevati nel Mese di Maggio del 2013

PESO DI VOLUME APPARENTE

Provenienza Campione	Sigla Campione	Litologia	P1 Peso Materiale gr.	P2 Picn + H2O gr.	P3 Peso Picn. gr.	P4 Volume Picn. gr.	P5 Materiale + Paraff. gr.	P6 Peso Paraffina gr.	P7 Volume Paraffina gr/cmc	P8 Picno+ H2O+ mat.paraff. gr.	P9 Volume Pic con materiale P8-(P3+P5) gr/cmc	P10 Volume Materiale Paraffin. P4-P9 gr/cmc	P11 Volume materiale P10-P7 gr/cmc	PS P1 / P10 gr /cmc
Località ARCU	C1	Limi poco compressibili	60	1027	278	749	64,3	4,300	4,517	1052	709,7	39,300	34,783	1,725
Località ARCU	C1	Limi poco compressibili	51	1027	278	749	56	5,000	5,252	1048	714	35,000	29,748	1,714
Località ARCU	C2	Limi poco compressibili	60	1027	278	749	65,2	5,200	5,462	1056	712,8	36,200	30,738	1,952
Località ARCU	C2	Limi poco compressibili	60	1027	278	749	66	6,000	6,303	1055	711	38,000	31,697	1,893

I campioni sono stati paraffinati dopo essere stati asciugati in forno a 105°C e immersi in picnometri tarati da 250 cc e sottoposti a sottovuoto.

IL CAPO LABORATORIO
P. GIORGIO ZARA

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Riassumendo i risultati delle indagini e delle osservazioni svolte nei paragrafi precedenti sulle caratteristiche morfologiche, geologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dal progetto preliminare “Opere per il riutilizzo dei reflui dell'impianto di depurazione di Curcuris in un'area irrigua nel comprensorio della Marmilla” si possono esporre le seguenti considerazioni conclusive.

- Dal punto di vista geologico-strutturale: le opere previste ricadono in gran parte su terreni del Quaternario rappresentati da alluvioni sabbioso-ciottolose e da depositi detritico-colluviali, in prevalenza limoso-argillosi o limoso-sabbiosi e in minor misura su rocce sedimentarie del Terziario, rappresentate da siltiti marnose, arenarie marnose e marne.
- Dal punto di vista morfologico: prevalgono morfologie ondulate e acclività assai modeste pertanto si può escludere, per i terreni ora citati, la presenza di frane in atto e di dissesti geologici potenziali. Le litologie costituenti il substrato di fondazione delle condotte e delle opere puntuali non appaiono interessate da fenomeni di cedimenti differenziali, di rigonfiamenti o da altri fenomeni di instabilità o di degradazione che possano comprometterne la stabilità nel tempo.
- Dal punto di vista idrogeologico: i depositi miocenici marnosi costituiscono un substrato impermeabile, pertanto al loro interno non si rinvenivano falde freatiche se non in rari casi ma sempre di entità assai modesta e molto superficiali. I depositi alluvionali e detritico-colluviali, recenti ed attuali, costituiscono un acquifero superficiale modesto, poco sfruttato con pozzi o vasconi freatici. Le manifestazioni sorgentizie sono assai scarse. Pertanto si può affermare che lungo il tracciato della condotta ed in corrispondenza delle opere puntuali solo in pochi casi sussiste la possibilità di interferenze con acque sotterranee. Le aree in cui si incontrerà la falda freatica superficiale (2,5-3,0 m dal p.c) corrispondono con la zona in cui è prevista la realizzazione dell'impianto di sollevamento, adiacente all'impianto di depurazione esistente e, ovviamente, con gli attraversamenti fluviali principali e minori, per i quali è facilmente prevedibile la filtrazione delle acque dal fondo o dalle pareti degli scavi. Per tale motivo, al fine di eseguire gli scavi in sicurezza, dovranno essere messe in atto tutte le opere provvisorie, provvedendo all'aggottamento continuo delle acque di falda, nonché all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale, oltre che l'adozione delle previste opere di protezione delle scarpate.
- Dal punto di vista geotecnico: le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei litotipi interessati garantiscono la piena idoneità a sopportare i carichi previsti per le relative opere, peraltro assai modesti.
- Stabilità dei fronti di scavo: in considerazione delle modeste profondità di posa delle condotte, la stabilità delle pareti e del fondo dello scavo è assicurata, nella massima parte dei tracciati, dalle medio-buone caratteristiche geotecniche-geomeccaniche intrinseche

delle rocce più o meno lapidee del substrato (siltiti marnose e marne) e dei terreni di copertura detritico-ciottolosi, sabbiosi o limoso-argillosi, in generale mediamente addensati, o, se sciolti, ad elevato angolo d'attrito. Alcuni tratti minori del tracciato, tuttavia, possono risentire in modo determinante della presenza della falda freatica e delle acque fluenti superficiali: ciò avverrà soprattutto negli attraversamenti dei corsi d'acqua principali (Rio Mannu e Rio de Figu) e nelle loro immediate adiacenze. Qui, pertanto, come già accennato sono da prevedere misure adeguate di sostegno delle pareti di scavo, emungimenti e allontanamento di acque talora di notevole entità. Inoltre al termine dei lavori sarà necessario realizzare una idonea protezione dei tratti di condotte posate in subalveo, con il ricorso ai materassi "Tipo Reno". La giacitura degli strati delle litologie marnoso-siltitiche, sempre orizzontale o lievemente inclinata, non appare influire sulla stabilità delle scarpate previste per la vasca di carico di Calaboni, per la quale non si prevedono particolari problemi di stabilità anche in presenza di pareti subverticali.

- Resistenza allo scavo: il grado di consistenza e la resistenza allo scavo dei litotipi interessati dai lavori varia da valori medio-alti per le rocce sedimentarie sane, dure e resistenti, a valori bassi per le stesse rocce assai degradate ed argillificate e per i depositi di copertura quaternari e recenti.
- Terre e rocce da scavo: i materiali derivanti dagli scavi in ottemperanza alle normative vigenti potranno essere convenientemente riutilizzati nell'ambito del cantiere per la realizzazione di riempimenti, rinterri e rilevati, previa selezione delle pezzature, esclusione di eventuali materiali non adeguati e opportuno costipamento, dove previsto. Tutti gli altri materiali non ritenuti idonei o eccedenti verranno conferiti in apposita discarica.

Aprile 2013

Dott. Geol. Maria Rita Lai