# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## ENTE SARDO ACQUEDOTTI E FOGNATURE


**Dott. Geol. Alberto Cappai**

RESIDENZA FISCALE - VIA FELICE CASORATI 10 - CAGLIARI
C.F. CPPLRT77E25B354B
P. IVA 02899900928
E - Mail: geo.cappai@tiscali.it


### SCHEMA NPRGA N° 31 "TIRSO"

# ADEGUAMENTO PROGETTO ESECUTIVO DELLA CONDOTTA DI ALIMENTAZIONE DELLA ZONA COSTIERA

**COMUNI: ORISTANO - CABRAS - NURACHI - RIOLA SARDO NARBOLIA - FRAZ. SAN VERO MILIS**

| ELABORATO: | DATA |
|---|---|
| **PERIZIA GEOLOGICA** | LUGLIO 2004 |
| | SCALA |

| IL COMMITTENTE: | IL TECNICO INCARICATO | ALLEGATO: |
|---|---|---|
| ESAF<br>SERVIZIO INGEGNERIA OPERE IDRICHE<br>Ing. Carlo Delogu | Dott. Geol. Alberto Cappai<br>ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SARDEGNA<br>N. 580 Dott. Geol. ALBERTO CAPPAI | **A** |

## PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitomi dall'Ente Sardo Acquedotti e Fognature (prot. N° 4423 del 07/06/2004) è stata redatta una perizia geologica per la realizzazione della condotta di alimentazione della zona costiera (schema n° 31 Tirso), in adeguamento alla L. 109/94 e del D.P.R. N° 554/99, all'interno del progetto redatto dall'ing. Alessandro Soddu, il tutto ai sensi del D.M. L.L. P.P. 11.03.88.

Sulla base degli studi svolti in fase di progettazione, l'indagine è stata articolata in diverse fasi, la cui esecuzione temporale ha eseguito, rispettivamente, il seguente ordine cronologico: sopralluogo, rilevamento geologico, analisi dei parametri relativi alla stabilità dei fronti in cui dovranno essere eseguite le opere, stesura relazione illustrativa.

Si precisa, altresì, che al fine di poter offrire un quadro più completo e dettagliato del contesto geologico dell'area in esame, ci si è avvalsi anche delle informazioni deducibili dalla letteratura esistente.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio e sede del progetto è individuabile nella Carta d'Italia in scala 1:25.000, Fogli N° 514 e 528; e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, Foglio 528, sez. 070 e 030; Foglio 514 sez. 150, 140, 130 e 110; i Comuni interessati dall'intervento di cui sopra sono Oristano, Cabras, Nurachi, Riola Sardo, Narbolia, fraz. San Vero Milis ed è localizzata, e secondo la toponomastica della Sardegna, l'area ricade all'interno del Sinis.

In particolare per quanto concerne la messa in opera della condotta, essa si svilupperà dal partitore di Torre Grande (esistente) situato in prossimità dell'impianto di potabilizzazione di Silì, fino al Serbatoio di Is Arenas in località "Cardias" in progetto; all'incrocio tra la S.S. Nord Occidentale Sarda n° 292 con la S.P. n° 10 verrà realizzato il partitore Capo Mannu da cui si svilupperà il ramo partitore Capo Mannu – Serbatoio (esistente). Oltre alle condotte verranno realizzati anche nuovi partitori (Cabras, Mandrainas, Sinis, Capo Mannu), due impianti di sollevamento (Is Arenas, Capo Mannu) e un serbatoio in località Is Arenas.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La successione geologico-stratigrafica riscontrabile nella penisola del Sinis è caratterizzata dalla presenza del terziario sovrastato da un complesso di sedimenti terrigeni quaternari che caratterizzano la geologia dell'area in esame.

Tale complesso, nel quale è prevista la realizzazione delle opere, passando dalla zona costiera verso l'interno è così rappresentato: sabbie attuali e recenti delle spiagge, passanti a dune litoranee; alluvioni ciottoloso-sabbiose o argillose e depositi limo–argillosi palustri o salmastri; aree acquitrinose sulle "piattaforme" basaltiche; complessi pluvio detritici di pendio, sabbioso–limosi o ghiaioso terrosi, recenti e accumuli di frana a grandi blocchi di basalto, in gran parte pleistocenici, ai bordi delle giare. Particolarmente interessanti i depositi pleistocenici che passano da crostoni calcarei teneri, raramente lapidei e travertinosi di ambientazione palustre a sabbie dunari più o meno cementate.

I termini affioranti si possono raggruppare in tre unità principali:

a) basamento pre-Messiniano
b) Messiniano e Pliocene trasgressivo
c) Basalti e coperture quaternarie

A) Il basamento pre-messianiano è eterocrono (dall'Oligocene al Tortoniano) e tettonizzato. I termini più antichi costituiti da andesiti e relativi tufi affiorano a Perda Martigiana e a Costa Attori. Su queste vulcaniti poggiano termini sedimentari del Miocene inferiore medio, costituiti da conglomerati poligenici a prevalenti clasti paleozoici, cui seguono dei calcari ad ostree. Il termine più alto del basamento è costituito dalle arenarie tortoniane.

B) questa successione possiamo suddividerla in tre termini principali:

Una prima fase marina rappresentata in prevalenza da marne siltose fossilifere regolarmente stratificate, con intercalati livelli calcari organogeni. A questa serie, potente 24 metri, segue un complesso di circa 30 metri di spessore massimo, costituito da calcari di deposito chimico, sottilmente stratificati.

Nella parte sommitale di questo complesso si trovano sacche con paleosuoli e depositi dunari, rappresentati da arenarie eoliche a stratificazione incrociata (spessore di circa 60 metri).

Alla fase di emersione segue una ingressione marina a sedimentazione carbonatica di piattaforma marginale di debole profondità. Alla base di questa formazione sono presenti livelli biocalcarenitici a molluschi che precedono il deposito della formazione evaporitica successiva.

Contrariamente ai precedenti termini messiniani sempre ben stratificati, a giacitura suborizzontale, questa formazione carbonatica presenta un aspetto caotico.

Le coperture quaternarie a cui si è fatto riferimento all'inizio del paragrafo, sono costituite da vari termini, il più importante dei quali, per estensione e potenza, è il complesso di arenarie eoliche ben cementate, con intercalati frequenti e potenti paleosuoli, che a Capo Mannu raggiunge lo spessore di circa 50 metri; tale complesso poggia, a Mandriola sopra un livello sabbioso siltoso.

Le sabbie eoliche recenti, presenti su tutta l'area, sono particolarmente potenti nel settore di Is Arenas, dove le dune di retrospiaggia sono state imbrigliate solo di recente.

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

### a) Evoluzione geomorfologica e forme del rilievo

L'evoluzione geomorfologica della regione è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena e come tale è influenzata dalla struttura geologica, intesa, sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti di modellamento.

I lineamenti geomorfologici sono sintetizzabili nelle seguenti unità fisiografiche di paesaggio:

Lo **Stagno di Cabras** comprende la laguna di Cabras, il sistema delle aree di esondazione, con piccoli stagni e vaste aree a sommersione temporanea e un ampio settore della piana alluvionale di Cabras, Nurachi e Riola.

In particolare la *laguna di Cabras* presenta uno specchio d'acqua principale di circa 2000 ha, chiuso dal cordone litorale a calcareniti fossilifere che conferiscono i caratteri di "laguna morta".

La *laguna di Mistral* si mostra parzialmente chiusa dai cordoni attuali di "Su Siccu", limitata verso terra dalle calcareniti del paleocordone litorale; nel settore occidentale si rileva una vasta area umida a sommersione temporanea.

Il *cordone sabbioso di "mare morto"*, presenta uno scarso sviluppo altimetrico, caratterizzato da zone temporaneamente sommerse a ridosso di Capo S. Marco; il settore si Su Siccu è quello volumetricamente più consistene.

Le *aree di esondazione*, a zone depresse temporaneamente sommerse, è un sistema di piccoli stagni accessori, la cui morfologia è articolata dai lembi residui della copertura calcarenitica che delimita queste aree a nord.

Il *cordone litorale fossile* è costituito da calcareniti fossilifere del Tirreniano, si eleva fino ad un massimo di 5 metri, con superfici sommitali a paleosuoli sabbiosi fortemente ossidati.

La *Piana alluvionale di Cabras* comprende aree depresse a temporanea esondazione, sia sulle sponde della laguna che in corrispondenza degli alvei attuali, drenate da una fitta rete di canali artificiali.

Sulle superfici sommitali delle alluvioni si sviluppano suoli a notevole spessore.

Il *bordo settentrionale della laguna* è caratterizzato da terreni subpianeggianti a calcareniti e da colluvi e paleosuoli fortemente ossidati, all'interno dei quali si conservano aree depresse a prevalente sommersione temporanea.

La **Penisola del Sinis ed i rilevati meridionali** sono caratterizzati dai morfotipi legati all'evoluzione delle litologie del substrato sedimentario e vulcanico, controllati da importanti lineamenti strutturali ad andamento N-S.

A sud vi sono delle spiagge sabbiose che a nord lasciano il posto a piccole cale comprese tra le ripe d'erosione, o a ripe d'erosione attive e piccole pseudo falesie in eolianiti.

Notevole in quest'area l'inserimento nel paesaggio da parte di insediamenti punico – romani della città di Tharros.

I *rilievi* di queste fasce costiere mostrano un modesto sviluppo altimetrico e sono in gran parte caratterizzati dalla copertura sommitale a basalti, i quali sono limitati da cornici nette, talvolta a blocchi franati.

I versanti, debolmente acclivi, si presentano esposti all'erosione da ruscellamento diffuso, con tendenza al colluviamento dei suoli. Al piede del versante si notano le superfici debolmente inclinate dei glacis d'accumulo a colluvi e paleosuoli fortemente ossidati.

La **Piana costiera ed il sistema degli stagni di Capo Mannu** caratterizzano il settore settentrionale della Penisola del Sinis, ove il substrato sedimentario miocenico è stato in gran parte smantellato, lasciando spazio ad aree depresse; le uniche zone rilevate sono rappresentate da piccoli rilievi residuali, cupoliformi e dagli affioramenti calcarei di Capo Mannu e dalle coste a falesie associate.

Il *sistema di Capo Mannu* è costituito da un lembo residuale della copertura carbonatica miocenica, ribassato verso S-E, collegato alla terraferma da un lembo ad arenarie eoliche, motivo morfologico ripreso dai cordoni litorali attuali che chiudono alcune zone umide del complesso di Salina Manna.

Al sistema morfologico sono da associare il lembo di costa alta a falesia e pseudofalesia meridionale, e quello settentrionale del promontorio di Scala Sale. Tra queste coste alte, a Capo Mannu sono sottese le spiagge ad arco, falcate delle Saline a Sud e di Mariposa a Nord.

Il *Sistema degli stagni di Sale Porcus e di Is Benas*, è rappresentato da due lagune morte, chiuse dai depositi cementati delle paleodune, ed a ovest direttamente dagli apparati dunari attuali; i due stagni sono collegati da un settore canaliforme aperto entro i colluvi di arenarie eoliche. Entrambe le depressioni sono orlate da aree di esondazione a sommersione temporanea.

La *Piana*, colmata dai depositi eolici alluvionali, è caratterizzata da piccoli rilievi residuali che portano in affioramento le litologie del substrato, sedimentario e vulcanico. Piccole aree depresse, a sommersione temporanea ed occasionale, testimoniano una maggiore estensione delle vicine lagune.

### b) Caratteristiche geopedologiche

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

punti più favorevoli, la vegetazione e l'esposizione sono infatti i fattori pedogenetici predominanti che determinano l'alterazione della roccia madre e la formazione di un profilo evoluto.

Nei paesaggi impostati su alluvioni e conglomerati, nonché su arenarie eoliche e crostoni calcarei dell'Olocene, il suolo si presenta di un colore generalmente bruno rossastro e talvolta biancastro, con terreni da franco sabbiosi ad franco argillosi, a permeabilità medio-bassa, struttura poliedrica e con un profilo caratteristico di tipo A-Bw-C o A-R.. Si tratta di aree pianeggianti o leggermente depresse con prevalente utilizzazione agricola. L'orizzonte A ha subito vari rimescolamenti ed asportazioni e si riforma lentamente a spese del sottostante orizzonte B favorendo la genesi di pedotipi di transizione.

I suoli sono profondi anche se il loro stato di conservazione è vario in funzione del tipo di fenomeno erosivo a cui sono soggetti.

I paesaggi impostati sui calcari organogeni del Miocene, con delle forme che vanno da ondulate a subpianeggianti, attraversati dalla condotta nella parte più settentrionale del tracciato, sono prive di copertura arbustiva ed arborea, come le aree impostate su rocce effusive basiche plioceniche poco più a sud (tavola 4). Nonostante le due tipologie sedimentarie siano completamente diverse in entrambi gli ambienti sono evidenti le rocce affioranti, con suoli a profilo A-C e A-Bt-C da poco profondi a profondi, permeabili, neutri, saturi.

Nel settore in cui verranno realizzate le opere da progetto i fenomeni erosivi non sono particolarmente intensi, anche perché si tratta per la quasi totalità di aree depresse non acclivi in cui l'energia dei corsi d'acqua tende a depositare sedimenti. Secondo la Soil Taxonomy dell'U.S.D.A. questi suoli impostati sui sedimenti dell'Olocene appena descritti appartengono al gruppo dei *Typic, Vertic, Aquic e Mollic Xerofluvents*; i suoli impostati sui sedimenti miocenici e sulle rocce effusive plioceniche appartengono invece al grande gruppo dei *Rock Outcrop*.

Nel centro abitato della frazione di Riola Sardo attraversato dalla condotta, chiaramente, l'antropizzazione del territorio, ha prodotto l'asportazione del suolo e un costante impoverimento della potenza del profilo.

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### a) Idrologia superficiale

Da un punto di vista idrogeologico possiamo suddividere l'area di studio in **4 bacini idrogeologici principali**, caratterizzati da una rete di canali di drenaggio coincidenti con le principali linee di compluvio.

L'area compresa tra il punto 1 e la località *"Perda Martigiana"* (l'unico affioramento di andesiti, come evidenziato in tavola 3) possiamo definirla in linea di massima appartenente al bacino dello *"Stagno di Cabras"*. Il settore di studio che appartiene al bacino dello *"Stagno Sale Porcus"* è compreso invece tra la località *"Perda Martigiana"* e il *"Monte Benei"*. Nell'area compresa tra il *"Monte Benei"* e il Serbatoio di *"Capo Mannu"* alcuni corsi d'acqua convergono verso la località *"Sa Salina Manna"*.

Le acque provenienti dal settore in cui è prevista l'ubicazione del serbatoio di "Is Arenas" si riversano in mare a Nord dello stagno di *"Is Benas"*.

I corsi d'acqua mostrano uno spiccato regime torrentizio con portate modeste nel periodo autunnale e scarse o nulle in quello estivo, fortemente condizionate dall'entità delle precipitazioni caratterizzate da un valore medio annuo al di sotto di 600 mm.

I deflussi seguono pertanto fedelmente le vicende degli afflussi meteorici e sono influenzati non solo dalla loro entità, ma anche e soprattutto dalla loro distribuzione nell'anno.

### b) Idrologia sotterranea

Il territorio in esame costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato e relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici. Sulla base dei diversi caratteri di permeabilità delle rocce, che si riflettono sull'andamento della circolazione idrica sub-superficiale e sotterranea, è possibile distinguere un complesso litologico che mostra dal punto di vista della permeabilità caratteristiche differenti.

In generale la parte impermeabile o scarsamente permeabile dei bacini è costituita dal complesso sedimentario argilloso dell'Olocene; una considerazione particolare meritano i filoni

basici affioranti nella parte settentrionale del settore di studio: essi infatti si insinuano fra le faglie originatesi in occasione dell'orogenesi alpina e si comportano allo stesso tempo come dighe per le falde sotterranee. Come zone di circolazione preferenziale possiamo individuare quei livelli costituiti da conglomerati, e depositi arenacei più o meno cementati e fratturati che si comportano come un acquifero semimpermeabile. Tale complesso possiamo considerarlo come scarsamente permeabile per porosità e subordinatamente per fessurazione con $10^{-4}<K<10^{-7}$ cm/sec.

Le alternanze anzidette, specialmente in corrispondenza dei litotipi permeabili per fratturazione, rappresentano le vie preferenziali di infiltrazione e di scorrimento delle acque meteoriche che vengono trattenute dagli orizzonti più argillosi permeabili o impermeabili.

## INDIVIDUAZIONE DELLE SUPERFICI DI INTERVENTO E VOLUMI ESTRATTI

Le Superfici sulle quali dovrà essere eseguito l'intervento, procedendo dal punto individuato col numero 1 all'interno della tavola 1 verso il serbatoio di "Is Arenas" e quello di "Capo Mannu" sono costituite nella seguente successione:

**A)** dal punto n° 1 al punto n° 6 il terreno che è stato oggetto di bonifica e al momento è utilizzato per usi agrari; la matrice argillosa messa in evidenza dal taglio stradale prossima al punto numero 2 denota la tipologia dei sedimenti in cui dovranno essere impostate le opere da progetto. Durante la fase di scavo bisognerà tener conto anche della presenza della falda freatica che la cui profondità è messa in evidenza dalla presenza di pozzi freatici prossimi all'area di studio e dal livello piezometrico dei corsi d'acqua. Nell'area indicata con il punto 3 nella tavola n° 1 la falda è posta a 2,5 metri dal piano di campagna. Questa profondità arriva a un 1,5 metri dal piano di campagna nell'area in cui la condotta in progetto dovrebbe attraversare il *"Canale Acque alte di Pala Bidda"*, mantenendo lo stesso livello almeno fino al punto indicato nella tavola 3 al n° 6.

Da considerare il fatto che il rilievo idrogeologico è stato eseguito a fine giugno, ragion per cui questi valori potrebbero variare a seconda del periodo dell'anno in cui dovrebbero essere eseguiti i lavori.

Per quanto concerne i volumi di materiale estratto lungo la condotta dal punto numero 1 fino ad arrivare al punto numero 6, stando agli studi deducibili attraverso le indagini geologiche, i rilievi di campagna e l'analisi dei tagli stradali e dei profili dei corsi d'acqua, considerando che il profilo di scavo profondo va da circa 3,0 metri a 3,5 metri vi sono in media: 2 metri di terreno vegetale, 60 cm di terreno alterato e per 60 cm da roccia lapidea. I risultati sono così riportati:

| DESCRIZIONE | VOLUMI % |
|---|---|
| terre | 81,75% |
| Roccia lapidea | 18,75% |

Al punto numero 6, come si evince dalla tavola 3 la condotta si dirama in 2 direzioni: una verso *"Capo Mannu"* e una verso il serbatoio da progetto di *"Is Arenas"*.

**B)** dal punto n° 6 al punto 8a la situazione è la stessa del tratto **A**, con la falda posta a 1,5 metri dal piano di campagna. Considerato che il profilo di scavo è analogo per tutti i tratti abbiamo le seguenti percentuali di materiale estratto:

| DESCRIZIONE | VOLUMI % |
|---|---|
| terre | 81,75% |
| Roccia lapidea | 18,75% |

**C)** dal punto 8a fino ad arrivare alla locatità di *"Capo Mannu"* la condotta attraversa un ambiente molto vario dal punto di vista geologico e quindi anche sulle tipologie di materiali estratti. Infatti fino ad arrivare a *"Putzu Idu"* vengono attraversati dei crostoni calcari teneri, raramente lapidei e travertinosi di ambientazione palustre (qt) e delle sabbie dunari più o meno cementate a resti di cervidi (qd). Successivamente, vengono attraversati sedimenti costituiti da alluvioni recenti ed attuali con aree acquitrinose quali quella di *"Sa Salina Manna"* prossima al cordone litorale in cui dovrà essere ubicata la condotta. Da questo punto si attraversano i sedimenti costituiti da arenarie e sabbie dunari con paleosuoli a vertebrati (pd), fino ad arrivare alla località di *"Capo Mannu"*. Dall'analisi delle percentuali dei volumi di scavo possono essere indicati i seguenti valori:

| DESCRIZIONE | VOLUMI % |
|---|---|
| terre | 55,00% |
| Roccia lapidea | 45,00% |

**D)** nel percorso che si sviluppa dal 6 all' 8b si procede passando da alluvioni antiche terrazzate (qa) a volte intercalate nei "filoni basaltici" (Bm), fino ad attraversare le sabbie e i conglomerati continentali "prebasaltici" (cgs) e un testimone di sedimenti calcarei organogeni e calcari detritici più o meno arenacei (mc).
In quest'area i volumi di scavo sono i seguenti:

| DESCRIZIONE | VOLUMI % |
|---|---|
| terre | 45,00% |
| Roccia lapidea | 55,00% |

## AUTORIZZAZIONI E VINCOLI

Autorizzazioni e licenze verranno richieste in funzione degli strumenti urbanistici adottati dall'amministrazione comunale locale ed agli enti competenti per quanto concerne materia di Ambiente, Acqua, Beni Archeologici e Demanio.

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Benché si tratti di un incarico volto a definire i soli parametri geologici e idrogeologici, al fine di poter dare delle indicazioni sull'idoneità dei siti per la realizzazione delle opere da progetto non si può prescindere da considerazioni di tipo geotecnico. Non essendo previste delle prove geotecniche in situ e di laboratorio ci si è avvalsi di indicazioni bibliografiche che sono state applicate al rilevamento geologico.

Per poter avere delle indicazioni sui parametri geotecnici relativi ai sedimenti in cui dovrebbero essere realizzate le opere da progetto si è deciso di utilizzare lo stesso metro di suddivisione individuato nel capitolo dedicato alle *superfici di intervento e ai volumi di materiale estratto*.

**A)** Dalle caratteristiche dell'area oggetto di studio riportano si deducono i seguenti parametri:

Dal punto 1 al punto 6 tutta l'area è interessata dalla presenza di una potente coltre di terreno vegetale che sovrasta i sedimenti argillosi su cui dovrebbero essere posizionati la condotta idrica e i partitori. Nell'area in questione la falda è individuata a una profondità di 2,5 metri nella località indicata col numero 3 (pozzo freatico in foto). Il livello della stessa tende a salire fino al punto in cui la condotta in progetto dovrebbe attraversare il *"Canale Acque alte di Pala Bidda"*, mantenendo lo stesso livello almeno fino al punto indicato nella tavola 3 al n° 6.

In corrispondenza dei livelli più argillosi e data la presenza della falda, è preferibile che vengano adottati degli accorgimenti (opere di sostegno) in virtù delle norme che regolano la sicurezza sui cantieri, come dovrà prevedere il piano redatto in base al D. Lgs. 494/96.

Visto che le caratteristiche geotecniche del terreno non sono proprio quelle ideali per la messa in posa delle opere da progetto; in mancanza di dati geotecnici relativi all'angolo di attrito interno, alla coesione e a prove di taglio o prove penetrometriche atte ad individuare la portanza dell'area oggetto di studio e la stabilità dei fronti di scavo; si consiglia di procedere a degli scavi profondi almeno sessanta cm rispetto a quelli previsti all'interno del progetto definitivo. Questa operazione consentirà di sostituire il terreno argilloso con uno strato di 60 cm di binder costipato in modo da precludere qualsiasi tipo di cedimento. Un altro aspetto da tenere in considerazione è la presenza dell'acqua all'interno degli scavi. Per questo motivo durante le fasi degli scavi si dovrà procedere a un loro prosciugamento costante. Questa operazione potrà essere eseguita dalle imprese appaltanti attraverso l'esecuzione di piezometri all'interno dei quali dovranno essere inserite delle elettropompe di potenza adeguata per fare in modo che il cono di emungimento raggiunga una quota inferiore rispetto a quella degli scavi. Un altro metodo meno oneroso potrebbe essere quello di creare lungo gli scavi delle altre trincee di drenaggio. Il prosciugamento di queste ultime consentirà di lavorare in condizioni ottimali. Le trincee dovranno comunque raggiungere delle profondità maggiori rispetto a quelle degli scavi per la messa in opera delle opere da progetto (vedi schema allegato).

Nell'area indicata nella carta geologica col numero 3 è stata messa in evidenza la presenza di una condotta dell'ESAF esistente. Considerata la natura argillosa del terreno e il fatto che il bulbo delle pressioni della condotta esistente possa essere condizionato dalle operazioni di scavo dovute alla realizzazione di quella in progetto, sarà opportuno distanziarsi da essa di almeno 3,5 metri.

**B)** dal punto n° 6 al punto 8a la situazione è la stessa del tratto **A**, con la falda posta a 1,5 metri dal piano di campagna. Quindi possiamo indicare le stesse considerazioni sopra esposte.

**C**) Come descritto nel precedente capitolo dal punto 8a fino ad arrivare alla locatità di *"Capo Mannu"* la condotta attraversa un ambiente molto vario dal punto di vista geologico. Infatti fino ad arrivare a *"Putzu Idu"* vengono attraversati dei crostoni calcari teneri, raramente lapidei e travertinosi di ambientazione palustre (qt) e delle sabbie dunari più o meno cementate a resti di cervidi (qd). In quest'area, benché valgono le stesse considerazioni di tipo idrogeologico fatte per i i punti **A** e **B**, non è necessario utilizzare il binder costipato da posizionare al di sotto delle opere descritte in progetto.

Successivamente, vengono attraversati sedimenti costituiti da alluvioni recenti ed attuali con aree acquitrinose quali quella di *"Sa Salina Manna"* prossima al cordone litorale in cui dovrà essere ubicata la condotta. Trattandosi di intercalazioni di livelli sabbiosi e argillosi, anche lungo questi scavi è opportuno posizionare del binder come descritto per il punto **A**.

Da questo punto in poi si attraversano i sedimenti costituiti da arenarie e sabbie dunari con paleosuoli a vertebrati (pd), fino ad arrivare alla località di *"Capo Mannu"*. Le caratteristiche di questi materiali non sono ottime, ma sufficienti per le opere descritte in progetto.

**D**) Nel percorso che si sviluppa dal punto 6 all' 8b si procede passando da alluvioni antiche terrazzate (qa) a volte intercalate con " filoni basaltici" (Bm), fino ad attraversare le sabbie e i conglomerati continentali "prebasaltici" (cgs) e un testimone di sedimenti calcarei organogeni e calcari detritici più o meno arenacei (mc). Anche in questo caso le caratteristiche di questi materiali non sono ottime, ma sufficienti per le opere descritte in progetto.

***Durante i sopralluoghi eseguiti nell'area in esame non sono stati individuati cedimenti rilevanti, viceversa sono state rilevate forme di erosione diffusa dovute al ruscellamento delle acque superficiali in corrispondenza delle zone di maggiore acclività.***

Per la messa in opera dei partitori, dei serbatoi e degli impianti di sollevamento la soluzione migliore per la tipologia di costruzione impostata sul terreno su descritto è una fondazione continua, poggiante ad almeno 3,00 metri dal piano di campagna attuale.

Per fondazioni superficiali dove $D \leq B$ e per suoli a forte componente argillosa, vista la tipologia di fondazione consigliata, i calcoli riferiti alle pressioni ammissibili sono stati elaborati attraverso la formula di Terzaghi:

| FORMULA DI TERZAGHI |
| --- |
| $Q_{ult} = Nc + \gamma D Nq + 0{,}5 \gamma B N \gamma$ |

Posto:

$B = 3{,}90$ m (larghezza fondazione continua)

$D = 3{,}00$ m (quota dal piano di posa attuale)

Assumendo:

$\gamma = 1{,}90$ t/m$^3$ ( Peso/volume sabbia – arenarie compatte)

$\varphi = 27°$ (angolo attrito)

$Nq = 15$ ( coefficiente di portata)

$N\gamma = 18$ ( coefficiente di portata)

| $Q_{ult} = 152$ t/m$^2$ circa |
| --- |

Avendo trascurato a sicurezza il contributo della coesione

Applicando un coefficiente di sicurezza uguale a 3

| Pressione ammissibile $\rightarrow P_{amm.} = 152/3 = 50$ t/m$^2$ circa |
| --- |

Convertendo in kg/cm$^2$ $\rightarrow P_{amm.} = 5{,}00$ kg/cm$^2$

## CARATTERISTICHE DI AGGRESSIVITA' DEI TERRENI

I fattori che influenzano la corrosione delle condotte metalliche interrate sono quasi tutti riconducibili alle caratteristiche chimico - fisiche del terreno. L'Ente non ha disposto nella fase di progettazione delle misure di resistività puntuali al fine di ottenere le relative informazioni sul potenziale fenomeno di corrosione elettrochimica sui metalli delle condotte, più precisamente in ghisa sferoidale. Nonostante ciò, vista la presenza della falda alla quota in cui dovranno essere posizionate le condotte e considerata l'elevata salinità delle stesse (tutta l'area è interessata dalla presenza di specchi d'acqua salmastra), i valori in Ohm * cm sono sicuramente al di sotto di 2300. I terreni presentano caratteristiche di aggressività a causa della bassa resistività dovuta all'elevato tenore di solfati e soprattutto di cloruri.

## CONCLUSIONI

Presa visione del progetto denominato *"Adeguamento progetto esecutivo della condotta di alimentazione della zona costiera"*, dall'analisi geologica, geomorfologia, idrogeologica e geotecnica del tratto in cui è prevista l'esecuzione dei lavori, eseguite ai sensi del D.M. L.L. P.P. 11.03.88, oltre a quanto prescritto dalla legge 109/1994 e sue successive modificazioni e integrazioni, nonché al suo regolamento di attuazione di cui al D.P.R. n°554/99 si desume quanto segue:

- L'area in cui deve essere messa in opera la rete di distribuzione giace in parte direttamente sui sedimenti argillosi e sabbiosi quaternari e per una piccola parte sui sedimenti terziari;
- Il substrato di fondazione in cui dovranno essere situate le opere da progetto è costituito da un basamento prevalentemente argilloso;
- Le caratteristiche geotecniche in R.Q.D. sono buone nelle arenarie e nelle calcareniti, abbastanza scadenti nelle argille dei depositi quaternari, ma per le caratteristiche del progetto sono sufficienti anche in virtù degli **accorgimenti tecnici indicati in relazione**;
- Il piano di posa delle opere inserite in progetto suggerito è di 3,0 metri circa. Come su descritto in alcuni tratti la condotta non poggerà direttamente sui sedimenti autoctoni, ma su un letto di binder atto a garantire la portanza del terreno.

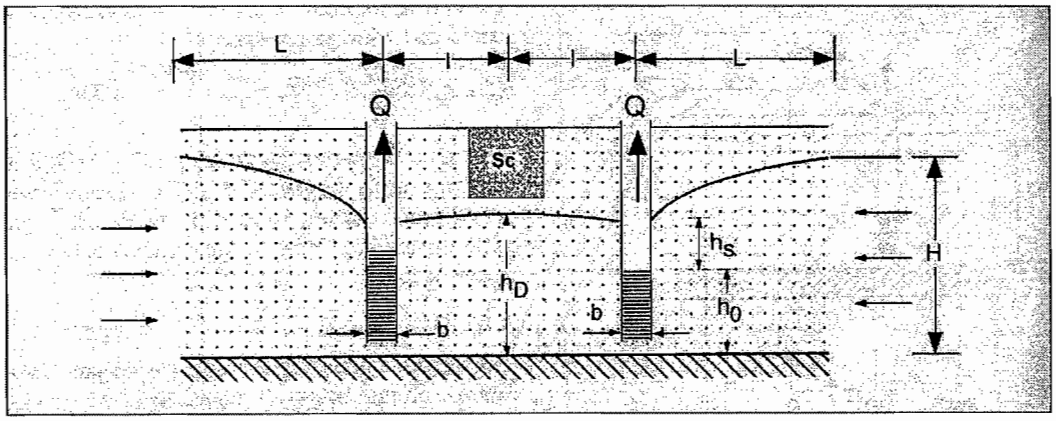
Al fine di una corretta esecuzione delle opere in progetto, affinché possano essere riscontrate eventuali anomalie geologiche e idrogeologiche non emerse attraverso il rilevamento geologico, sarà opportuna la presenza del geologo durante l'esecuzione dei lavori.

Cagliari li, 7 Luglio 2004

**IL TECNICO**
Dott. Geol. Alberto Cappai

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 580 Dott. Geol. ALBERTO CAPPAI

## Schema di due trincee o piezometri drenanti affiancati




**Q = portata in uscita dreno**

**b = diametro dreno**

**H = altezza falda freatica**

**hs = abbassamento all'interno del dreno**

**h0 = altezza falda all'interno del dreno**

**hD = altezza falda negli scavi**

**Sc = scavi**