



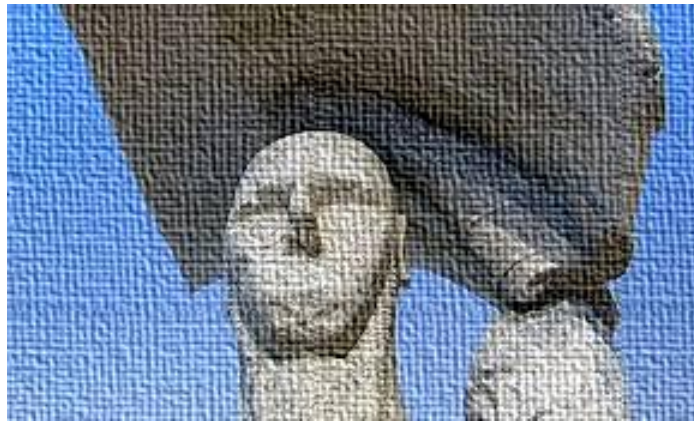
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'AGRICOLTURA E REFORMA AGRO-PASTORALE
ASSESSORATO DELL'AGRICOLTURA E RIFORMA AGRO-PASTORALE

CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

DPGRS N° 239 del 04.12.96
Via Cagliari, 170 – 09170 ORISTANO

REALIZZAZIONE DELLA RETE IRRIGUA DEL DISTRETTO DI SINIS SUD (AREA A RISCHIO SALINIZZAZIONE)



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA CAT P0318

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO RELAZIONE GEOLOGICA

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Roberto Sarra

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giorgio Bravin



1 MAR. 2019

ALL.

5.1.2

DATA: ottobre 2018

REV:

REV:

REV:

REV:

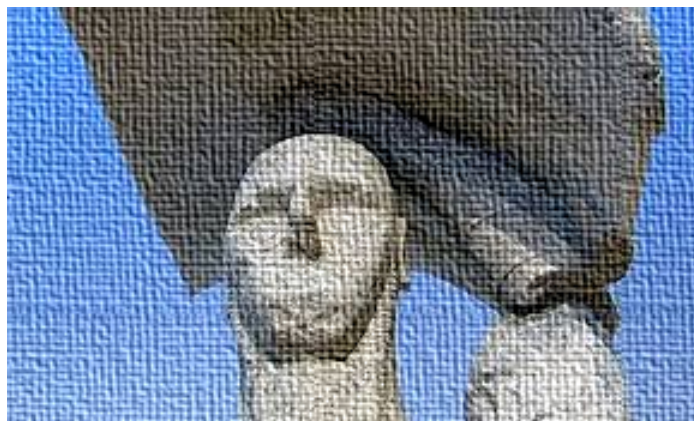


REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE S'AGRICOLTURA E REFORMA AGRO-PASTORALE
ASSESSORATO DELL'AGRICOLTURA E RIFORMA AGRO-PASTORALE



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
DPGRS N° 239 del 04.12.96
Via Cagliari, 170 – 09170 ORISTANO

REALIZZAZIONE DELLA RETE IRRIGUA DEL DISTRETTO DI SINIS SUD (AREA A RISCHIO SALINIZZAZIONE)



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA CAT P0318

INDAGINI GEOLOGICHE-GEOTECNICHE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA ELABORATO: **RELAZIONE GEOLOGICA**

GEOLOGO:
Dott. Marco Marcato

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Roberto Sanna

TAV.

1.2

DATA: settembre 2018

SCALA: VARIA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giorgio Bravin

REV:

REV:

REV:

1. PREMESSA

Al sottoscritto Geologo Marco Marcato è stato affidato dal Consorzio di Bonifica dell'Oristanese con sede legale in Oristano Via Cagliari, n. 170 con Determinazione Dirigenziale n. 71 del 25 Giugno 2018 e relativo contratto Rep. N. 14/2018 stipulato in data 04.07.2018, l'incarico per la redazione dello studio geologico e delle indagini geologiche-geotecniche relativo al progetto di Realizzazione della rete irrigua del Distretto di Sinis Sud. La presente relazione s'inserisce all'interno del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (generale) per la realizzazione della rete irrigua del Distretto del Sinis Sud alla quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti.

Come meglio illustrato nella relazione descrittiva dell'intervento ed ambientale, con l'esecuzione del progetto s'intende completare l'impianto irriguo Consortile in modo da consentire uno sviluppo considerevole dell'attività agricola dell'area con importante ricaduta economica per l'intero territorio. Inoltre la realizzazione dell'intervento consentirà di evitare il ricorso all'emungimento della falda tramite pozzi, in quanto la falda freatica si trova attualmente già in stato di forte compromissione per eccessivo emungimento con progressivo ingresso del cuneo salino e rischio di salinizzazione anche dei suoli.

In considerazione della tipologia di lavoro che interessa una notevole lunghezza della condotta attraversando diversi Comuni anche a una certa distanza uno dall'altro, nella presente fase preliminare si è dato avvio all'esecuzione del seguente programma lavori:

- RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI;
- INDAGINI GEOLOGICHE PRELIMINARI;
- CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO;
- ESECUZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI.

RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI;

Al fine di ricostruire un'accurata descrizione dell'area d'intervento e raccogliere la documentazione necessaria a impostare ulteriori indagini e per la successiva fase di progettazione, sono state raccolte le informazioni storiche reperibili, inerenti l'attività d'indagine preesistente nonché la vincolistica e caratterizzazione del sito e dell'ambiente circostante.

INDAGINI PRELIMINARI;

Le indagini geologiche preliminari sono state eseguite tramite il rilevamento diretto superficiale dell'area i cui risultati sono stati descritti nel paragrafo corrispondente.

CARATTERIZZAZIONE DEL SITO.

L'esame della progettazione preliminare eseguita dal gruppo di lavoro del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese, tenuto conto degli elementi conoscitivi a disposizione, ha consentito l'individuazione dei punti con maggior interazione sul terreno e dell'area d'intervento.

PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.

Al fine del rilevamento delle caratteristiche del sottosuolo, in relazione all'interazione sul terreno di sottofondo ed alla profondità prevista delle opere di progetto, si è eseguito il piano delle indagini geognostiche in sito e delle prove di laboratorio presentato in data 02 Agosto 2018 ed approvato dal Dirigente del Consorzio Ing. Roberto Sanna in data 14 Agosto 2018. Il piano è stato finalizzato alla verifica del rilevamento superficiale nonché definire, integrare e/o confermare i dati relativi alle caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche profonde dell'area d'intervento.

La previsione ed esecuzione del Piano è stata effettuata in relazione alle caratteristiche geologiche del sito ed alla tipologia progettuale e dimensionale preliminare delle opere da realizzare fornite dai Progettisti, sulla base dei quali è stato individuato il punto d'indagine prioritario con indicazione delle coordinate geografiche che sono state confermate in fase di esecuzione.

Il presente studio geologico ha fatto quindi riferimento alla raccolta di dati bibliografici e cartografici d'inquadramento, dai risultati ottenuti durante il rilevamento geologico superficiale di campagna, dalla verifica stratigrafica dei pozzetti geognostici profondi, dagli esiti delle analisi di laboratorio.

L'analisi del progetto di fattibilità tecnico-economica, ha individuato le eventuali interazioni sul terreno e le problematiche geologiche connesse alla realizzazione del progetto.

In relazione a quanto evidenziato la presente relazione geologica è stata eseguita secondo la normativa vigente in materia, in particolare il D.M. 04.05.1990; L. 2.02.1974 n. 64; D.M. 11.3.1988; L. 25.11.1962, n. 1684; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 14.01.2008; D. LL. PP. 15.05.1985; D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163 e ss. mm. ii.

Sulla base di quanto previsto dal Decreto Ministeriale LL. PP. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la 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" e Circolare esplicativa del 24-09-1988 n° 30483 ad esso riferita, la presente relazione geologica e descriverà la definizione dei seguenti aspetti:

- Le caratteristiche geologiche generali, quali successione litostratigrafica locale con definizione della genesi e distribuzione spaziale dei litotipi nei pressi delle opere da realizzare;
- natura dei litotipi, loro grado d'alterazione e degradabilità;
- lineamenti geomorfologici della zona, processi morfogenetici e loro tendenza evolutiva;
- circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- le caratteristiche ed il comportamento di manufatti esistenti nei dintorni.
- ricostruzione del modello geologico attraverso l'utilizzo e l'analisi dei dati e dei riferimenti bibliografici, l'osservazione di sezioni naturali e artificiali presenti all'interno della zona d'intervento, i risultati del rilevamento stratigrafico dei pozzetti geognostici e delle prove di laboratorio;

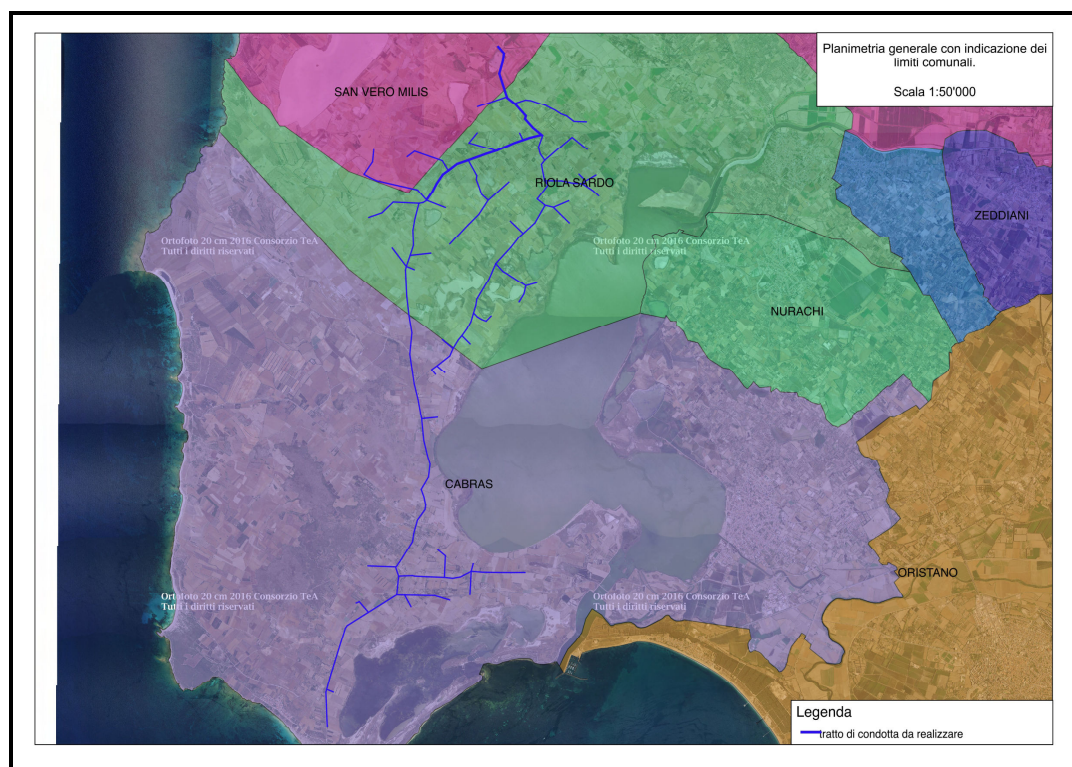
Nella presente relazione si fa riferimento agli allegati:

1. Elaborati cartografici;
2. Risultati delle indagini Geognostiche;

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.

Sulla base dei dati progettuali forniti dal gruppo di lavoro del consorzio di Bonifica dell'Oristanese, si è individuato l'inquadramento geografico delle aree d'intervento evidenziato negli elaborati cartografici Tavola 1 e Tavola 2 allegati.

L'intervento si sviluppa nei Comuni di Riola Sardo, San Vero Milis e Cabras e consiste nella realizzazione di una rete irrigua nell'area denominata Sinis Sud:



Planimetria (fuori scala) dei limiti comunali con in evidenza il tracciato delle condotte in progetto

L'area d'intervento si trova all'esterno dei centri abitati dei comuni interessati, segue parzialmente strade sterrate comunali o di Bonifica e la Strada Provinciale Cabras –San Giovanni di Sinis, parzialmente le condotte s'inseriscono in terreni privati.

Il tracciato in progetto è facilmente raggiungibile dalle strade esistenti o comunque in considerazione della morfologia esistente non sarà necessaria l'apertura di nuovi tracciati stradali se non piste di cantiere temporanee facilmente accessibili dai mezzi di lavoro.

Lo stato attuale dell'area di progetto è caratterizzato dai seguenti elementi strutturali e geologici rappresentativi:

- Strade con manto bituminoso asfaltato messo in opera parzialmente su materiale di riporto costituito da tout-venant di cava a granulometria varia;
- Strade sterrate su materiale in posto;
- Presenza di fabbricati rurali di piccole dimensioni costituiti da un piano fuori terra con destinazione agricola;
- Vicinanza di aree archeologiche;
- Presenza di pozzi esistenti;
- Terreni a vocazione agricola parzialmente coltivati e/o incolti e/o destinati a pascolo;

GEOLOGO MARCO MARCATO

Nelle opere esistenti interessate dall'intervento non si evidenziano cedimenti del terreno di fondazione, lesioni o crepe strutturali nei fabbricati, ne sono stati rilevati interventi di stabilizzazione di fenomeni franosi in atto o potenziali costituiti da muri od altre opere di sostegno in relazione alla presenza di fenomeni franosi attivi nell'area di progetto.

Parte dell'area di progetto è riprodotto nei seguenti elaborati fotografici che evidenziano in modo rappresentativo lo stato dei luoghi, l'inquadramento geografico ed il contesto ambientale esistente:



Foto d'inquadramento con dettaglio della strada Provinciale interessata dal progetto.



Foto d'inquadramento dei terreni agricoli interessati dal progetto attualmente forniti da pozzi.



Foto d'inquadramento dei terreni a vocazione agricola ma incolti interessati dal progetto.



Foto d'inquadramento dei terreni interessati dal progetto nello sfondo il torrino in località "Pauli Cherchi".

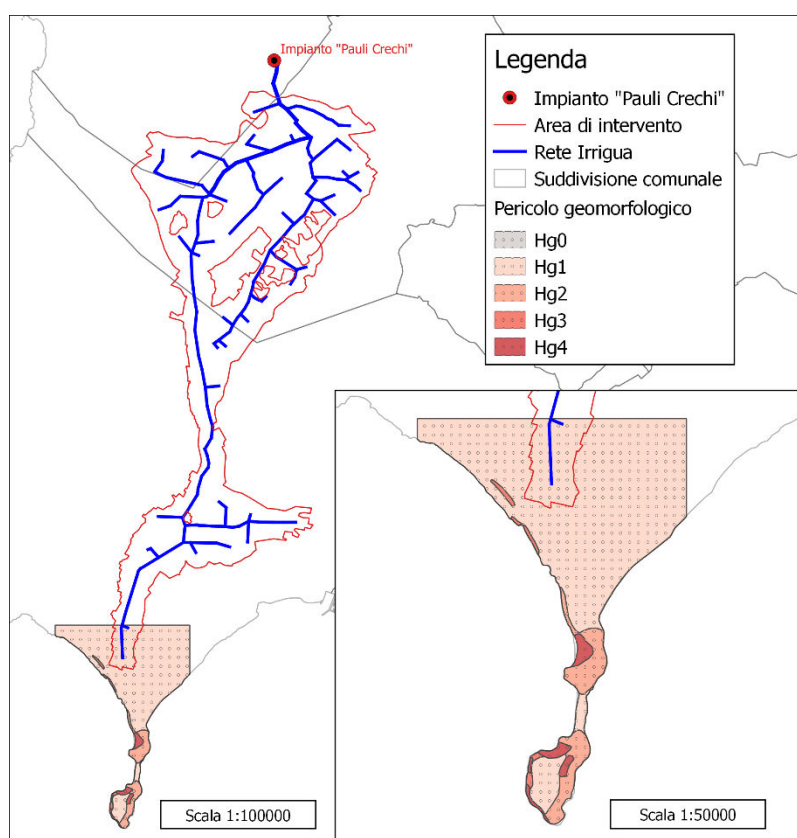
Come evidenziato negli elaborati precedenti, si evidenzia come la messa in opera delle condotte in gran parte non interesserà l'attraversamento di tratti stradali asfaltati.

3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO.

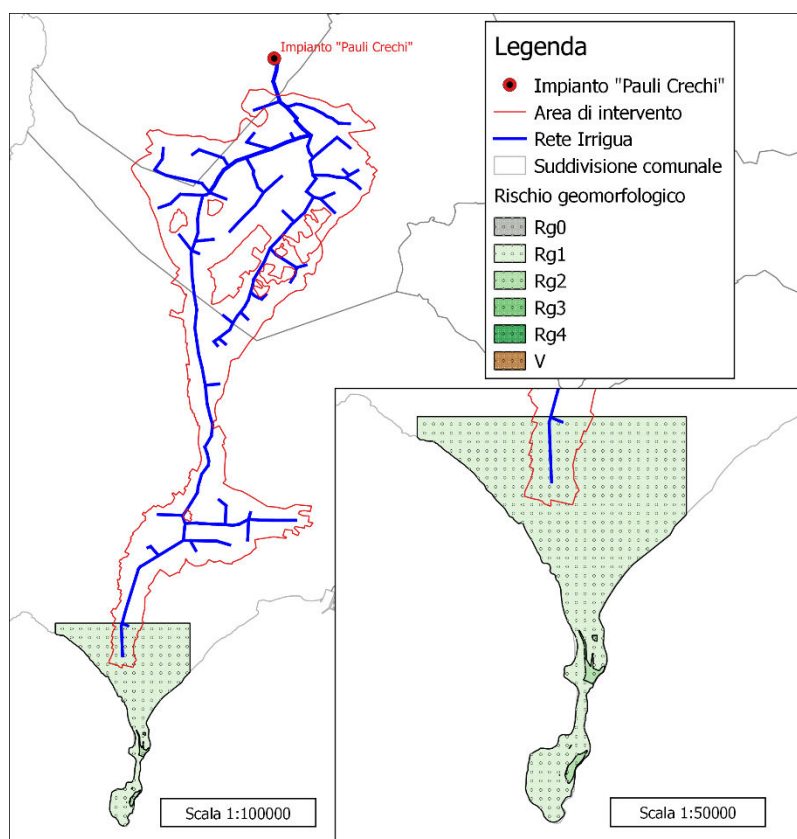
L'inquadramento vincolistico ha preso in considerazione:

- Il Piano stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Autonoma della Sardegna "Assessorato dei Lavori Pubblici" approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. n. 67 del 10.07.2006;
- Verifica del Piano eseguito dal Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni della Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ed approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 10/03/2010.
- Modifiche alle Norme di Attuazione del PAI approvate con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 27.02.2018;
- Varianti e studi comunali approvati ai sensi delle norme di attuazione aggiornate con Decreto del Presidente della regione Sardegna n. 148 del 26 Ottobre 2012;
- Piano Stralcio delle fasce fluviali approvato in via definitiva con Delibera n. 1 del 20.06.2013 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna.

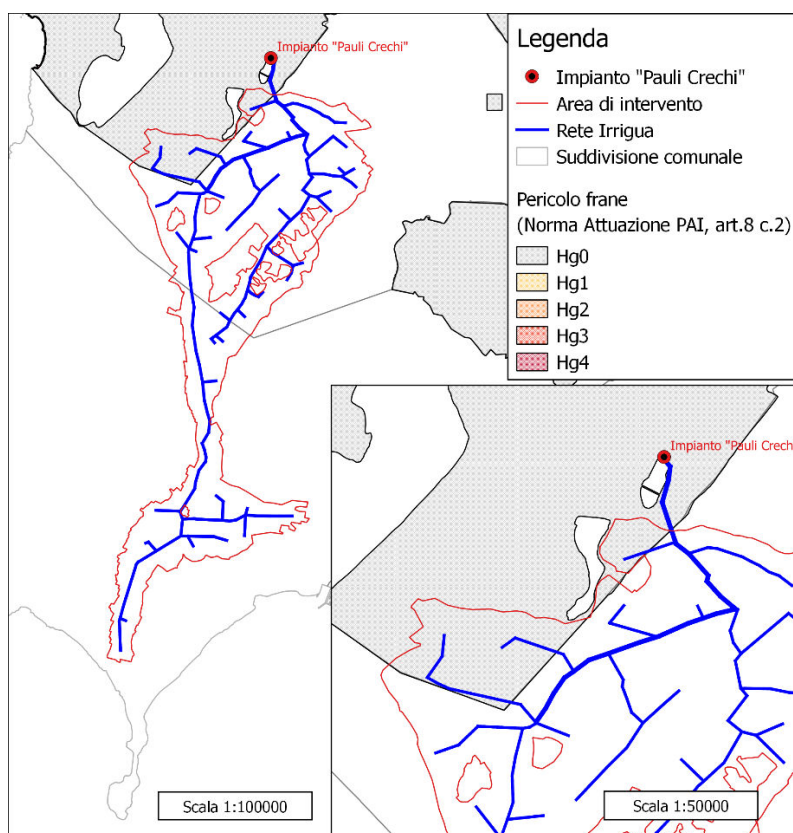
Di seguito la sovrapposizione dei vincoli PAI di tipo geomorfologico con il tracciato in progetto:



Carta del Pericolo Geomorfologico con sovrapposizione del tracciato in progetto



Carta del Rischio Geomorfologico con sovrapposizione del tracciato in progetto



*Carta pericolo frane Norme di attuazione PAI art. 8 c. 2 con sovrapposizione del tracciato in progetto
(Comune di San Vero Milis)*

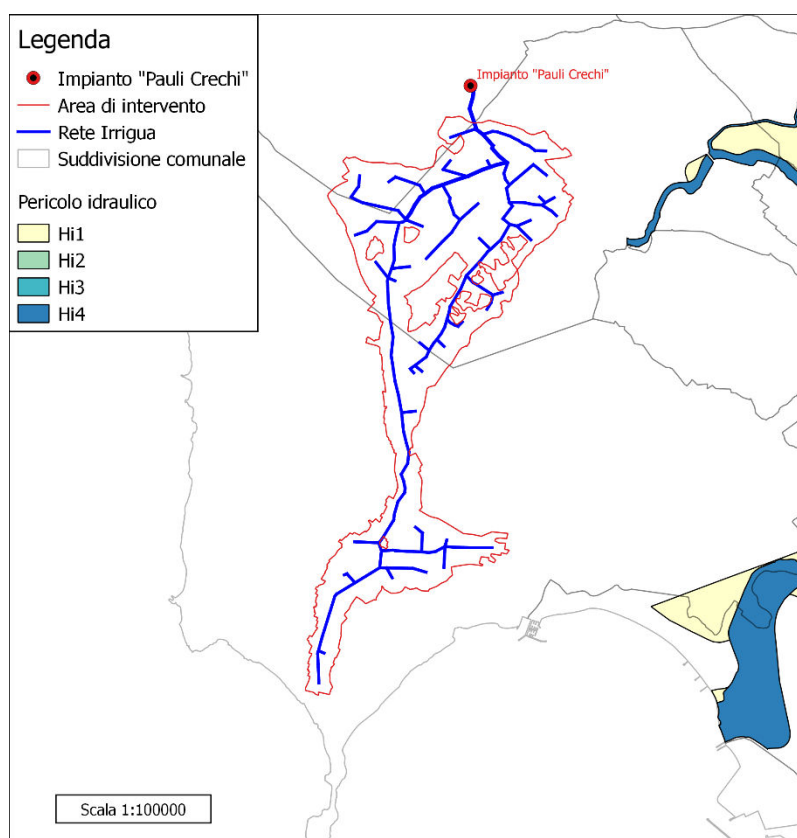
Dalle mappe di pericolo e rischio geomorfologico si evince la presenza di un vincolo intercettato nella parte meridionale del progetto della rete, in particolare in località San Giovanni di Sinis con un'estensione di circa 60 ha, con indice di pericolosità Hg1 e di rischio Rg1 e nella parte Nord in Comune di San Vero Milis con un'estensione di circa 240 Ha con pericolo di frane basso Hg0.

La disciplina delle aree a pericolosità moderata da frana (Hg1) è riportata sull'articolo 34 del PAI:

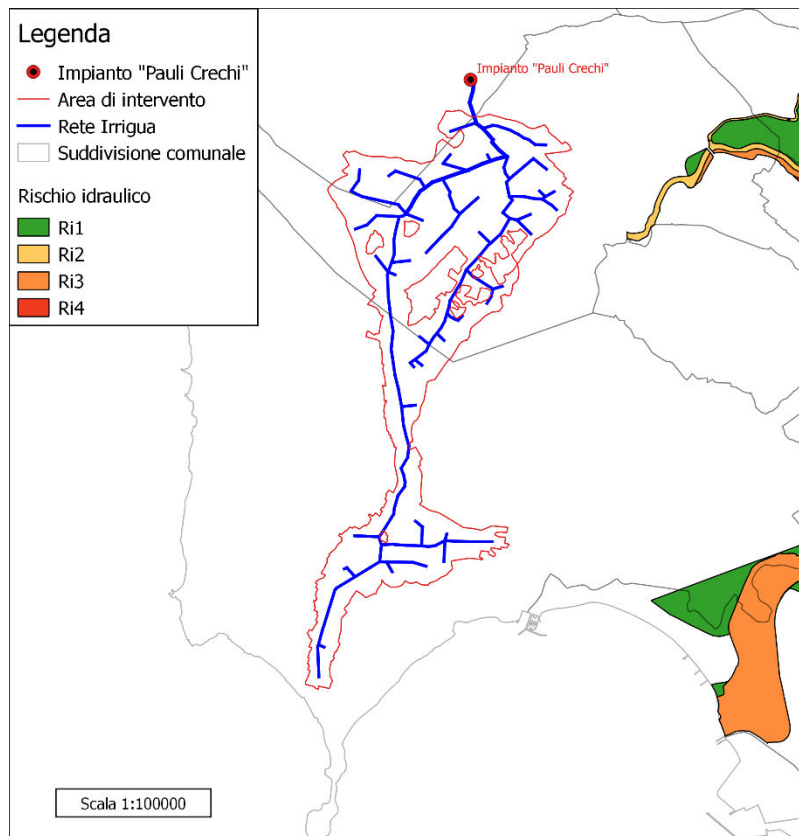
"Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi."

Ne deriva che per quanto riguarda il rischio da frana non sono previste limitazioni d'uso per le aree interessate dal progetto.

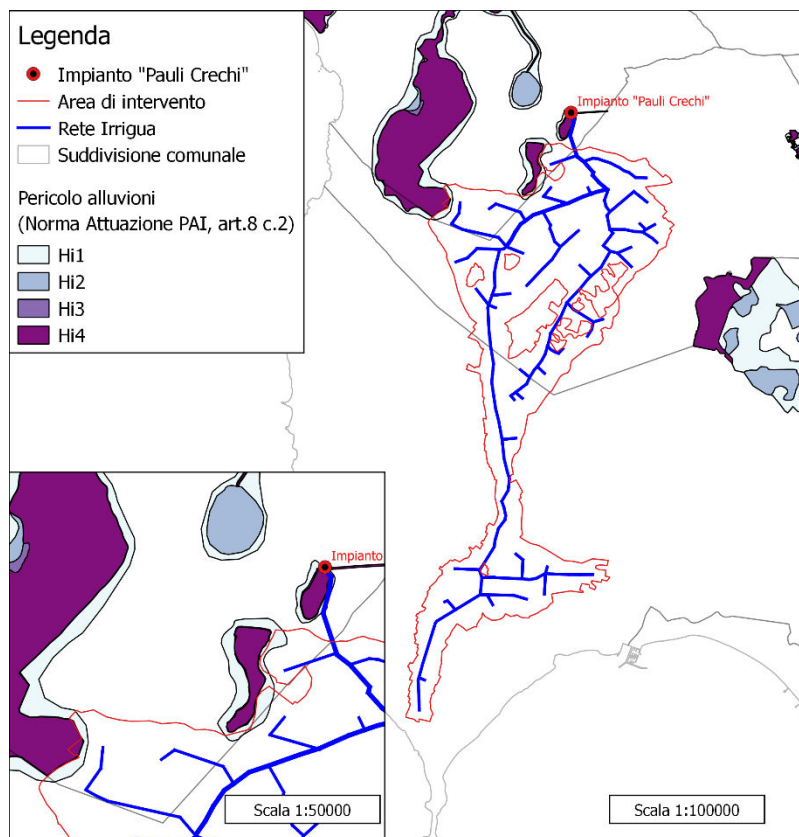
Per quanto riguarda il rischio idraulico l'area d'intervento non risulta interessata da perimetrazioni a rischio:



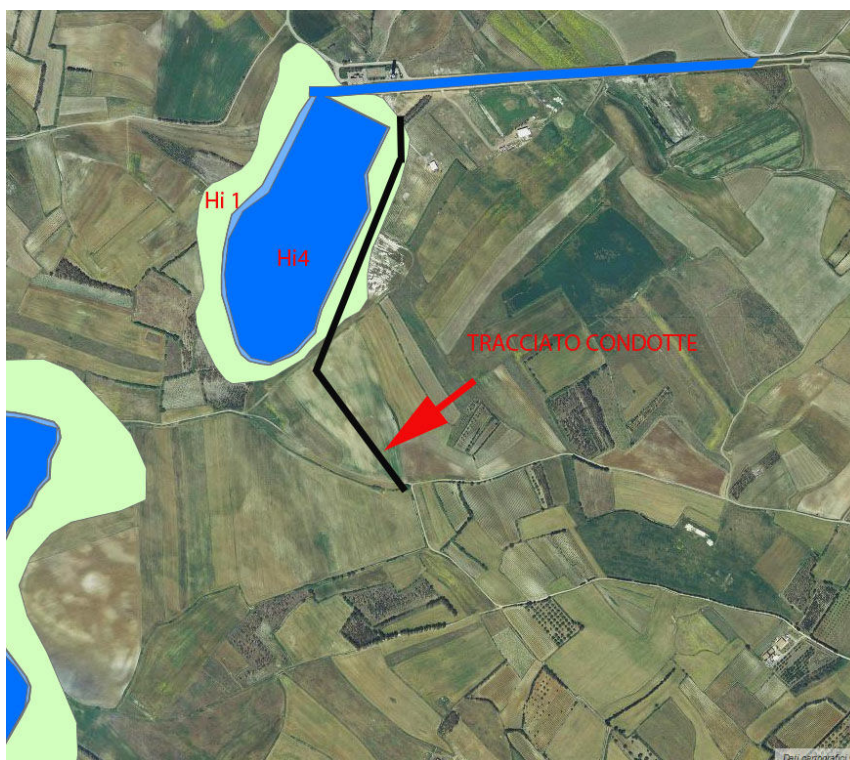
Carta pericolo idraulico con sovrapposizione del tracciato in progetto.



Carta Rischio idraulico con sovrapposizione del tracciato in progetto.



*Carta pericolo alluvioni Norme di attuazione PAI art. 8 c. 2 con sovrapposizione del tracciato in progetto
(Comune di San Vero Milis)*



Stralcio carta fuori scala da www.geoportalesardegna.it con dettaglio in nero del tratto di condotta in località "Pauli Cherchi" che attraversa parzialmente una zona a pericolosità idraulica classificata Hi1. (Comune di San Vero Milis)

Di seguito viene riportato quanto previsto dall'articolo 30 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1):

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

Ne deriva che per quanto riguarda il rischio idraulico da PAI non sono previste limitazioni d'uso per le aree interessate dal progetto.

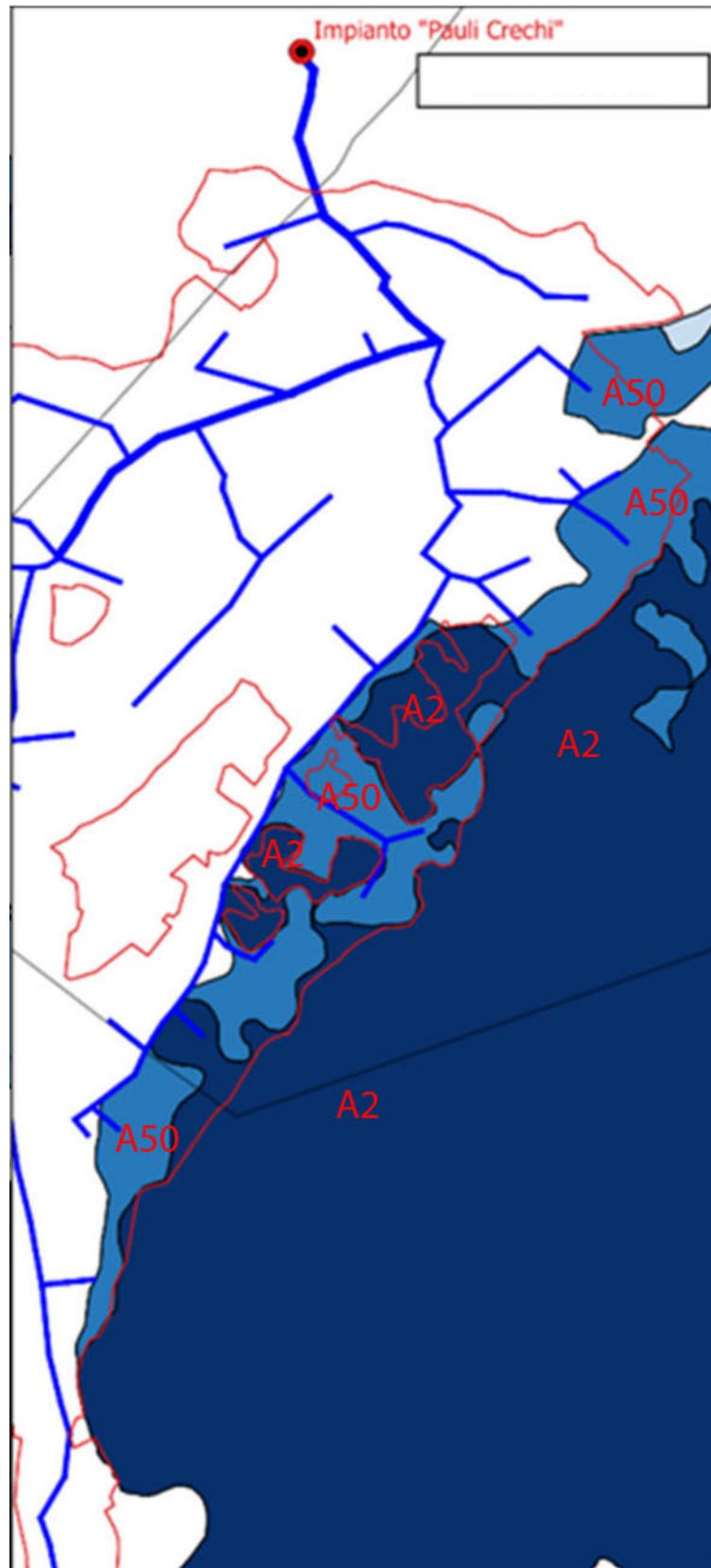
E' stata eseguita la verifica e sovrapposizione delle opere con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente con Deliberazione n. 2 del 17/12/2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ai sensi della L.R. n. 28 del 09/11/2015, e pubblicata nel BURAS n. 58 del 19/12/2015.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed un'integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza

idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.



Carta Piano Stralcio delle Fasce fluviali con sovrapposizione del tracciato in progetto.



Dettaglio (fuori scala) della Carta Piano Stralcio delle Fasce fluviali con sovrapposizione in colore blu del tracciato in progetto.

Il corso d'acqua sorgente di rischio alluvione è il Riu di Mare Foghe, appartenente al sub bacino del Tirso, l'area allagabile con $2 < Tr < 50$ anni è di 232.40 ha, mentre per la classificazione $Tr < 2$ anni è di 72.5 ha.

In relazione alla deliberazione n. 2 del 17.12.2015 dell'Autorità di Bacino Regionale della Regione Sardegna art. 3:

c) *alle aree di pericolosità idraulica individuate dal PSFF con tempo di ritorno pari a due anni è assegnata la classe di pericolosità (Hi4) e conseguentemente le relative prescrizioni imposte dalle Norme di Attuazione del P.A.I..*

Le Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) al CAPO II "Aree di pericolosità idraulica", art. 27 "Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)", riportano al punto 3:

"In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- a. *gli interventi di manutenzione ordinaria;*
- b. *gli interventi di manutenzione straordinaria;*
- c. *gli interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche;*
- d. *gli interventi di adeguamento per la sicurezza di esercizio richiesti da norme nazionali e regionali;*
- e. *gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;*
- f. *la ricostruzione di infrastrutture a rete distrutte o danneggiate da calamità naturali, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;*
- g. *le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;*
- h. *allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;*
- i. *i nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati nelle porzioni libere interne degli impianti cimiteriali esistenti;*
- l. *nuove infrastrutture, strutture di servizio ed insediamenti mobili, preferibilmente provvisori, destinati ad attrezzature per il tempo libero, la fruizione occasionale dell'ambiente naturale, le attività sportive e gli spettacoli all'aperto."*

A seguito di tale classificazione una piccola parte del tracciato risulta classificato con pericolosità idraulica Hi4 per cui l'intervento consentito nelle condizioni sopra riportate dovrà essere sottoposto a verifica di compatibilità idraulica.

4. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.

Gli interventi previsti sono descritti nel dettaglio nel Progetto di fattibilità tecnico-economica a firma del gruppo di lavoro del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese Progettista Ing. Roberto Sanna, che fa parte integrante della presente relazione geologica.

In sintesi l'intervento intende completare l'impianto irriguo dell'intera zona in modo da consentire la più ampia elasticità della destinazione colturale. La realizzazione dell'intervento consentirà di evitare il ricorso all'emungimento della falda tramite pozzi, in quanto questa si trova attualmente già in stato di forte compromissione con progressivo ingresso del cuneo salino.

La nuova rete verrà inserita nell'attività gestionale del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese che pertanto curerà l'erogazione del servizio irriguo sino alle prese comiziali alle quali le aziende agricole dovranno allacciarsi con proprie condotte; il CBO provvederà alla manutenzione e al costante mantenimento dell'efficienza della rete principale, di distribuzione alle prese comiziali e dell'impianto di sollevamento.

I principali obiettivi dell'intervento sono riportati nella tabella seguente.

Tipo Indicatore	Descrizione	Unità di Misura	Valore iniziale	Valore atteso
Realizzazione fisica	Portata erogata	l/sec	0,00	Max 1800
Occupazionale	Stabilizzazione delle aziende agricole	%	50	70
Risultato	Diminuzione salinità	ppm	1000	450

Valori degli indicatori

L'area di intervento è stata determinata tenendo conto dei seguenti fattori:

- la quantità di risorsa disponibile della principale infrastruttura di trasposto irriguo consortile rappresentata dal canale adduttore in dx del fiume Tirso, che sulla base delle simulazioni effettuate in regime di moto permanente è stata determinata in massimo 2 mc/sec;
- la massima altimetria delle aree da irrigare che, conformemente alle pressioni consegnate all'utenza in altri distretti irrigui del comprensorio di bonifica, non può essere maggiore di 17 m slm;
- l'altezza piezometrica pari 56 m slm consentita dalla vasca di carico in sommità dell'esistente torrino piezometrico del distretto di Sinis N.E. che verrà utilizzato per il funzionamento delle opere di I lotto;
- i limiti fisici costituiti - soprattutto a Est - dalla riva dello stagno di Cabras;
- la presenza di aziende agricole già strutturate e in piena attività che attualmente si approvvigionano, con un consistente impiego di risorsa, mediante pozzi profondi che stanno progressivamente causando la salinizzazione della falda artesiane e dei suoli agricoli.

Al fine di evitare cedimenti delle sedi stradali dovuti all'assestamento dei materiali di riempimento degli scavi il rinterro delle condotte sarà eseguito con tout-venant di adeguata classificazione geotecnica, lungo la S.P. sarà previsto il riempimento dei cavi con misto cementato.

La profondità di riferimento della posa in opera delle condotte è di 3 metri rispetto al piano di campagna.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.

Il territorio è stato rilevato sia utilizzando il Foglio n° 217 ORISTANO della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia) sia la carta Geologica d'Italia n. 528 Oristano alla scala 1:50.000.

Tale studio è stato integrato con il rilevamento superficiale diretto e l'esecuzione di pozzetti geognostici.

Nell'elaborato cartografico Tavola 5 e negli allegati *Risultati delle indagini geognostiche* sono rappresentati gli elaborati geologici rappresentativi dell'area di progetto ai quali si fa riferimento nel presente paragrafo.

Nel territorio in esame sono presenti prevalentemente i depositi quaternari, mentre le successioni sedimentarie e vulcaniche cenozoiche occupano aree limitate, è assente il Basamento metamorfico intrusivo tardo-ercinico.

DEPOSITI SEDIMENTARI DEL I CICLO MIOCENICO.

Sono depositi riconducibili alla Formazione di Ussana ed ai soprastanti Calcari di Villagreca che affiorano nella parte Nord-Occidentale del tracciato. La Formazione di Ussana è costituita da conglomerati con clasti subarrotondati di Quarzo, metamorfiti di dimensioni centimetriche fino al decimetro, l'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un sistema di conoide di riempimento di piana alluvionale. I Calcari di Villagreca si trovano al di sopra della Formazione di Ussana, è costituita da Calcareniti bioclastiche contenenti resti di molluschi, coralli e macrofossili in frammenti ma nel complesso la formazione si presenta compatta. L'ambiente di sedimentazione è marino costiero, scogliera corallina in condizioni di alta energia, lo spessore è variabile dai 5 ai 10 metri.

DEPOSITI SEDIMENTARI DEL III CICLO MIOCENICO.

All'inizio del Tortoniano (Miocene) si verifica una nuova trasgressione all'interno delle fosse tettoniche, le unità stratigrafiche presenti sono la Formazione di Capo San Marco, i Calcari Laminati del Sinis ed i Calcari di Torre del Sevo che affiorano nella parte occidentale dell'area di progetto.

La Formazione di Capo San Marco è una successione Marnoso-carbonatica della potenza di circa 50 metri con alla base un'unità di argille grigio-scure del Tortoniano (Miocene) mediamente addensate della potenza di 1-2 metri, mentre al tetto è rilevabile il contatto con i Calcari del Sinis il cui passaggio è evidenziato da un livello biocalcarenitico. I calcari del Sinis sono costituiti da un'alternanza di Calcari Bianchi e Marne Calcaree con stratificazione piano-parallela depositati in bacini evaporitici, generalmente privi di fossili, l'età della Formazione è riferibile al Messiniano (Miocene), lo spessore è dell'ordine di 8-10 metri. In modo discontinuo si alternano i Calcari Laminati del Sinis, di colore biancastro, intensamente fratturati con direzione NW-SE e sub-verticali presumibilmente per azione tettonica distensiva. I Calcari di Torre del Sevo consistono in calcari e Calcari-Dolomitici, biancastri stratificati, compatti, spesso brecciati più o meno intensamente. Sin alcuni punti si è rilevato durante l'esecuzione di pozzetti geognostici alla profondità di circa 1-2 metri senza stratificazione regolare ma con strati deformati e brecciati, lo spessore è dell'ordine di 10 metri, talvolta intervallati con argilliti che riempiono cavità di alterazione carsica, questa formazione è considerato l'ultimo deposito Miocenico.

SUCCESSIONE VULCANICA PLIOCENICA.

Nella parte meridionale del tracciato (PLIO_1) affiorano le vulcaniti compatte basaltiche che costituiscono un espandimento tabulare poco esteso, della potenza dell'ordine della decina di metri, con fenocristalli di plagioclasio, la massa di fondo è costituita da plagioclasio, Olivina e rari ossidi.

DEPOSITI QUATERNARI

I depositi Quaternari sono stati distinti in tre sistemi pre-olocenici principali separati da superfici di erosione corrispondenti a fasi di incisione e terrazzamento:

- Il sistema del Faro (Pliocene Superiore-Pleistocene inferiore);
- Il Sistema di Serra de su Pranu (Pleistocene Medio);
- Sistema di Portovesme (Pleistocene Superiore)

Nell'area rilevata affiora ad Ovest solo il Sistema di Portovesme (PLE_1), questo è costituito da sedimenti marini e continentali depositati nella fase fredda Pleistocenica, costituiti da sedimenti variabili da sabbiosi a ghiaiosi anche grossolani fino a blocchi, i ciottoli sono di composizione Quarzosa, granito, basalto e Calcarea, ricoperti da sedimenti eolici, localmente passano ad arenarie e lastre di Calcareniti fossilifere. In successione ed integrato alla precedente si passa a depositi di spiaggia antichi (PLE_2) costituiti da sabbie ed arenarie da mediamente addensate a compatte riferibili ad ambiente di spiaggia emersa e sommersa e di laguna costiera, lo spessore è variabile localmente ma mediamente dell'ordine di 5-6 metri.

I depositi attuali Olocenici sono i seguenti:

- Depositi palustri (OLO_1);
- Coltri Eluvio-Colluviali (OLO_2);
- Depositi alluvionali terrazzati (OLO_3);

I depositi alluvionali affiorano nella parte centrale del tracciato in corrispondenza della strada Provinciale, sono costituiti prevalentemente da ghiaie medie e fini a spigoli sub-angolosi e sub-arrotondati, localmente intercalate a lenti e livelli di sabbie grossolane in alternanza con limi sabbiosi. Talvolta la frazione sabbiosa diviene predominante e le ghiaie costituiscono invece lenti. I sedimenti più grossolani caratterizzano la parte superiore delle conoidi, la composizione dei clasti è costituita in prevalenza da vulcaniti terziarie, Quarzo e magmatiti erciniche. Questi depositi sono posti ai lati degli alvei attivi e dei tratti di alveo regimati e non sono interessati dalle dinamiche fluviali tranne i casi di eventi meteorici eccezionali, è probabile la loro messa in posto in antichi tracciati fluviali come riempimento dei paleo-alvei, lo spessore medio è di circa 5 metri.

Le Coltri Eluvio-Colluviali costituiscono coltri alla base dei rilievi, affiorano alla base del tavolato basaltico sul versante a debole pendenza come prodotto dell'alterazione e rimaneggiamento della formazione. Si tratta di depositi clastici la cui frazione sabbiosa e siltosa è spesso dominante e si presenta in livelli più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica, sono presenti elementi più grossolani, come detriti da fini a medi in quantità subordinata. Il loro spessore non supera in genere i 3 metri.

I Depositi palustri sono costituiti da Limi ed Argille limose ricche di sostanza organica localizzati ai bordi dello stagno e nelle lagune attuali e bonificate, infatti le lagune occupavano in passato aree più vaste di quelle attuali ed essendo state bonificate tramite canalizzazioni i loro sedimenti si ritrovano anche in punti non cartografati attualmente come stagno o lagune. Il rilevamento ha evidenziato la presenza superficiale di questi depositi nella parte Occidentale del tracciato, ma compaiono talvolta in altri punti alla profondità dell'ordine del metro. Questi sedimenti limo-argillosi sono di colore grigio scuro, ricchi di sostanza organica talvolta indecomposta, poggiano su diverse unità in modo disomogeneo, il loro spessore medio è dell'ordine di qualche metro ma può arrivare a potenze maggiori.

I principali lineamenti tettonici derivano dall'evoluzione deposizionale Plio-Quaternaria legata sostanzialmente allo sviluppo ed al riempimento del Graben del Campidano di cui la Penisola del Sinis rappresenta il settore Nord-Orientale, infatti le strutture più antiche non affiorano perché ricoperte da estese e potenti coltri alluvionali del Quaternario. Le strutture tettoniche più importanti sono riconducibili sostanzialmente a sistemi di faglie dirette ed alle fratturazioni ad esse connesse che coinvolgono le formazioni terziarie ma non quelle Quaternarie. Nella parte Settentrionale sono state rilevate faglie dirette orientate rispettivamente NNW-SSE e NW-SE che interessano le vulcaniti ed i sedimenti Oligocenici.

Da un punto di vista morfologico il territorio rilevato è nel complesso pianeggiante caratterizzato dalle seguenti unità:

- Morfologia fluviale e piana costiera del Tirso;
- Morfologia deposizionale ed erosiva attuale;

La morfologia fluviale è da mettere in relazione alla conoide alluvionale antica, formata in passato dal Fiume Tirso e dagli altri torrenti minori, infatti l'alveo attuale è delimitato attualmente da argini artificiali con un tracciato irregolare differente da quello antico in cui erano presenti alvei secondari caratterizzati da fenomeni di esondazione anche in tempi recenti. Il cordone litorale di Torre Grande costituiva il lato meridionale del delta mentre il lato settentrionale era costituito dai rilievi che chiudevano il golfo che ha dato origine allo stagno di Cabras. Nella piana sono presenti canali artificiali spesso impostati sui tracciati dei paleo alvei riconoscibili dai diversi sedimenti che li costituiscono rispetto a quelli circostanti

La morfologia deposizionale ed erosiva della Penisola interna del Sinis è caratterizzata da resti di antichi terrazzi di abrasione selettiva del substrato miocenico che ha portato al modellamento in corrispondenza dei livelli calcarenitici in rilievo rispetto ai depositi circostanti, la scarpata dei rilievi tabulari basaltici è poco acclive e graduale per la presenza ai piedi del versante di depositi colluviali in attività.

6. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA.

Sotto l'aspetto idrogeologico il territorio è caratterizzato da due settori distinti:

- Una zona a sud-Est riconducibile ai depositi alluvionali del Fiume Tirso e dei suoi affluenti e degli stagni;
- Una zona nella parte Nord-Occidentale che risalta per difformità morfologica;

Dopo gli interventi di bonifica che hanno caratterizzato gli anni '60 e modificato i tratti terminali dei corsi d'acqua, nella Penisola del Sinis e nell'area di progetto non è presente un reticolo idrografico importante, si evidenzia la presenza del canale artificiale adduttore di alimentazione del bacino Consortile di Cherchi Pauli.

Sotto l'aspetto idrogeologico le litologie rilevate presentano caratteri di permeabilità alquanto differenti e sono state individuate quattro distinte classi di permeabilità:

1. Permeabilità alta;
2. Permeabilità medio-alta;
3. Permeabilità medio-bassa;
4. Permeabilità bassa.

Permeabilità alta;

Comprende i depositi antropici attuali e le sabbie ed arenarie eoliche con subordinati detriti (PLE_1), in relazione alla limitata estensione e potenza non assumono grande importanza sotto l'aspetto idrogeologico.

Permeabilità medio - alta

Comprende i depositi alluvionali terrazzati (OLO_3) nella facies di ghiaia, sabbia alluvionale con diminuzione nella facies Limosa, i Calcari di Torre del Sevo per fessurazione (MES_1), i Calcari di Villa Greca per fessurazione (OLIGO_1), e la Formazione di Ussana; rappresentano l'acquifero con la formazione di una falda il cui livello statico è rappresentato dalla facies Limosa-Argillosa generalmente superficiale e con limitata portata di sfruttamento.

Permeabilità medio-bassa

Comprende la Formazione dei Basalti per fessurazione nella facies più fratturata (PLIO_1), i Calcari Laminati del Sinis nella parte più alterata, i depositi di spiaggia Antichi, arenarie, Calciruditi; la permeabilità non è omogenea, elevata in alcune zone dove maggiore è la componente arenacea grossolana o il grado di fratturazione, (per porosità o per fessurazione) passa a localmente scarsa in coincidenza delle intercalazioni a granulometria più sottile, e più compatte ma nell'insieme rappresenta il livello di base dell'acquifero

alluvionale; può essere sede di una falda freatica superficiale di portata limitata, i valori di trasmissività sono variabili e oscillano tra 10^{-6} e 10^{-7} mq/sec.

Permeabilità bassa.

Sono compresi i depositi palustri (OLO_1) costituiti da Limi ed Argile che hanno generalmente potenza limitata, La formazione di San Marco (MIO_1), rappresentano la base degli acquiferi.

Dall'osservazione dei caratteri idrogeologici generali e delle stratigrafie rilevate, il territorio esaminato è caratterizzato dal sistema dell'acquifero costituito dal Complesso calcareo-conglomeratico-sabbioso-ghiaioso miocenico del Sinis, mentre il livello di base è rappresentato dalla facies limosa-argillosa e/o più compatta della Formazione. Si tratta di un complesso sede di falda confinata che si estende per buona parte dell'area di progetto con variazioni di facies che modificano l'estensione laterale.

Il tetto della falda è costituito dalle marne argillose con potenze variabili localmente valutabili intorno ai 50 metri, il rilevamento dei pozzi esistenti ha evidenziato il tetto dell'acquifero a profondità comprese tra i 26 metri e i 132 metri, il limite inferiore è costituito dalle Andesiti Oligo-Mioceniche che rappresentano il Basamento impermeabile. Nelle falde più superficiali il substrato impermeabile è rappresentato dai livelli marnosi più compatti della successione miocenica.

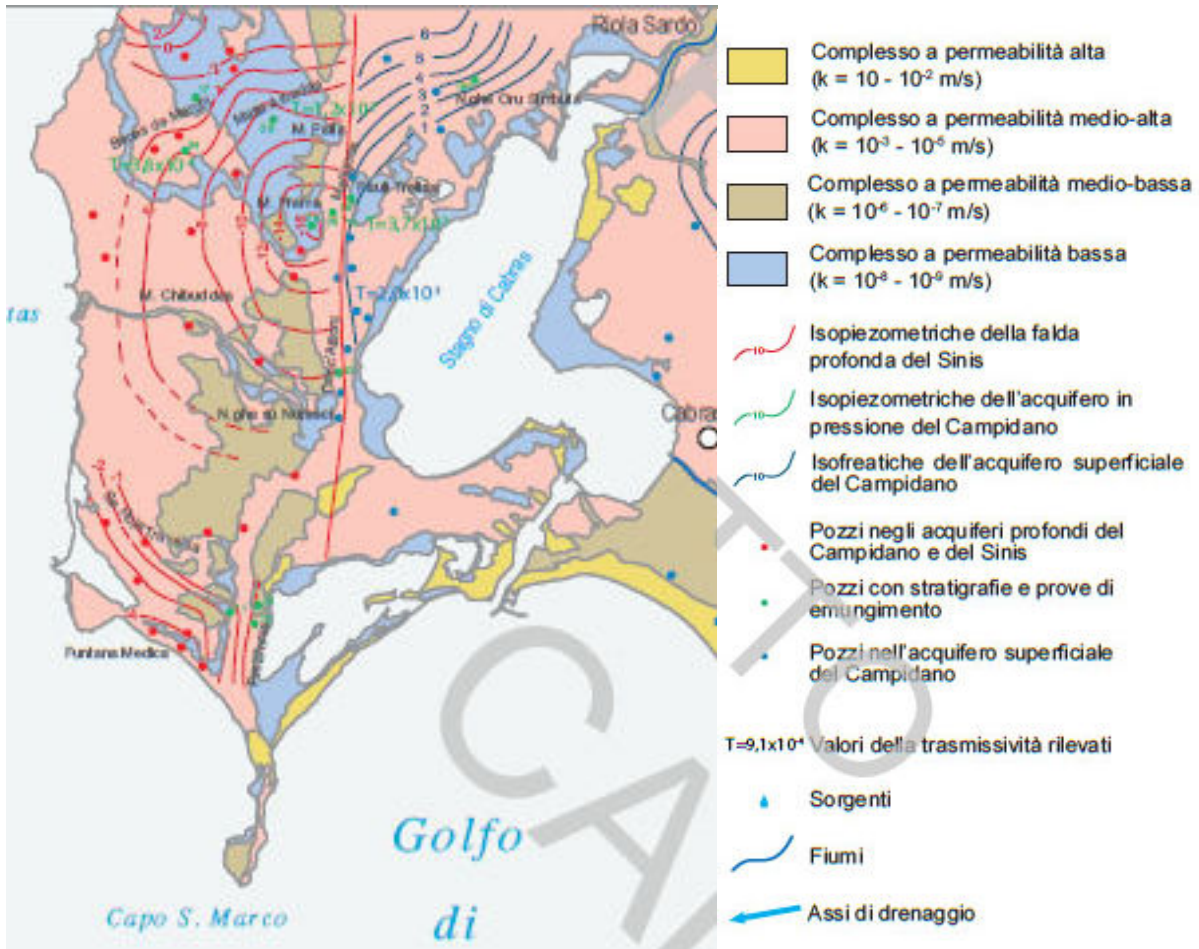
Nell'acquifero Miocenico profondo l'identificazione dell'area di alimentazione non è agevole, si può ipotizzare un apporto del complesso vulcanico e dei sedimenti profondi della fossa del Campidano da cui risalirebbero attraverso un sistema di faglie.

Nell'acquifero Quaternario buona parte dell'alimentazione per ciò che concerne gli strati superficiali, avviene per infiltrazione diretta localmente nella facies più permeabile presenti nelle intercalazioni calcaree e ghiaiose delle marne superficiali esponendo la falda e conseguentemente quella profonda a rischiosi inquinamenti da pesticidi e fertilizzanti utilizzati nelle pratiche agricole.

Si sono rilevati molteplici pozzi artesiani profondi a servizio della numerose attività agricole presenti nel territorio con portate elevate e continue che mettono sotto sforzo ed in crisi l'acquifero profondo i cui tempi di ricarica sono notevolmente lunghi in relazione alla profondità dell'area di alimentazione.

La ricostruzione delle caratteristiche idrodinamiche e la morfologia delle falde profonde ha evidenziato una profondità di emungimento generalmente superiore al livello del mare, il crescente sfruttamento della risorsa ha comportato nel tempo un'ingressione di acqua salina e salmastra verso l'interno con inquinamento della falda artesianiana. Ciò ha comportato un utilizzo per l'irrigazione dei campi di acqua progressivamente più salina con rischio di salinizzazione dei suoli ed impoverimento della risorsa agricola che in relazione all'alimentazione diretta della falda superficiale può portare ad un circolo chiuso che porta al progressivo aumento di salinizzazione sia dei suoli che della falda con evidente modifica delle peculiarità ambientali del territorio e crisi produttiva del settore agricolo.

Di seguito è rappresentata la carta idrogeologica del territorio in progetto con in evidenza i valori di trasmissività media, la presenza di pozzi profondi e superficiali, l'andamento della falda freatica:



Stralcio Carta Idrogeologica (Fuori scala) del territorio di progetto (da note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000)

7. LIVELLO DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA.

Sulla base di quanto esposto e dei risultati delle indagini geognostiche, in considerazione della tipologia e profondità di posa in opera di progetto, sono stati individuati, in fase preliminare, i seguenti livelli di pericolosità geologica ed idrogeologica:

1. In alcuni punti del nuovo tracciato delle condotte in progetto, in corrispondenza dei pozzetti P9, P15, P21, P24, P28, il rilevamento delle caratteristiche lito-stratigrafiche ha evidenziato ad una profondità variabile da 1,5 a 3 metri la presenza di uno strato limoso- argilloso con caratteristiche di plasticità non idonee ad essere utilizzato come sottofondo di posa in opera delle condotte;
2. Nei pozzetti P15, P21, P24 è stata rilevata la falda freatica ad una profondità compresa tra 1,8 e 3 metri dal Piano di campagna in risalita;
3. Sono stati rilevati numerosi pozzi artesiani a servizio di aziende agricole i cui dati riferiti alla portata ammissibile indicano un eccessivo sfruttamento della risorsa con impoverimento della falda e probabile conseguente ingressione della componente salina;

8. CONCLUSIONI.

Su Incarico del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese, il sottoscritto Geologo Marco Marcato ha eseguito uno studio Geologico di fattibilità tecnico economica relativa al progetto di "*Realizzazione della rete irrigua del Distretto di Sinis Sud (Area a rischio salinizzazione)*".

Il rilevamento e le indagini geologiche preliminari sono state eseguite caratterizzando il territorio che comprende i Comuni di Riola Sardo, San Vero Milis e Cabras.

Lo studio e le indagini geologiche sono state eseguite al fine di ricostruire per l'area d'intervento un'accurata descrizione, evidenziando eventuali problematiche e impostando in tal modo il lavoro anche per la successiva fase di progettazione definitiva-esecutiva.

La caratterizzazione del sito d'intervento ha tenuto conto della tipologia delle opere in progetto e della corrispondente interazione sul terreno che in sintesi si può evidenziare come segue:

Le opere saranno eseguite prevalentemente in corrispondenza in terreni agricoli o incolti pianeggianti esterne ai centri abitati, gli scavi saranno realizzati alla profondità media di circa tre metri dal piano di campagna prevalentemente ai bordi del tracciato stradale comunale o consortile esistente e sterrato; in parte il tracciato interesserà la sede della strada Provinciale Cabras-San Giovanni costituito da manto bituminoso su base in misto cementato e/o materiale di riporto, Formazione geologica in posto e/o tout-venant di cava. Gli scavi sono finalizzati alla messa in opera di nuove tubazioni e prese comiziali. Il dettaglio del tracciato e la sezione tipo di scavo è rappresentata nel progetto eseguito dal gruppo di lavoro del Consorzio di Bonifica a firma del Progettista Ing. Roberto Sanna ed allegato alla presente.

Sulla base di quanto esposto nelle considerazioni geologiche di cui ai paragrafi precedenti, in collaborazione con il Progettista dell'opera ed il gruppo di lavoro, in conclusione si può affermare quanto segue:

1. La movimentazione e scavo del materiale potrà essere eseguita per lo più con mezzi di media potenza a parte in alcuni tratti dove potrà essere necessario l'uso di macchine con maggiore potenza o l'uso di martellone in quanto è presente alla profondità di progetto un'arenaria compatta e calcarenite rocciosa assimilabile allo scavo in roccia;
2. Lo studio sulla vincolistica ha evidenziato:
 - L'intervento è classificato solo parzialmente con pericolosità per frana Hg1 per cui il progetto non dovrà essere sottoposto a verifica di compatibilità geologica e geotecnica;
 - Una parte dell'intervento è classificato nel PSFF con tempi di ritorno A2 e A50 assimilabile ad una pericolosità idraulica Hi4 per cui l'intervento, pur ammissibile alle condizioni previste dall'art. 27 delle norme di attuazione del PAI, dovrà essere sottoposto ai sensi della L.R. 15 Dicembre 2014 n. 33, alla verifica di compatibilità idraulica da parte della Direzione Generale della Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna in quanto l'intervento interessa l'ambito territoriale di più Comuni;
3. In corrispondenza dei pozzetti P9, P15, P21, P24, P28, il rilevamento delle caratteristiche lito-stratigrafiche ha evidenziato ad una profondità variabile da 1,5 a 3 metri la presenza di uno strato limoso-argilloso con caratteristiche di plasticità non idonee ad essere utilizzato come sottofondo di posa in opera delle condotte per cui sarà necessario prevedere, nella parte di tracciato corrispondente, la bonifica del terreno di sottofondo con sostituzione di un terreno incoerente con idonee caratteristiche geotecniche;
4. In corrispondenza dei pozzetti P15, P21, P24 è stata rilevata la falda freatica ad una profondità compresa tra 1,8 e 3 metri dal Piano di campagna con livello dinamico della falda in risalita; è necessario prevedere uno strato di materiale arido incoerente e grossolano con funzioni di drenaggio della falda, è consigliabile inoltre una verifica della composizione chimica dell'acqua in particolare degli agenti aggressivi in relazione alla tipologia di materiale utilizzato nelle condotte;

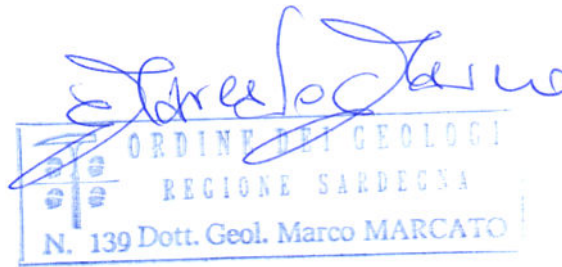
GEOLOGO MARCO MARCATO

5. In relazione al rischio di salinizzazione dei suoli e delle acque di falda evidenziato nello studio idrogeologico è opportuno eseguire uno studio sullo stato di fatto e sull'evoluzione dell'ingressione salina nelle acque di falda e ridurre a breve termine lo sfruttamento della risorsa idrica sotterranea.

Per quanto esposto nel presente studio e con le limitazioni di cui sopra, si può affermare che non sono state rilevate problematiche e/o livelli di pericolosità di tipo geologico tali da impedire la realizzazione delle opere in progetto.

Arbatax 10 Settembre 2018

Il tecnico
Dott. Geologo Marco Marcato



ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 139 Dott. Geol. Marco MARCATO