

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI VILLACIDRO
PROVINCIA SUD SARDEGNA

AMPLIAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI
IN AGRO DI VILLACIDRO
ZONA INDUSTRIALE

- RELAZIONE GEOLOGICA-

Il tecnico incaricato

	Dott. Geol. Antonello FRAU (Ordine dei Geologi della Regione Sardegna n. 291) File firmato digitalmente
--	--

Il committente

<i>A.R.T. Studio s.r.l.</i> <i>Via Ragazzi del 99 n. 5</i> <i>10090 Buttiglieria Alta (TO)</i>	
---	--

Giugno 2021

Sommario

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	4
CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DEL SETTORE.....	7
Pluviometria e termometria	7
Ventosità	10
CARATTERISTICHE DELLE OPERE IN PROGETTO	11
MODELLO GEOLOGICO	12
Caratteristiche geomorfologiche generali del settore.....	12
Pericolosità geologica	17
pericolosità idrogeologica.....	17
pericolosità sismica	20
Caratteristiche geopedologiche dell'area	21
Caratteristiche geologiche dell'area.....	22
Idrografia e idrogeologia dell'area	26
Idrografia e idrologia superficiale.....	26
Idrologia sotterranea	28
INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
INDICAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI SCAVI.....	29
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	31

PREMESSA

Con incarico affidato al sottoscritto dalla A.R.T. Studio s.r.l. Via Ragazzi del 99 n. 5, 10090 Buttigliera Alta (TO), è stata eseguita la presente relazione geologica relativa al progetto di ampliamento dell'impianto di trattamento dei rifiuti da realizzarsi in agro di Villacidro, all'interno della zona industriale.

La presente relazione è stata eseguita in conformità alla recente Normativa tecnica vigente di cui al Decreto 17 Gennaio 2018, "aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (18A00716), GU n.42 del 20-2-2018 - Suppl. Ordinario n. 8" (NTC 2018 emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, al Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n.380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.) ed alla relativa circolare esplicativa "[Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7](#) del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante «Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018», recentemente pubblicata sul supplemento ordinario n. 5 alla Gazzetta ufficiale n. 35 dell'11 febbraio 2019.

Si è fatto quindi riferimento al punto 6.2.1 secondo il quale la *“relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definiti sulla base di specifiche indagini e prove. In particolare, sempre secondo il punto 6.2.1 delle NTC 2018, la relazione geologica tiene conto dei seguenti aspetti:*

- *Caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetti litostrutturali e stratigrafici, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra i vari corpi geologici;*
- *Caratteristiche geostrutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti;*
- *Processi morfo-evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana, individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento*
- *Caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea risultati dello studio sismo-tettonico*
- *Assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismo indotti*

La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali, carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico – ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite, corredata da una planimetria con la loro ubicazione. Omissis...gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare”.

Sulla base di quanto sopra riportato, ai fini di rispettare tutte le indicazioni delle norme più sopra richiamate, attraverso l'osservazione diretta e sulla base delle analisi ed elaborazioni svolte sul sito in argomento nonché in aree limitrofe è stato possibile ricostruire la sequenza litostratigrafica e strutturale differenziando unità dotate di caratteristiche litologiche, petrografiche e geotecniche riconoscibili sul terreno e distinguibili da quelle adiacenti.

Le tecniche di studio, i rilievi e le indagini effettuate anche nell'immediato intorno e desunte da lavori già eseguiti, sono state commisurate all'estensione dell'area, alle reali possibilità di operare, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera.

Nella presente progettazione saranno quindi illustrati, in ottemperanza a quanto precedentemente riportato, il quadro geologico, morfologico, idrogeologico sul quale si

andrà ad operare definendo, nel contempo, un modello geologico che dovrà ben rispondere alle esigenze di progettazione delle opere e di comprensione dei fenomeni.

Lo studio geologico si articola pertanto essenzialmente nei seguenti punti:

- Definizione del comparto geolitologico di superficie dell'area oggetto di studio e del territorio circostante;
- Definizione del modello geologico del suolo e sottosuolo, in relazione alle opere previste, attraverso la valutazione delle condizioni geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e di uso del suolo generali e di dettaglio del territorio oggetto di intervento e delle relative situazioni di pericolosità geologica;
- Valutazione delle proprietà delle Unità litologiche;
- Valutazione delle caratteristiche dei substrati di appoggio

Per ciò che concerne il modello geotecnico di riferimento si rimanda all'apposita relazione. La ricostruzione del modello geologico è coerente con la ricostruzione del modello geotecnico e viceversa.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'area oggetto di studio e nella quale sarà attuato il progetto è individuabile nella Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, Foglio 547 sez. IV – San Gavino Monreale (serie 25, edizione 1 IGMI) e nella Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000 sezione 547060 (San Gavino Monreale Sud). Ricade inoltre interamente nel territorio del Comune di Villacidro, all'interno dell'area industriale di Villacidro, nella sua estremità Nord, e ad una distanza di circa 5,0 Km a Nord Est dell'abitato. L'area interessata dal presente studio ricade catastalmente nel Foglio 103 ed interessa i mappali 977 e 982 posti adiacentemente al lato Est dell'impianto IRECO esistente e già autorizzato e al canile posto sul lato est del lotto.

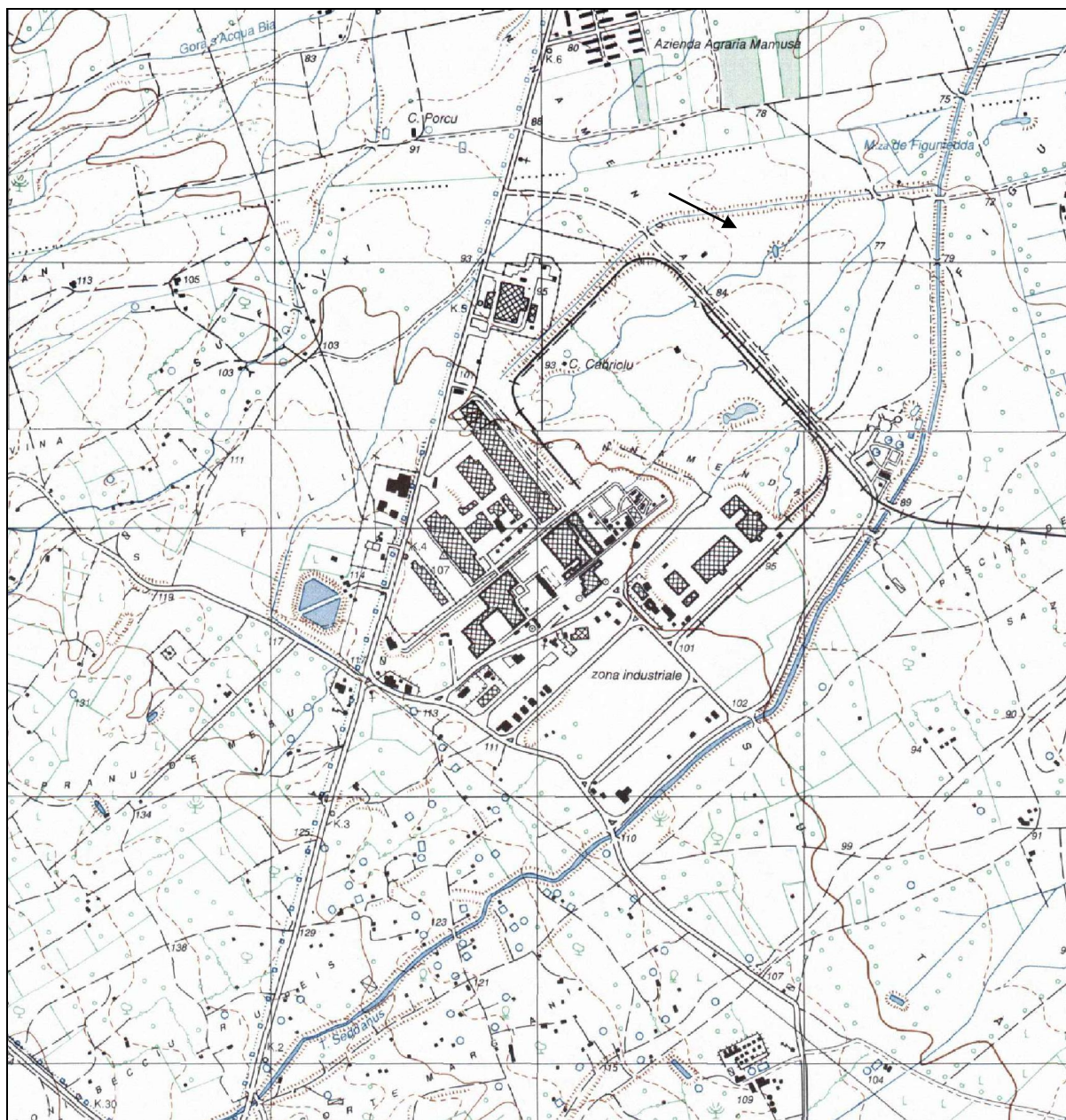


Figura 1: stralcio cartografico I.G.M.I. - scala 1:25.000

Di seguito l'inquadramento anche mediante Carta Tecnica Regionale Numerica e le relative ortofoto riferite all'anno 2016 nonché fotografie aeree del comparto del 2019. Per i dettagli, le tavole grafiche di progetto che riportano tutti gli inquadramenti e le tipologie delle opere si rimanda agli elaborati di progetto di cui la presente è parte integrante.

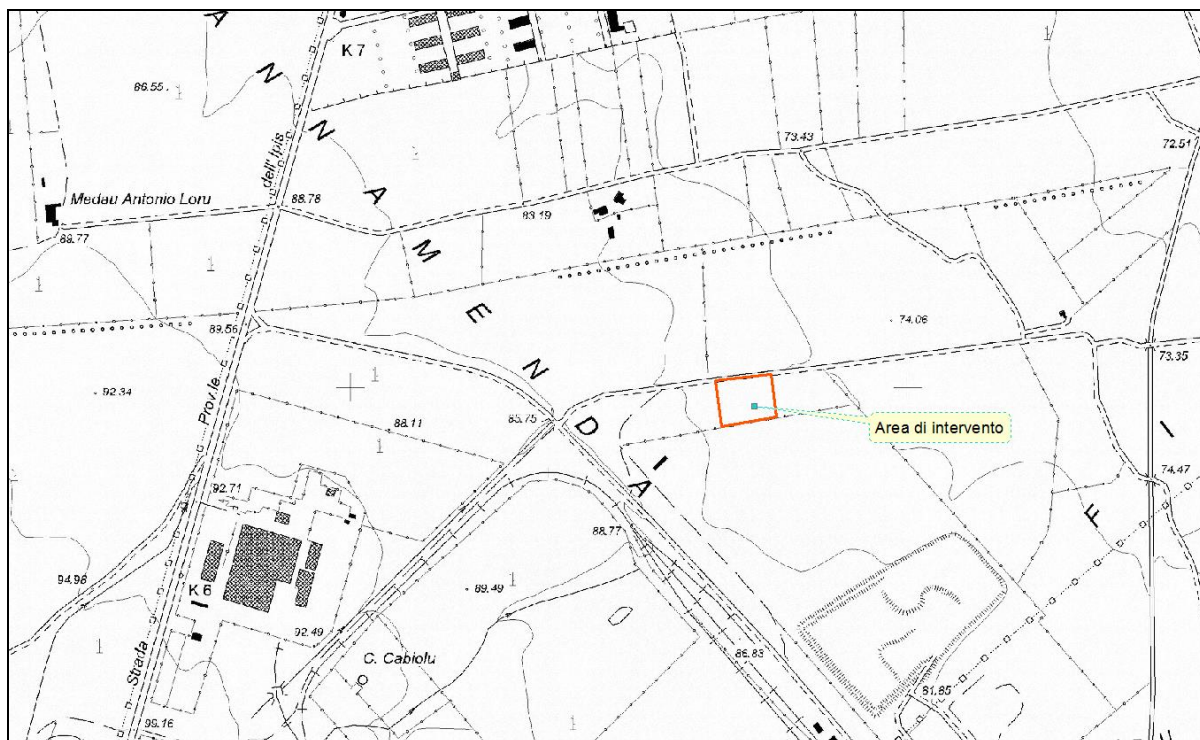


Figura 2: inquadramento mediante C.T.R.N. in scala 1:10.000



Figura 3: localizzazione con riferimento all'ortofoto anno 2016



Figura 4: foto aerea Google Earth - Anno 2019 e area di intervento

CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DEL SETTORE

Pluviometria e termometria

L'analisi delle condizioni pluviometriche è stata eseguita utilizzando i dati rilevati dallo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna nella stazione pluviometrica di Villaciro F.C.

Partendo da questi dati, ottenuti dalle medie di un settantennio di osservazione, è stato possibile calcolare il valore medio annuale delle precipitazioni che raggiunge i 690.8 mm. Come si può notare dal grafico, i mesi più piovosi risultano Novembre e Dicembre, con 96.7 mm e 104.1 mm., Luglio è il mese meno piovoso, con 5.2 mm di pioggia. L'analisi storica evidenzia che comunque la piovosità nel settantennio considerato non ha mai superato i 1000 mm /anno sebbene vi siano stati comunque mesi nei quali la media ha superato i 300 mm come nel mese di febbraio del 1942 (360 mm) oppure nel mese di Ottobre del 1959 (307.6 mm). La stagione piovosa ha mediamente inizio a Ottobre e prosegue, con forte incremento sino al mese di Dicembre, dove si raggiungono le massime precipitazioni.

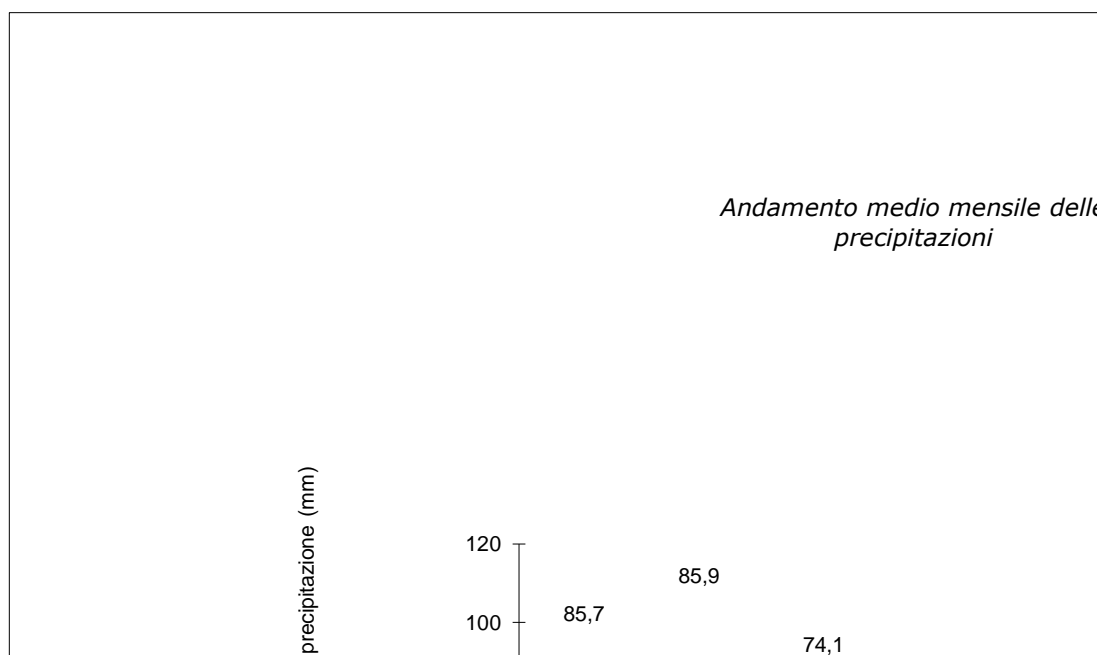


Figura 5: andamento medio delle precipitazioni

I dati indicati rappresentano le medie statistiche, ma non si può non accennare a quanto accaduto durante il ciclone Cleopatra (18 Novembre 2013) per il quale si riportano di seguito alcuni dati specifici relativi agli eventi intensi che hanno interessato il territorio.

Si tratta di fenomeni che oggi, per le variare condizioni anche climatologiche a cui nel tempo assistiamo, divengono sempre più attuali e frequenti anche nella realtà isolana.

In occasione dell'evento citato, nel medio Campidano le maggiori precipitazioni sono state rilevate dalle stazioni di Vallermosa con ben 188,2 mm e di Campanasissa (Siliqua) con 102,0 mm, seguite da Sardara (91,2mm), Sanluri (82,2mm) e Gonnosfanadiga (74,2mm). (Dati ADIS). Il comparto di intervento si trova proprio nelle aree indicate o a ridosso delle medesime.

Per la determinazione dei valori di precipitazione di breve durata, riferiti alla pioggia critica lorda, per il settore in questione si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = h_1 \cdot T_p^{(A+B \cdot u)}$$

essendo h_1 l'altezza di pioggia di durata unitaria data dalla relazione:
 $\log h_1 = C + D \cdot u$

ove T_p , coincidente con il tempo di corrivazione del bacino, è espresso in ore, u è il frattile della distribuzione normale corrispondente alla probabilità di non superamento ed i quattro parametri che vi compaiono dipendono dal gruppo pluviometrico cui si riferiscono. Il settore in questione ricade all'interno del primo gruppo omogeneo, secondo gli studi di regionalizzazione di Piga – Liguori (1985). Le formule relative al primo gruppo omogeneo sono pertanto:

I gruppo

$$h_{tc} = h_1 * t_c^{(0.305041 - 0.017147 * u)} [mm]$$

$$\log h_1 = 1,273178 + 0,179732 * u$$

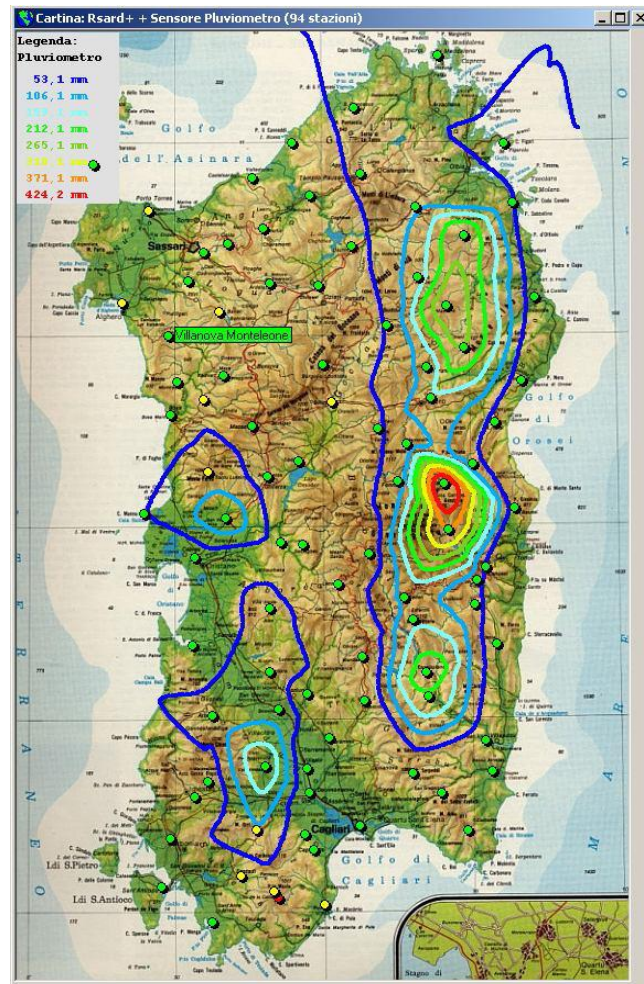


Figura 6: isoiete nella Giornata del 18 Novembre 2013

Per ciò che concerne la localizzazione in relazione alle piogge brevi ed intense si osserva che l'area ricade nella sottozona 2 i cui parametri della curva di possibilità climatica sono riportati nelle figure successive.

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$ $n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$ $n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$ $n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$ $n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$ $n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$ $n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Figura 7: parametri della curva di possibilità climatica

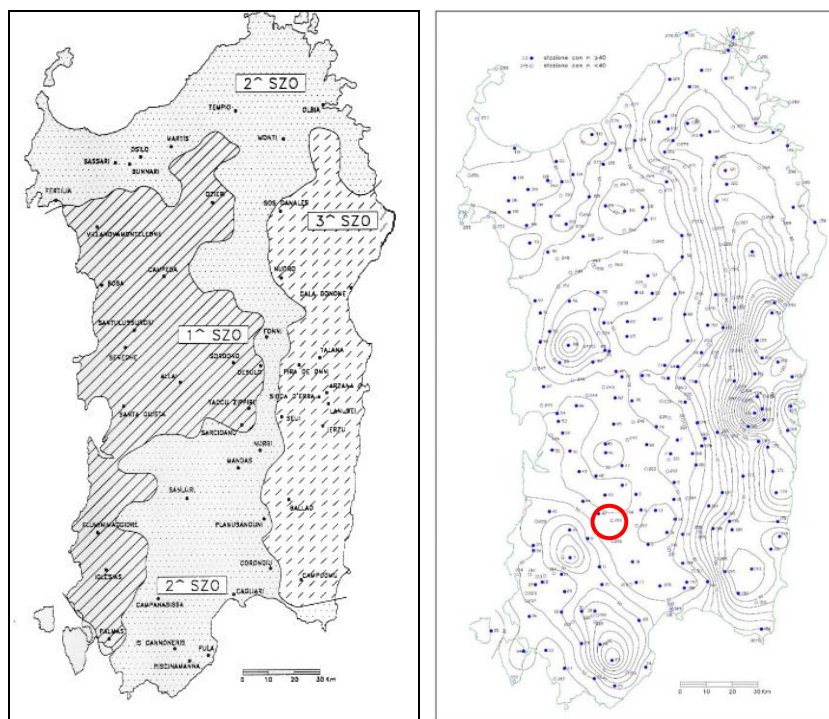


Figura 8: sottozone per piogge brevi ed intense e distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera

Tali parametri sono di utilità nel caso del dimensionamento di eventuali reti pluviali o di drenaggio superficiale.

Per lo studio delle condizioni termiche della zona sono stati utilizzati i dati relativi alla temperatura media mensile riferita alla medesima stazione termopluviometrica di Villacidro per un periodo di 41 anni.

Il massimo valore della temperatura media si registra nei mesi di Luglio e Agosto con 25.8°C e 25.9°C rispettivamente; il minimo valore della temperatura media, a Gennaio con 9.6°C. La temperatura media annua è di 17 °C ca.

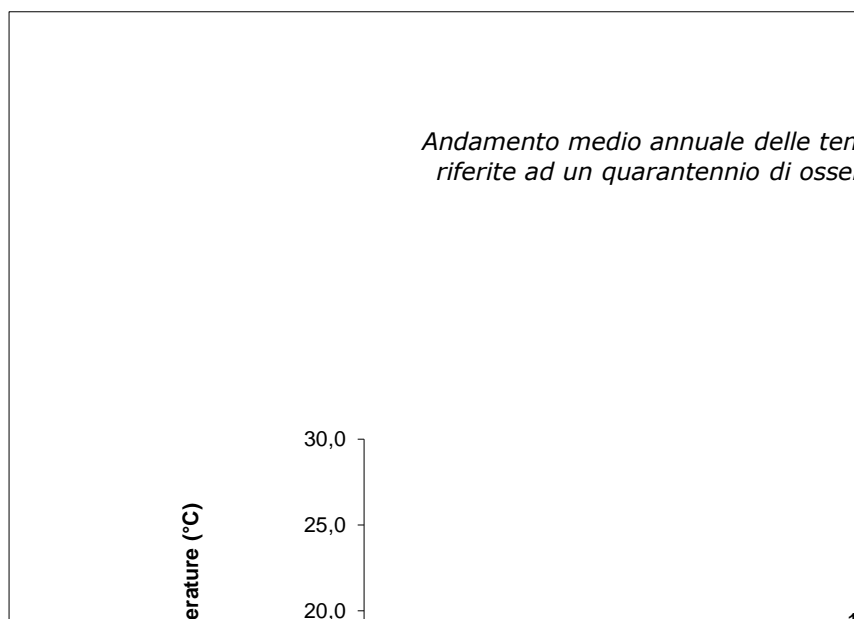


Figura 9: grafico delle temperature medie

Al fine di caratterizzare al meglio l'andamento climatico del settore a cui è connesso in parte il comportamento reologico anche dei terreni e delle falde superficiali, può rivestire

una certa utilità l'andamento comparato dei due fondamentali elementi climatici già descritti: la temperatura e le precipitazioni.

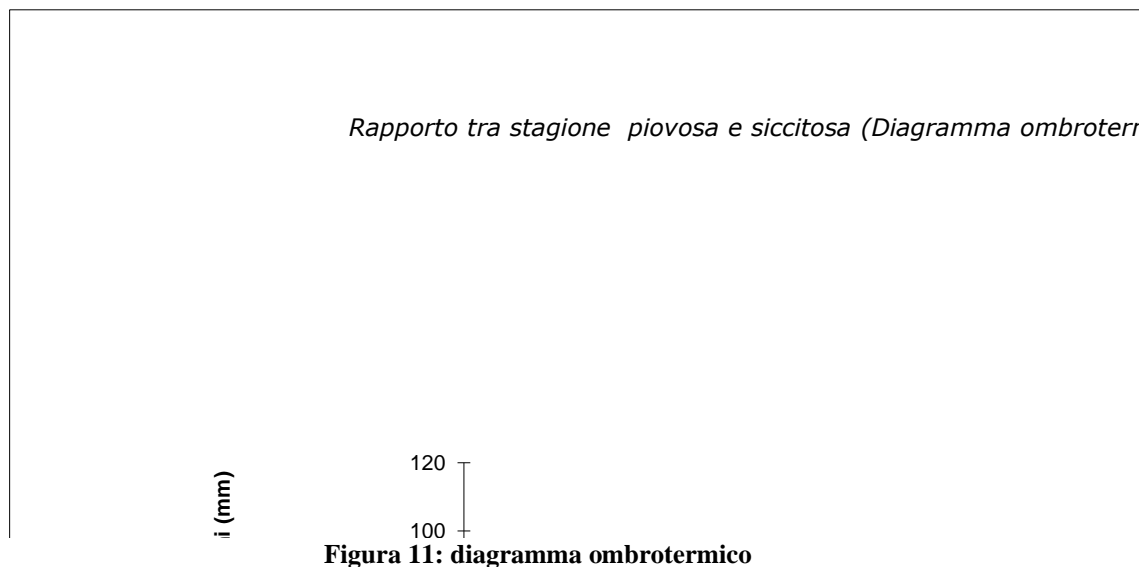
A tal fine si è proceduto al calcolo dell'*indice di Aridità* (I_a), adottando la formula di *De Martonne* in quanto risulta la più adatta per regioni con clima mediterraneo alle quali la zona studiata può ascrivarsi. Per la stazione in questione si ha il seguente valore di I_a (*indice di aridità*):

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
52.47	51.54	40.79	29.82	16.23	5.56	1.74	3.44	13.85	32.46	48.76	59.49

Figura 10: indice di aridità

Dai dati riportati si evince chiaramente che l'area in esame risente di un periodo di aridità (indice inferiore a 10) nei mesi di Giugno, Luglio, Agosto; con criticità anche nei mesi di Maggio e Settembre. Tale periodo di aridità è evidenziato graficamente nel diagramma ombro-termico (secondo Bagnouls-Gaussen).

Il diagramma, attraverso la larghezza dell'intervallo tra le due curve, evidenzia sia i periodi in cui si ha un prevalere delle precipitazioni sui consumi dovuti all'evapotraspirazione che i periodi in cui le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. La stagione siccitosa, rappresentata dall'area racchiusa tra le due curve, inizia infatti a Maggio e termina a Settembre. Durante questo periodo, pressoché tutta l'acqua che cade sul terreno evapora rapidamente a causa dei complessi fenomeni legati all'evapotraspirazione. Dall'andamento delle due curve si nota che l'alta temperatura atmosferica nei mesi estivi contribuisce a smaltire attraverso l'evapotraspirazione la quasi totalità delle acque superficiali.



Ventosità

Si evidenzia che comunemente ad altri settori della Sardegna il vento dominante è il maestrale da SW che spira per gran parte dell'anno.

Il settore è comunque esposto anche ai venti da Nord che però percentualmente spirano con una frequenza inferiore.

Per ciò che concerne la pressione del vento si osserva che l'area è inserita nella zona 6; eventuali verifiche dovranno essere eseguite determinando, oltre alla pressione cinetica di riferimento, il coefficiente di esposizione, coefficiente di forma e coefficiente dinamico.

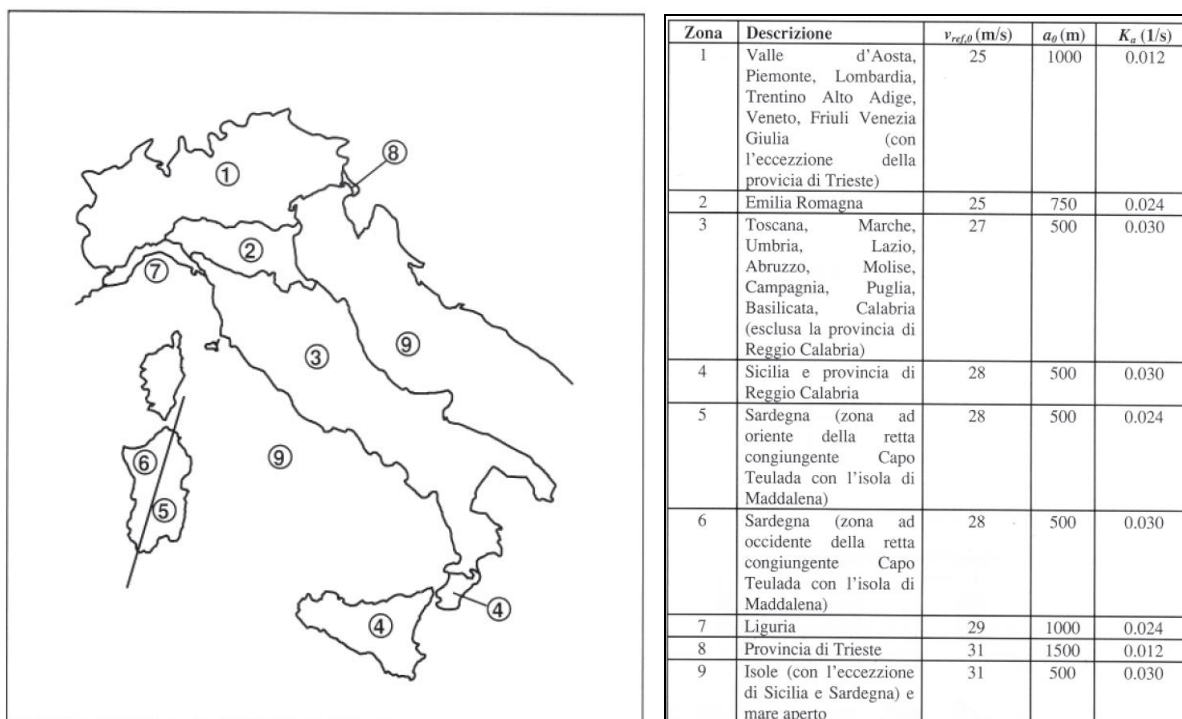


Figura 12: parametri di riferimento per il calcolo della pressione del vento

CARATTERISTICHE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'opera in progetto è posta all'interno di un comparto industriale e al margine di quello agricolo ed è parte integrante di un progetto più vasto che comprende altri settori. Al momento, per ciò che concerne le opere impiantistiche, è comunque previsto unicamente l'intervento sull'area del mappale indicato.

In tale lotto si prevede, l'ampliamento dell'impianto esistente con la realizzazione delle seguenti opere:

- Opere di scotico e livellamento del terreno per uno spessore medio di 0,40 metri;
- Formazione di sottofondo della pavimentazione con uno strato di tout-venant dello spessore minimo di m 0,50. A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare in generale una densità pari o superiore al 95% della densità massima individuata dalle prove di compattazione ASTM D1557-78. I materiali di riporto dovranno essere costipati mediante rullatura per strati non superiori a m 0,25. La superficie finita dovrà garantire una portanza minima unitaria non inferiore a 1,5 kg/cm² o un valore del Modulo di deformazione (Md), determinato con prove su piastra non inferiore a 150;
- Costruzione di recinzione perimetrale ed ingressi carrabili ed opere di raccordo con la viabilità esterna;
- Costruzione di trincea drenante. E' prevista la realizzazione di una trincea drenante lungo il lato sud del lotto a monte idrogeologico della recinzione, collegata mediante una tubazione interrata sul lato est al fosso di guardia consortile presente sul lato nord, oltre la strada di penetrazione. Tale opera sarà attuata mediante lo scavo di un fosso nel terreno naturale di larghezza di circa m 0,60 e profondità di circa m 1,0 (almeno m 0,50 inferiore alla quota di imposta dello strato di tout-venant di fondazione dell'area), con pendenza da ovest verso est di circa 1%.
- Realizzazione di rete di captazione acque meteoriche ed eventuali sversamenti;

- f. Costruzione della pavimentazione. La pavimentazione dell'intera superficie di ampliamento sarà costituita da un massetto (o soletta) in c.l.s, armato con rete elettrosaldata, dello spessore di circa 25cm,
- g. Costruzione impianto di drenaggio e trattamento acque di prima pioggia;
- h. Realizzazione rampe di connessione con area dell'impianto attuale;
- i. Realizzazione di opere impiantistiche (illuminazione, sorveglianza etc.);
- j. Costruzione nuovi piezometri.

Per ciò che concerne la costruzione dei piezometri si rimanda ad ulteriori atti che saranno comunque effettuati successivamente.

Si rimanda agli elaborati di progetto per ogni dettaglio riguardante le opere indicate.

MODELLO GEOLOGICO

Caratteristiche geomorfologiche generali del settore

L'evoluzione geomorfologica del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena e come tale è quindi 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. Da un punto di vista strettamente geomorfico si osserva che l'area di intervento è posta in corrispondenza di una fascia a debole acclività, sulla zona pedemontana. Dai rilievi montuoso-collinari del Villacidrese – Guspinese e del Monte Linas, la superficie degrada in corrispondenza di un grande conoide detritico, con inclinazioni che vanno dal 2 all'8÷10%, in direzione del centro della pianura, dove conferiscono anche le acque del sistema idrico superficiale e profondo.

Tale assetto morfologico complessivo può essere in via generale differenziato anche sulla base dei processi attivi agenti sul territorio. Mentre infatti nella zona montuosa (collinare) prevalgono le forme aspre e solo a tratti più arrotondate (per effetto della lunga fase erosiva subita in condizioni di continentalità dai litotipi rocciosi prevalentemente granitici), profonde incisioni vallive caratterizzate da deflussi incanalati, processi gravitativi ed erosivi differenziali; sulla fascia subpianeggiante, a debole acclività, agiscono invece i processi legati al ruscellamento diffuso e subordinatamente all'azione delle acque incanalate in prossimità dei principali corsi d'acqua e che si esplicano sia sulle coperture quaternarie (specie nelle conoidi detritiche diffuse nel settore) che sulle litologie sedimentarie sottostanti laddove presenti.

La piana in cui sorge l'area industriale è impostata su suoli recenti ed attuali e su coperture argillose e sabbioso ghiaiose, sovrastanti le alluvioni antiche ciottolose.

Alla formazione di tale sistema di interdigitazione deposizionale costituito da sedimenti di varia natura, hanno contribuito in particolare gli apporti grossolani del sistema montano di Villacidro. I depositi sono da correlare all'alternarsi di condizioni climatiche estreme (fasi glaciali e fasi interglaciali) che si sono succedute nel corso degli ultimi 2 milioni di anni e che hanno determinato l'alternanza di altrettanti cicli di erosione e deposizione fluviale nonché la divagazione dei corsi d'acqua all'uscita dalle vallate verso le zone di pianura.

In tutto il settore circostante l'area in questione i principali processi geomorfici agenti sono riconducibili al ruscellamento diffuso ed incanalato per effetto della facile saturazione dei primi metri del suolo e quindi dello scorrimento che si verifica specie in occasione di forti precipitazioni.

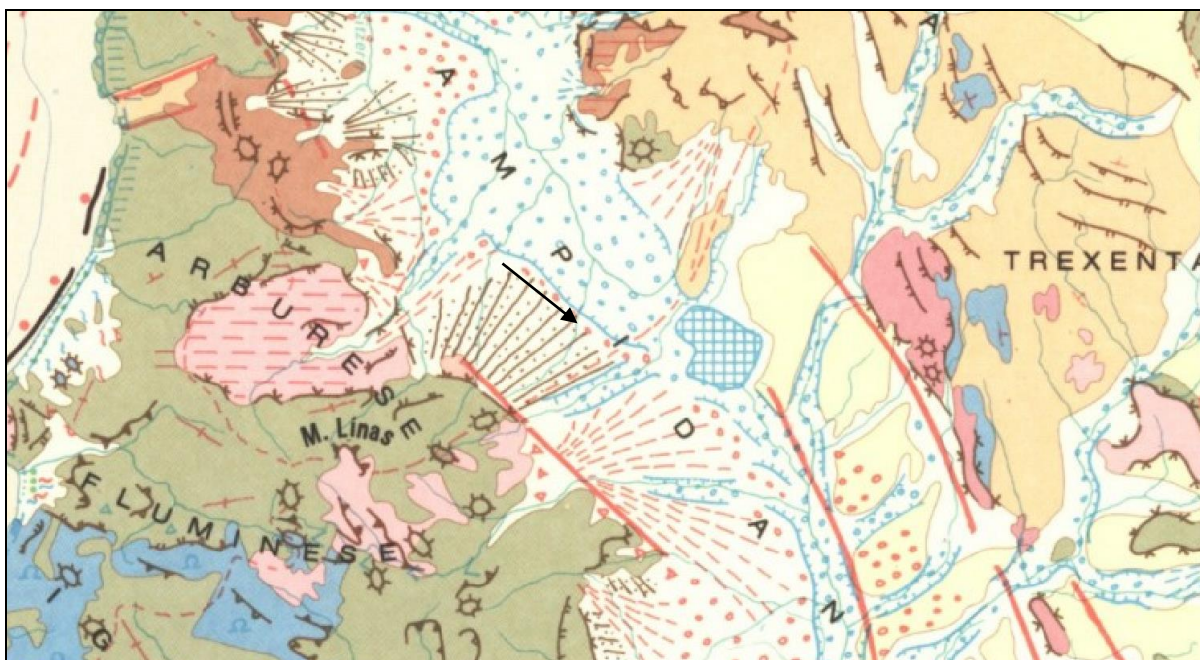


Figura 13: schema geomorfologico dell'area

L'analisi diretta ha consentito di individuare le principali caratteristiche geomorfologiche dell'area anche a seguito delle modificazioni antropiche operate in tutto il settore che ha comunque risentito della forte infrastrutturazione dell'area industriale. Il settore di intervento ha mantenuto le sue caratteristiche legate al settore agricolo solo nel tratto immediatamente a Nord del lotto, oltre la viabilità. L'area di intervento è posta ad una quota di circa 75 m. s.l.m. L'area è posta nell'ambito della parte basale del conoide alluvionale i cui limiti verso Nord sono proprio rappresentati dall'orlo del terrazzo fluviale del Rio Piscina Linu verso San Gavino Monreale. Nell'area di costruzione non si rilevano fenomeni di pericolosità geomorfologica per inondazione o franamento.

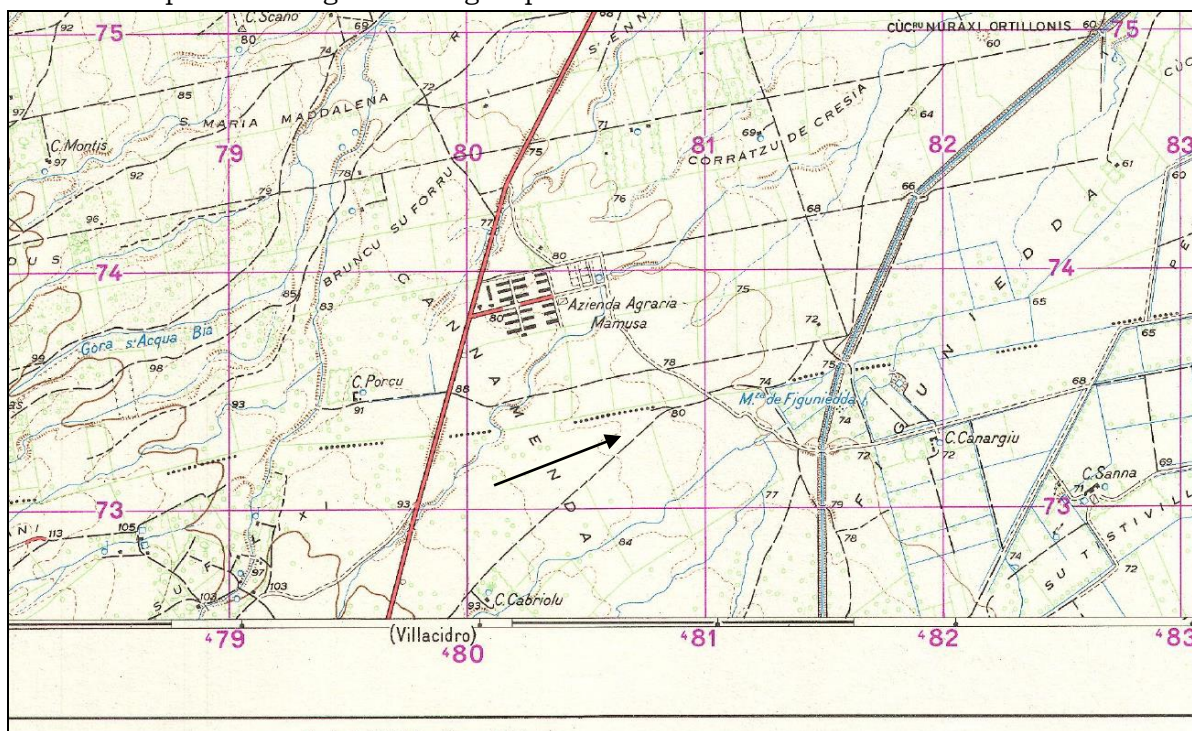


Figura 14: Cartografia I.G.M. – derivata da copertura aerea del 1954

Il settore è sempre stato interessato da attività agricole come si può osservare con riferimento anche alla cartografia storica e alle ortofoto storiche degli anni 50-60.



Figura 15: ortofoto dell'anno 1954

Nell'ortofoto del 1977 si notano anche le prime opere con la realizzazione della viabilità di accesso all'area e le infrastrutturazioni della zona industriale sono in parte già realizzate sul lato sud dell'area. Il settore in argomento mantiene ancora i connotati di area agricola.

Nel 1999 l'area a SE è già interessata dai primi moduli della discarica senza che comunque vi siano coinvolgimenti del settore in argomento



Figura 16: ortofoto dell'anno 1977



Figura 17: ortofoto dell'anno 1999

Nel 2006 l'infrastrutturazione adiacente del canile e l'ampliamento verso NW del sito di discarica giunge ai limiti dell'area.



Figura 18: ortofoto anno 2006

Nell'ortofoto dell'anno 2010 si può ugualmente osservare una situazione pressoché simile a quella precedente se non per la realizzazione già avvenuta del capannone dell'impianto già esistente.

La situazione da allora è rimasta immutata sino ai nostri giorni. A seguito della realizzazione delle opere adiacenti l'area è rimasta nel complesso priva di riporti o scavi fatto salvo il settore posto immediatamente a Est dell'impianto esistente, oltre la recinzione, dove i riporti antropici legati allo sbancamento laterale sono evidenti in superficie.

Dall'osservazione di dettaglio dei luoghi di intervento, si osserva che nell'area in argomento sono comunque esclusi fenomeni di instabilità geomorfologica per franamento ed inondazione e si rimanda all'apposito paragrafo relativo alla pericolosità per ulteriori altre considerazioni in relazione agli eventuali vincoli dei Piani sovraordinati.

Considerata la scarsa pendenza dei terreni in questione e la loro limitata permeabilità, comunemente alle altre aree circostanti, si rileva che comunque la difficoltà di drenaggio delle acque superficiali è certamente il processo che agisce nel settore determinando potenziali locali fenomeni di ristagno idrico



Figura 19: ortofoto anno 2010



Figura 20: panoramica dell'area di intervento

Pericolosità' geologica

Sebbene nelle aree di intervento non siano stati rilevati fenomeni di pericolosità idrogeologica sia connessi alle inondazioni che ai franamenti nonché alla pericolosità sismica, al fine di valutare la compatibilità anche in riferimento al quadro normativo, vengono riportate alcune considerazioni specie in merito al documento ufficiale di pericolosità e rischio idrogeologico della Regione Sardegna, ossia il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico e in merito alla pericolosità sismica.

Pericolosità idrogeologica

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) individua le aree a rischio idraulico e di frana ed è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici. Gli ambiti di riferimento del Piano sono i sette Sub-Bacini individuati, all'interno del Bacino Unico Regionale, ognuno dei quali è caratterizzato in generale da una omogeneità geomorfologica, geografica e idrologica: Sulcis, Tirso, Coghinas-Mannu-Temo, Liscia, Posada – Cedrino, Sud-Orientale, Flumendosa-Campidano-Cixerri. Per ciò che concerne la perimetrazione dell'area si osserva che il settore di intervento ricade nel sub-bacino n° 2, Tirso. Non figura alcuna pericolosità di franamento o idraulica segnalata nei Piani indicati e neanche nell'ultima approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) ha lo scopo di individuare e perimetrare le aree a rischio idraulico e geomorfologico, definire le relative misure di salvaguardia sulla base di quanto espresso dalla Legge n. 267 del 3 agosto 1998 e programmare le misure di mitigazione del rischio.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale provinciale e comunale in quanto finalizzato alla salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici (Norme di Attuazione del PAI, Art. 4, comma 4). Le previsioni del Piano pertanto producono effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali e sulla pianificazione urbanistica anche di livello attuativo, nonché su qualsiasi pianificazione e programmazione territoriale insistente sulle aree di pericolosità idrogeologica (N.A. PAI, art. 6).

In termini temporali nel 2012 il Comune di Villacidro ha trasmesso al Servizio Difesa del Suolo, Assetto Idrogeologico e Prevenzione del Rischio Alluvioni della Direzione Generale Agenzia Regionale Distretto Idrografico, il progetto relativo alle opere di infrastrutturazione primaria per l'urbanizzazione di tale Comparto SC.

Lo studio di compatibilità idraulica è stato approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n.13 del 31.10.2012 e nell'area in argomento non pone perimetrazioni. Una situazione di alta pericolosità di inondazione era stata segnalata in corrispondenza della rotonda di accesso al settore come si può desumere dalla figura seguente ma a distanza di qualche centinaio di metri dal settore in argomento.

Con Delibera n. 2 del 17.12.2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ha approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015, il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali. Anche in tale Piano vengono introdotte nuove perimetrazioni lungo l'andamento del Flumini Mannu di Pabillonis senza che comunque le stesse interessino il settore in argomento.

Dalla perimetrazione del Piano delle Fasce Fluviali si desume comunque la sicurezza idraulica del comparto di intervento che a parte l'andamento leggermente depresso è comunque esente da fenomeni di inondazione legati alla rete idrografica

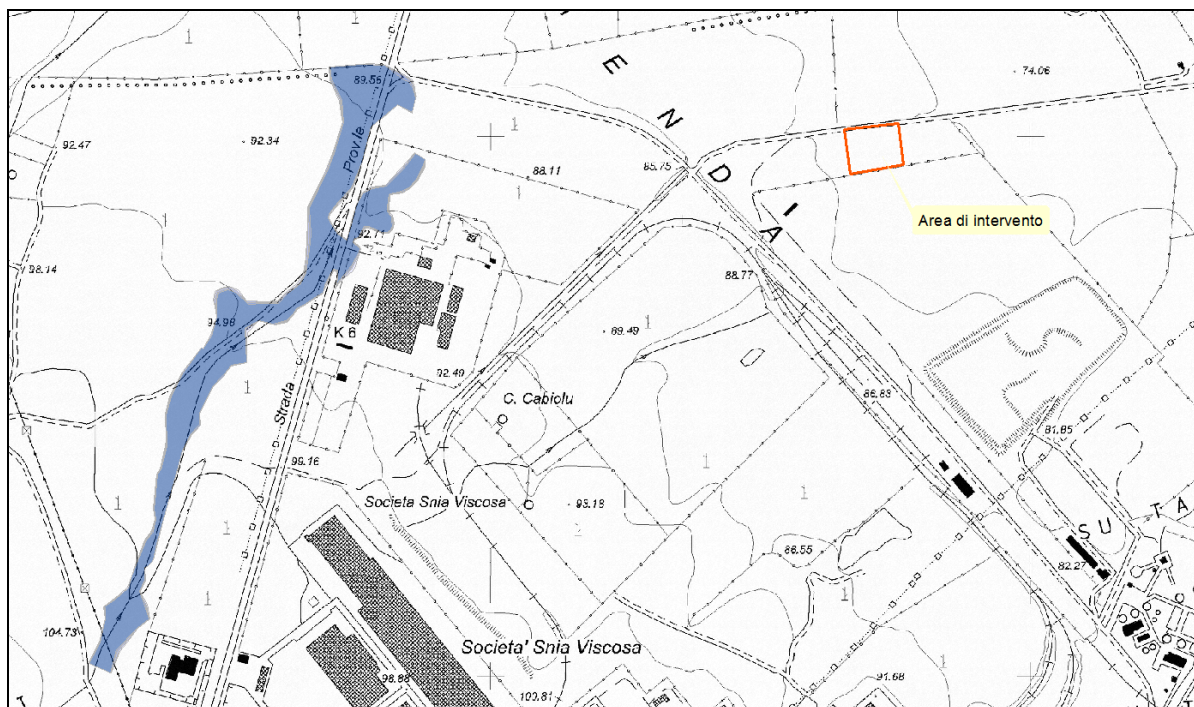


Figura 21: perimetrazione del P.A.I. a seguito dello studio di compatibilità presentato dal Comune di Villacidro

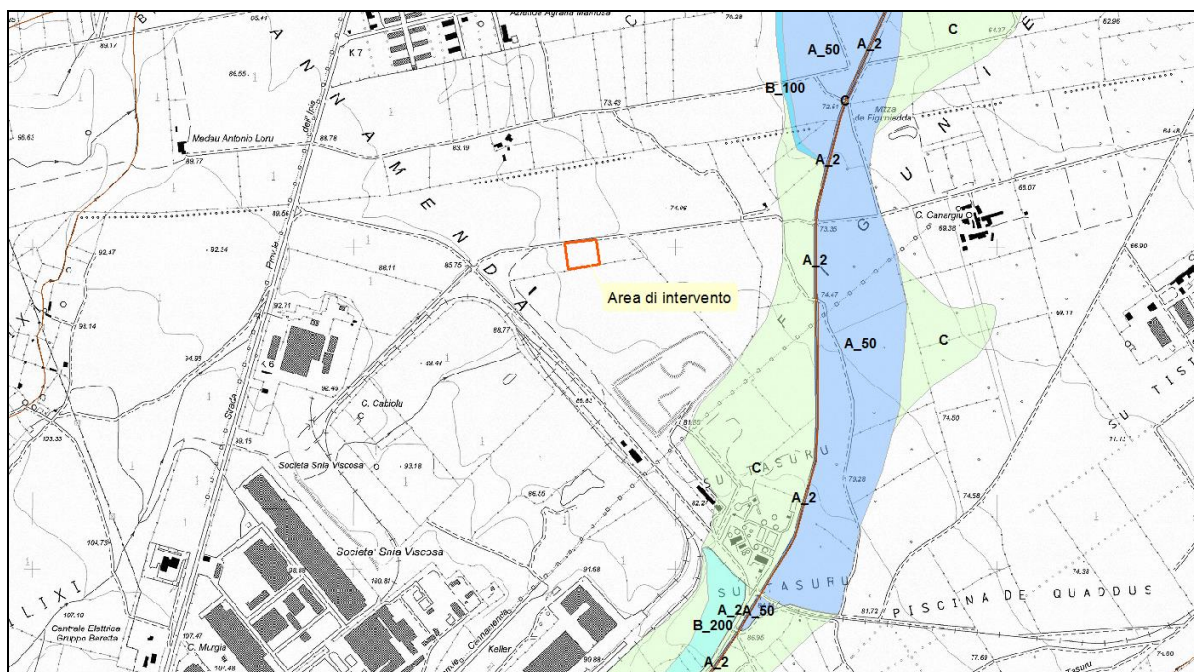


Figura 22: perimetrazioni introdotte dal Piano Stralcio delle Fsacce Fluviali

Attualmente il quadro aggiornato della pericolosità è definito a livello sovraordinato anche dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Quest'ultimo, approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016, ha riportato la situazione di pericolosità idraulica e di frana per il territorio in questione, con aggiornamento delle mappe (pdf pubblicate sul sito dell'Autorità di Bacino) al mese di Dicembre del 2014.

Il quadro attuale di pericolosità e rischio sia geomorfologico che idraulico, è riportato anche mediante l'identificazione delle perimetrazioni derivate dai file shp pubblicati sul sito dell'Autorità. Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 17/05/2017, ai sensi

dell'art. 42 delle NA del PAI, è stato infatti approvato l'aggiornamento e integrazione del PGRA già approvato con DPCM del 27/10/2016 e con il suddetto atto è stato effettuato anche l'aggiornamento e l'integrazione dei set di dati al 31.12.2016.

Di recente in ottemperanza alle previsioni dell'art. 12 c. 2 del D. Lgs. 49/2010 e dell'art. 14 c.2 della Direttiva 2007/60/CE, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 17/12/2019 pubblicata sul BURAS n. 56 parte I e II del 27/12/2019 sono state approvate le Mappe della pericolosità da alluvione e del rischio di alluvioni, di cui all'art. 6 del D.Lgs. 49/2010 del secondo ciclo di pianificazione del PGRA. Inoltre, con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 4 del 21.12.2020 è stato approvato il "Progetto del Riesame e Aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna" - Terzo ciclo di pianificazione 2021.

Nell'area vasta in argomento non sono presenti pericolosità di frana e idrauliche censite negli strumenti di pianificazione. Pur tuttavia, sebbene non si riscontrino pericolosità, è indubbio dalla ricostruzione morfologica, la presenza di potenziali aree di ristagno idrico.

Anche dagli shp non si rileva alcun tipo di pericolosità idraulica per il settore di costruzione.

Di seguito si riporta quindi il quadro della pericolosità idraulica per il settore in questione relativamente ai tratti interessati dal progetto.

Dalla figura si desume la mancanza di pericolosità idraulica nell'area di costruzione e il rispetto della distanza prevista dall'art. 8 nelle norme di attuazione del P.A.I. per le aree perimetrate a pericolosità idraulica. Il territorio in questione è esente da qualsiasi tipo di pericolosità da franamento. La seguente perimetrazioni deriva da PGRA.

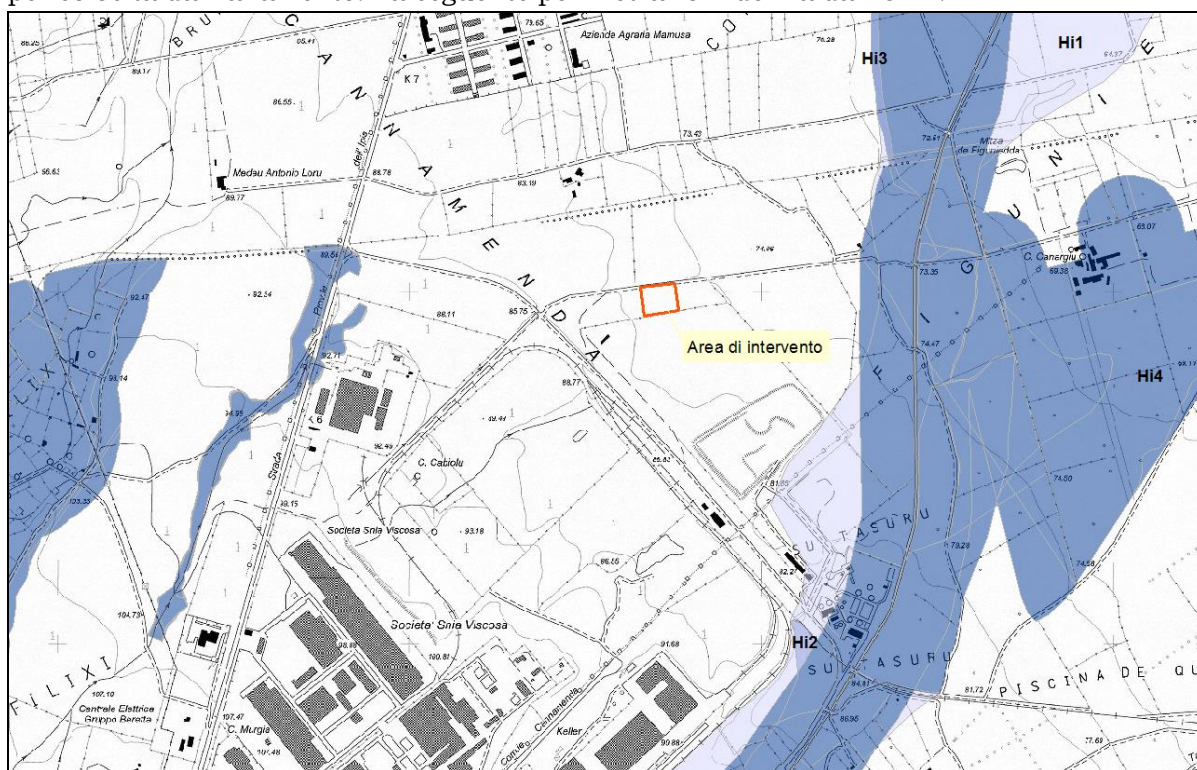


Figura 23: perimetrazioni del PGRA

Oltre a quanto sinora rappresentato si osserva che le norme di attuazione del P.A.I. a seguito della modifica del febbraio 2018 (Deliberazione del C.I. n. 1 del 27/02/2018), ha introdotto l'art. 30 ter (identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia). Al comma 1 del medesimo articolo si evidenzia che “Per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica,

ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto. Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno

della fascia di cui al comma 1, i proponenti sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.

Da quanto sopra si rileva che l'area in argomento è ubicata al di fuori delle fasce di tutela di cui all'art. 30 ter.

Pericolosità sismica

Per una completa descrizione dei terreni in relazione alle caratteristiche sismiche, vengono di seguito riportate alcune considerazioni preliminari in merito alla pericolosità e alla classificazione dei terreni di intervento ai sensi delle NTC e si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base.

Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" – D.M. del 17/01/2018 – NTC 2018, così come le precedenti NTC 2008, definiscono le regole per progettare l'opera sia in zona sismica che in zona non sismica. Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (VS30).

Il sito può essere classificato con il valore delle VS30 così come riportato nella tabella 3.2II delle NTC 2018 al paragrafo 3.2.2. Rispetto alla precedente previsione delle NTC 2008, non è prevista la classificazione sulla base dei valori delle SPT. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s).

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base per gli altri parametri. A seguito di indagini eseguite in terreni limitrofi e che si presentano comunque in condizioni di omogeneità rispetto a quelli oggetto della presente, si può assegnare il profilo stratigrafico per le aree di edificazione come appartenente alla categoria C dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (*"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s*).

Si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base per gli altri parametri.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 24: categorie dei terreni secondo le NTC 2018

Caratteristiche geopedologiche dell'area

L'ambiente pedologico del territorio va visto in relazione alle caratteristiche delle formazioni geo-litologiche presenti, ai diversi aspetti morfologici, climatici e vegetazionali. Da un punto di vista generale si osserva che nell'area di intervento sono principalmente definibili tipologie di suolo strettamente legate ai depositi alluvionali di tipo fluviale e palustre. I suoli dell'intorno sono classificabili nell'ambito dei Typic, Aquic, Ultic Palexeralfs, subordinatamente Xerofluvent, Ochraqualfs, a profilo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, con tessitura da franco sabbiosi a franco sabbiosi argillosi in superficie, da franco sabbioso argillosi ad argillosi in profondità, da permeabili a poco permeabili, da subacidi ad acidi, da saturi a desaturati.

Nel caso in esame si osservano sul terreno direttamente circa 20-30 cm di suolo con scheletro abbondante così come si è potuto appurare con lo scavo effettuato mediante una trivella a mano per uno spessore massimo di 40 cm favorevole all'infissione.



Figura 25: tipologia prevalente di suolo nel settore

Caratteristiche geologiche dell'area

Le norme Tecniche sulle Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 rendono obbligatorie, in qualsiasi progetto, la redazione di una relazione geologica.

Il presente progetto deve essere quindi inquadrato in un modello geologico che ben risponda alle esigenze di progettazione dell'opera. La geologia della zona considerata è abbastanza semplice dal punto di vista stratigrafico e strutturale.

La successione dei terreni è infatti costituita da sedimenti per lo più quaternari sovrapposti ad elementi terziari che però non si rinvenivano se non a notevole profondità oppure nel margine collinare verso Sanluri (Formazione della Marmilla).

Il settore si colloca infatti nel margine centro-occidentale della grande struttura tettonica conosciuta con il nome di *Fossa Sarda*; si tratta di una struttura di sprofondamento crostale che già dall'Oligocene superiore (circa 30-25 M.a.) costituiva un complesso sistema di bacini d'accumulo variamente orientati e più o meno marcati ed ampi, che interessano una fascia mediamente larga una cinquantina di chilometri, estesa dal Golfo di Cagliari fino a quello dell'Asinara. Questi bacini, caratterizzati da un'instabilità tettonica complessiva sono stati riempiti inizialmente, attraverso la dinamica fluviale, da materiali clastici provenienti dal disfacimento dei rilievi attigui.

Durante il Pliocene medio-Superiore ed il Pleistocene, in relazione ad una nuova fase tettonica distensiva si sviluppò, all'interno della *Fossa Sarda* il *Graben del Campidano* entro il quale si accumularono potenti depositi clastici continentali prevalentemente derivati dall'intensa erosione delle precedenti successioni del Miocene e del Pliocene inferiore. Gli intensi sollevamenti degli horst preesistenti, durante questo periodo, trovano conferma nei potenti depositi continentali fluvio-deltizi della *Formazione di Samassi*, che si accumularono, con una potenza media di 500 metri, nella coeva fossa campidanese impostata sui sedimenti marini neogenici e sui depositi alluvionali e fluvio-palustri legati alla subsidenza pleistocenica.

La zona industriale di Villacidro ricade da un punto di vista geologico in un settore del graben Campidanese, caratterizzata da una potente successione di depositi quaternari (circa 1.8 M.a.-attuale), rappresentata da grandi conoidi alluvionali, coalescenti, che formano l'attuale fascia pedemontana che, con un'acclività decrescente, raccorda il limite dei rilievi metamorfico-granitici del *M.te Linas* con le aree pianeggianti del Campidano.

L'area in questione anche secondo la geologia ufficiale, rientra in una fascia di territorio costituita da depositi *alluvionali terrazzati* che hanno contribuito ad unire le diverse conoidi che durante il Pleistocene sono state alimentate dai materiali di smantellamento provenienti dal settore montuoso. L'unità litostratigrafica più rappresentativa nell'area di progetto è caratterizzata da spessi depositi che appartengono al *glacis d'accumulo* costituito prevalentemente da terreni clastici, poligenici, eterometrici, localmente terrazzati, d'età riconducibile al Pleistocene superiore- Olocene. Il materiale accumulato, talora rossastro e con sottili livelli di paleosuoli, è costituito nei termini più antichi essenzialmente da conglomerati, sabbie e argille più o meno compatte con prevalenti elementi di metamorfiti del basamento paleozoico e magmatiti erciniche.

I termini più recenti, che si estendono nel comparto industriale costituiscono un'unità morfologica con acclività notevolmente bassa. Sono caratterizzati prevalentemente da alluvioni ciottolose terrazzate, con ghiaie alternate a corpi lenticolari di limi ed argille consistenti e sabbie da grossolane a molto fini mediamente addensate. La percentuale di matrice non è omogenea, infatti, si passa da livelli con alta percentuale di clasti a livelli o bancate a maggior frazione di fini. Si possono rivenire livelli caratterizzati da conglomerati a matrice sabbiosa, sabbio-limosa e limo-argillosa, intercalati da livelli decimetrici di sabbie limose, sabbie argillose addensate con clasti centimetrici di rocce paleozoiche. La stratificazione è molto irregolare con alternanze di depositi di forma lenticolare di materiali fini (sabbioso-limosi e talvolta argilloso-limosi) e grossolani (ghiaie e ciottoli con grado di elaborazione variabile); l'immersione media riscontrata è verso N-E e l'inclinazione risulta

Quanto ricostruito deriva anche da sondaggi e studi eseguiti nell'area nell'ambito del progetto di realizzazione di un impianto pilota a tecnologia solare termodinamica che doveva appunto essere realizzato nell'area in argomento (a distanza di 100 metri dal punto in questione) reperibile in rete.



Dott. Geol. Antonello Frau – Via G. Puccini, 5 – 09056 Isili (SU) – tel. Fax: 0782802286 - cell. 3332937733

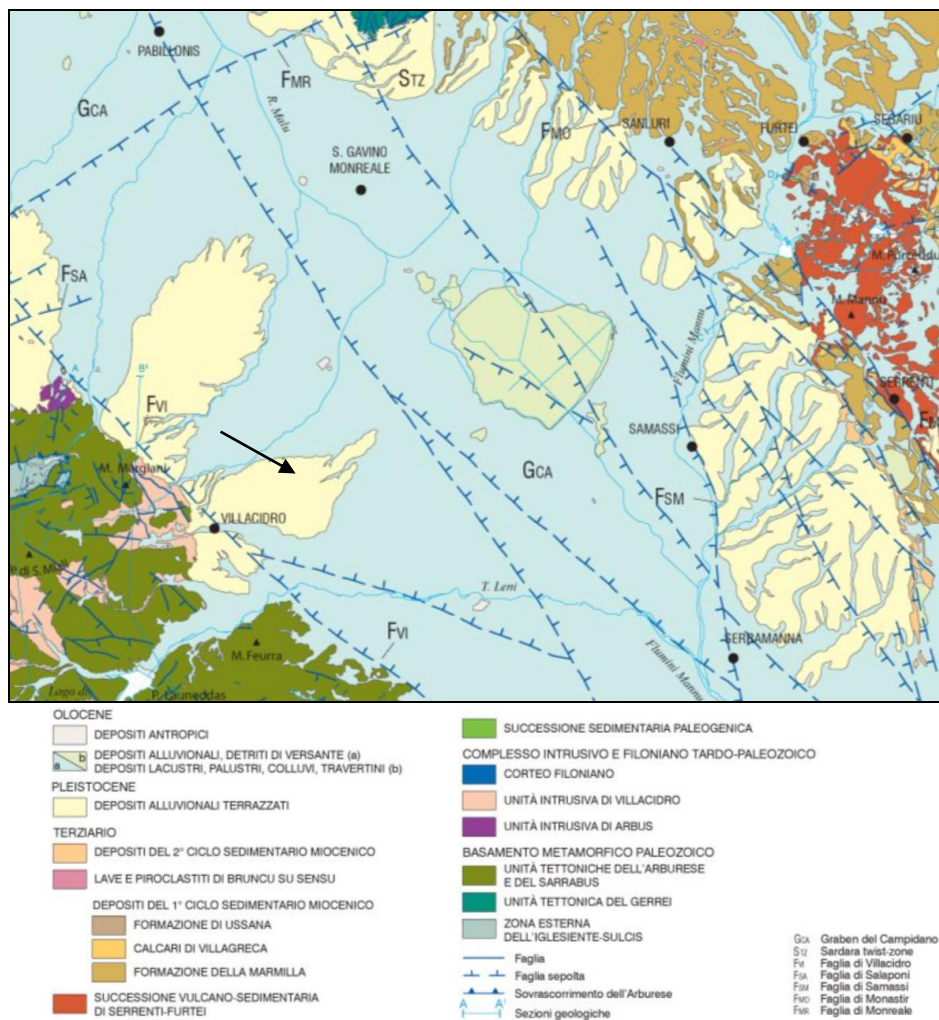


Figura 27: schema tettonico dell'area

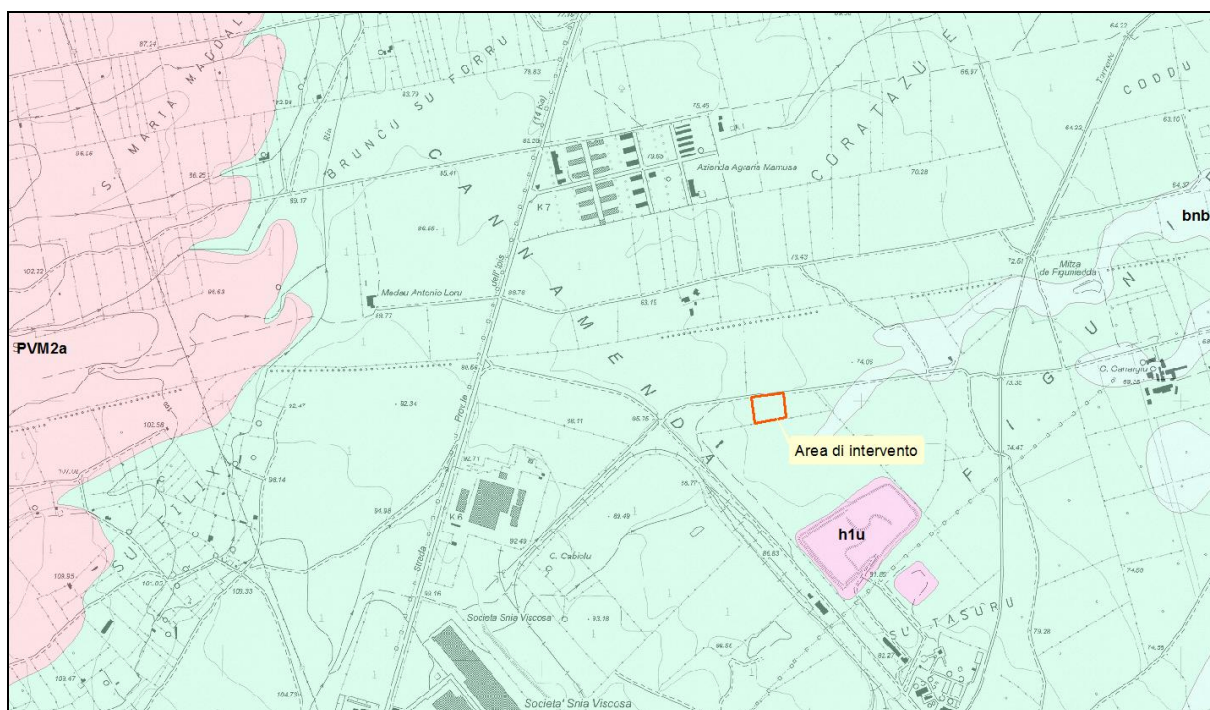


Figura 28: schema geolito-geologico dell'area su CTRN

Alcuni sondaggi geognostici eseguiti in prossimità dell'area e in particolare il sondaggio S3 tratto dallo studio indicato più sopra evidenzia hanno evidenziato una successione di terreni clastici strutturati in strati, livelli e lenti tipici di conoide alluvionale. Si tratta di depositi la cui composizione è data da elementi poligenici ed eterometrici in matrice argillo-sabbiosa o limo-argillosa a cemento argilloso. Di seguito la stratigrafia del sondaggio S3 posto a circa 100 metri a WNW del sito in questione.



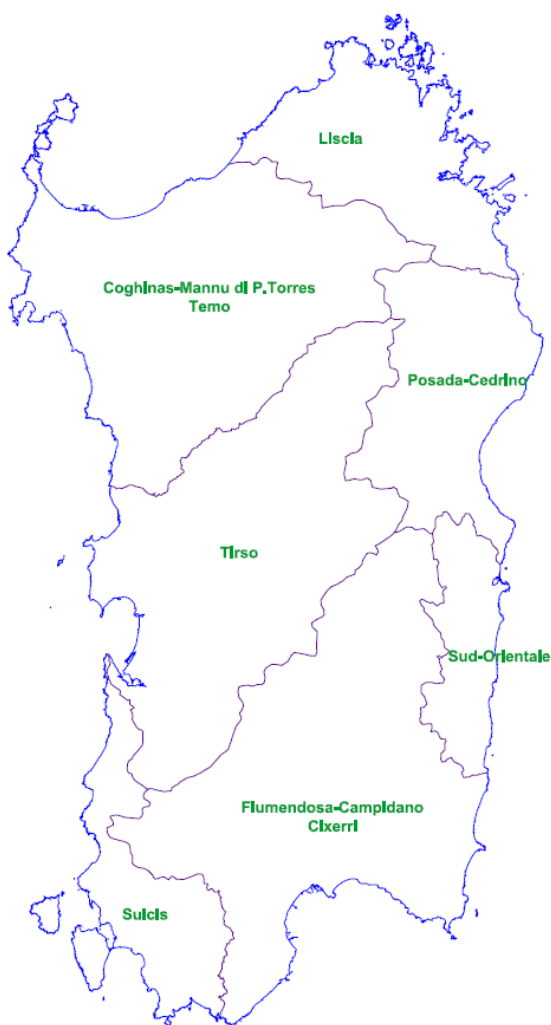
TEC. AM. SRL Loc. Pill'e Matta 09044 QUARTUCCIU P.IVA/Cod. Fisc. 01906840929 Tel/fax 070852424 e mail: tecamsrl@yahoo.it	Committente	Cons. Ind.le Medio Campidano	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Imp. pilota a tecnologia solare termodinamica	S3	1/1
	Località	Villacidro	Il geologo Dott. S. Demontis	
	Data Inizio	agosto 2013	Data Fine	agosto 2013

Scala 1:50	Stratigrafia	Profondità	Potenza	Descrizione	Prof. SPT	N° colpi SPT	Campioni	Falda
1		1.30	1.30	ghiaia in matrice limo sabbiosa marron, a clasti mediamente arrotondati di diametro max 6-7 cm, ben addensata				
2		1.30	1.00	limi sabbiosi con ciottoli, marron con screziature ocre, consistenti	1.50	28	7	1.30
3		2.30				29		1.50
4			2.90	ghiaia in matrice sabbioso argillosa a clati mediamente arrotondati di diametro max 5-6 cm, ben addensata	3.00	39	32	2.00
5						48		2.30
6		5.20	0.50	argille limose beige con screziature ocre e grigie, consistenti				
7		5.70	0.20	argille sabbiose beige con screziature ocre e grigie, consistenti				
8		5.90	0.50	argille limosa c.s.				
9		6.40	0.70	argille sabbiose con ciottoli, beige verdastre, con screziature ocre e grigie, consistenti				
10		7.10						
			2.90	ghiaie in matrice argillosa sabbiosa, grigia sfumante a marron, con clasti arrotondati di diametro max 4-5 cm, ben addensate				3.70
		10.00						

Figura 29: sondaggio geognostico eseguito nei pressi dell'area e tratto dallo studio per la realizzazione di un impianto solare termodinamico

Idrografia e idrogeologia dell'area

Idrografia e idrologia superficiale



Secondo la suddivisione dei bacini idrografici riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico, il settore in questione è compreso nel sub-bacino n° 2 – Tirso.

In realtà gli afflussi non sono direttamente drenati da tale corso d'acqua in quanto l'area è compresa nel sub-bacino del Fluminimannu di Pabillonis che immette le proprie acque direttamente sulla costa occidentale (Stagno di Marceddi- San Giovanni).

Da un esame dell'idrografia del territorio, si può riconoscere che i corsi d'acqua, generalmente modesti e a carattere strettamente stagionale, sono organizzati secondo un reticolo idrografico (pattern) di tipo pinnato che drena l'area oggetto di studio.

Si tratta di un pattern tipico di aree omogenee, parzialmente impermeabili e a morfologia pianeggiante.

Non tutti i corsi d'acqua presenti hanno conservato il loro originale andamento a causa delle varie opere di bonifica idraulica che si sono susseguite. Infatti, erano presenti vaste aree, morfologicamente depresse e sede di paludi, successivamente bonificate, tramite canalizzazioni, allo scopo di allontanarne le acque, talvolta salmastre e renderne i terreni adatti all'agricoltura. Il corso d'acqua principale, in cui affluiscono la quasi totalità

delle acque di scorrimento superficiali, è il Rio Flumini Mannu di Pabillonis che scorre a E dell'area in argomento, con prevalente direzione dapprima NE-SW e successivamente, nel territorio di San Gavino Monreale, con andamento SE-NW, a riprodurre l'andamento del sistema di faglie principali che si riconoscono ai bordi della pianura del Campidano.

Il Rio Flumini Mannu, così come gli altri corsi d'acqua presenti nell'area con la stessa direzione di scorrimento, è caratterizzato da un bassissimo gradiente di pendio, ciò è dovuto all'irrilevante differenza di livello altimetrico che si riscontra lungo la pianura del campidano in direzione SE-NW.

Di seguito si riporta lo schema idrografico superficiale del settore; si osserva che il Rio Flumini Mannu drena le acque del massiccio del Monte Linas dal quale si dirama una rete idrografica a carattere radiale.

In via generale si osserva che tutti i corsi d'acqua hanno un andamento fortemente dipendente dall'entità delle precipitazioni e quindi manifestano deflussi incanalati sono ed unicamente durante le stagioni piovose e alveo pressochè asciutto durante le stagioni siccitose estive.

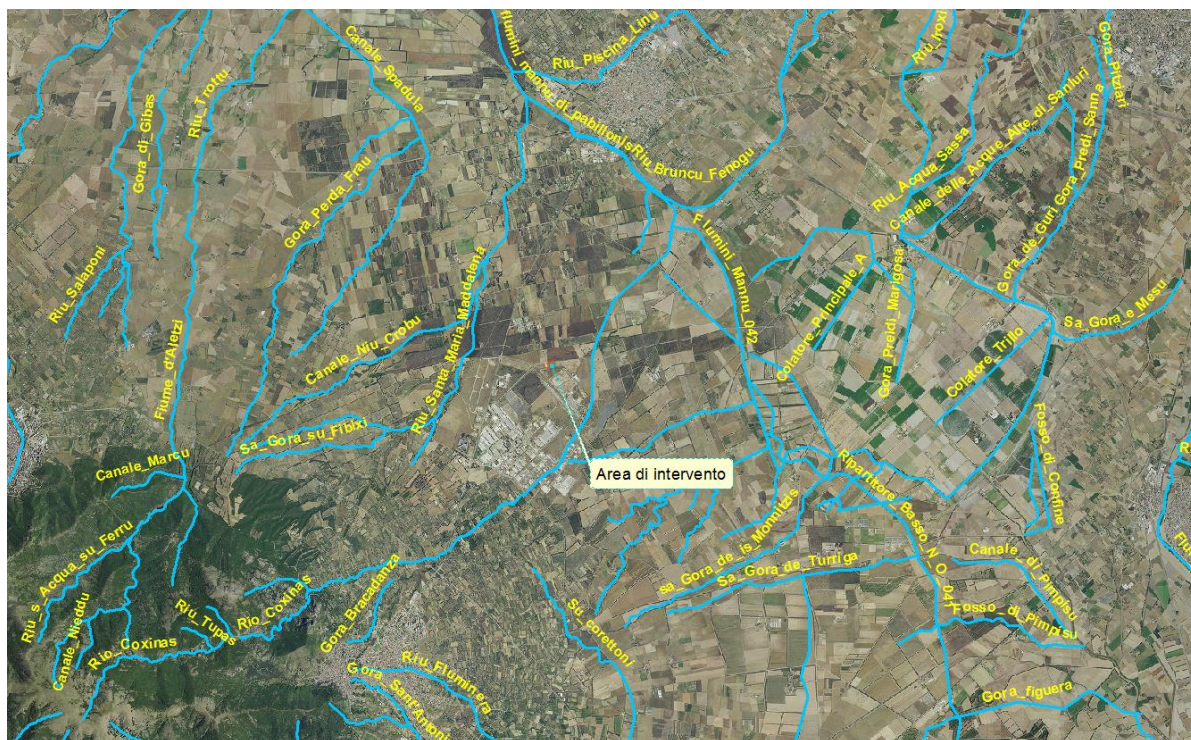


Figura 30: schema idrografico generale

In relazione all'area in argomento si rileva la presenza di canali di drenaggio e controllo delle acque meteoriche sul lato Est del lotto lungo il confine con il canile. Considerata la morfologia dell'area si manifesta l'esigenza di controllare al meglio eventuali acque derivate dalle precipitazioni mediante la realizzazione di idonea rete di drenaggio.

Di seguito l'idrografia del settore dalla quale si desume che le acque dell'area defluiscono in direzione W- E del canale di bonifica esistente e verso la rete idrografica naturale.



Figura 31: canale di raccolta e drenaggio superficiale delle acque sul lato est del lotto a ridosso del canile



Figura 32: idrografia del settore

Idrologia sotterranea

Per ciò che concerne l'idrologia sotterranea si evidenzia che la stessa è in stretto rapporto con il grado di permeabilità delle formazioni affioranti. Siamo infatti in presenza di complessi litologici che mostrano, dal punto di vista della permeabilità sia primaria (per porosità) che secondaria, caratteristiche differenti. Sulla base delle osservazioni eseguite e dell'esame delle caratteristiche di permeabilità primaria (per porosità), sono state istituite le seguenti classi di permeabilità relativa, intesa non in senso assoluto ma come valore relativo esistente tra le diverse classi litologiche esaminate.

In ordine di permeabilità decrescente si possono definire:

1) Terreni da permeabili a mediamente permeabili.

Sono rappresentati dalle alluvioni sciolte, lenti di sabbie, piccoli accumuli di ciottoli scarsamente o mediamente elaborati immersi in una matrice sabbioso - limosa, a cemento calcareo. Appartengono a questa classe i depositi detritici a forte concentrazione di scheletro ciottoloso e sabbioso grossolano in matrice più o meno argilloso - limosa e i depositi delle alluvioni ciottolose e sabbiose lungo i corsi d'acqua.

2) Terreni da mediamente a scarsamente permeabili.

Sono rappresentati dalle alluvioni sabbiose, limose e argillose di colore da chiaro a grigio scuro e da depositi fluvio - lacustri e palustri. Alluvioni sciolte con ciottoli del Paleozoico (graniti, scisti, etc.) spesso argillificate e ferretizzate con accenno ad una pseudo - stratificazione. Ancora, appartengono a questa classe, gli adunamenti o lenti argillose che si ritrovano in alcune aree particolarmente depresse con forte presenza di minerali argillosi a reticolo cristallino espandibile; questi ultimi hanno evidentemente permeabilità da estremamente bassa a nulla.

Quanto sopra si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte o direzionale con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa. La formazione alluvionale che può superare i 200 metri di spessore, vista la disomogeneità dei rapporti verticali e laterali dei litotipi a diversa granulometria e ai differenti stati d'addensamento, presenta un medio-scarso grado di permeabilità. L'acquifero contenuto in questa formazione è senz'altro da ritenersi di tipo freatico o semi-freatico di modesto significato idrogeologico con diversi livelli idrici sovrapposti nei primi 15 metri di profondità, che possono essere ricondotti ad un'unica falda acquifera, in

quanto il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti può lasciare moltissime soluzioni di continuità tra depositi con grado di permeabilità differente.

Queste caratteristiche idrauliche dei sedimenti, come constatato durante la perforazione dei sondaggi effettuati nell'ambito dello studio più volte indicato, hanno evidenziato che la risorsa idrica è legata a livelli idrici di modesta entità e di scarsa trasmissività.

Le misurazioni dei livelli statici hanno indicato che la "falda" nel settore di progetto soggiace mediamente alla profondità di 3,50 metri dal p.c. Le quote idriche statiche riscontrate indicano una complessiva inclinazione della falda verso SE. Nei periodi quindi di scarsa risalita la falda mostra un livello statico pari a circa 3,5 metri dal p.c. E' comunque noto dalle misurazioni di diversi piezometri nell'area, che la falda manifesta livelli idrici che nel periodo di risalita possono giungere quasi al piano di campagna. Tale condizione è evidente in particolare sul lato sud del lotto di costruzione ma anche dalla ricostruzione stratigrafica dalla quale si evince la presenza di argille alla profondità di 5 metri circa dal p.c.

Come già più volte ripetuto, l'area in questione si presenta in un contesto depresso morfologicamente e può essere quindi soggetta ad accumulo d'acqua, sia superficiale che sotterranea. La presenza negli strati al di sotto dei primi metri di sedimenti di terreni a granulometria molto fine (argille e limi) crea un letto impermeabile impedendo la percolazione delle acque meteoriche negli strati più profondi e conseguentemente l'accumulo per ritenzione. Da ciò segue la formazione delle falde con superficie piezometrica vicina alla superficie topografica. Questa situazione crea naturalmente condizioni di particolare dissesto in occasione di forti precipitazioni in quanto una volta saturato lo strato permeabile superficiale, le acque ruscellano liberamente creando condizioni di allagamento.

Le alluvioni terrazzate costituiscono quindi un acquifero freatico poco profondo.

Si consiglia la protezione dell'area con adeguati drenaggio atti a controllare le eventuali risalite di falda in modo che le medesime non intacchino i substrati di fondazione

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per ciò che concerne le indagini in situ, nell'area non è stata effettuata alcuna campagna di indagine sebbene nelle aree circostanti, come già indicato nel presente studio, siano stati effettuati diversi studi ed indagini nonché analisi di laboratorio che saranno prese come riferimento.

INDICAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI SCAVI

In relazione alle modalità costruttive delle opere previste si evidenzia che qualsiasi intervento dovrà necessariamente comportare l'esecuzione di scavi più o meno profondi. Come evidenziato nella trattazione svolta nella presente, l'area di edificazione presenta, quasi ovunque livelli di depositi alluvionali terrazzati.

Sino alla profondità di scavo di 1.5 metri, soltanto nei casi in cui l'inclinazione delle pareti è tale da garantire la stabilità delle stesse per aderenza del terreno anche in caso di pioggia, lo scavo e le lavorazioni potranno essere eseguite senza sbadacchiature. Il materiale dello scavo, specie per quello che potrà essere recuperato, potrà essere accumulato lungo il bordo dello scavo almeno ad una distanza pari alla metà della profondità.

La larghezza degli scavi deve in ogni caso consentire l'esecuzione dei lavori in condizioni di massima sicurezza e in osservazione di tutte le norme vigenti in materia. Si evidenzia a tal fine, che l'apertura di uno scavo altera sempre la pendenza naturale delle

scarpate creando i presupposti per pericolosi incrementi degli sforzi di taglio, i quali possono condurre alla creazione di superfici di rottura e quindi al collasso dello scavo.

Si rende necessario stabilire pertanto una pendenza da assegnare allo scavo o valutarne la stabilità sino a quando non saranno eseguite le lavorazioni.

La scelta delle pendenze di sicurezza da assegnare al profilo degli scavi dipende dalla resistenza al taglio del terreno, dall'altezza dello scavo e dalle condizioni di circolazione delle acque sotterranee. Si riporta di seguito un grafico ricavato dalla letteratura e frutto dell'esperienza acquisita sul comportamento dei pendii in vari tipi di terreno e rocce. Si osservi come nel caso specifico, possano essere consigliate pendenze di circa 1/1 o leggermente superiori.

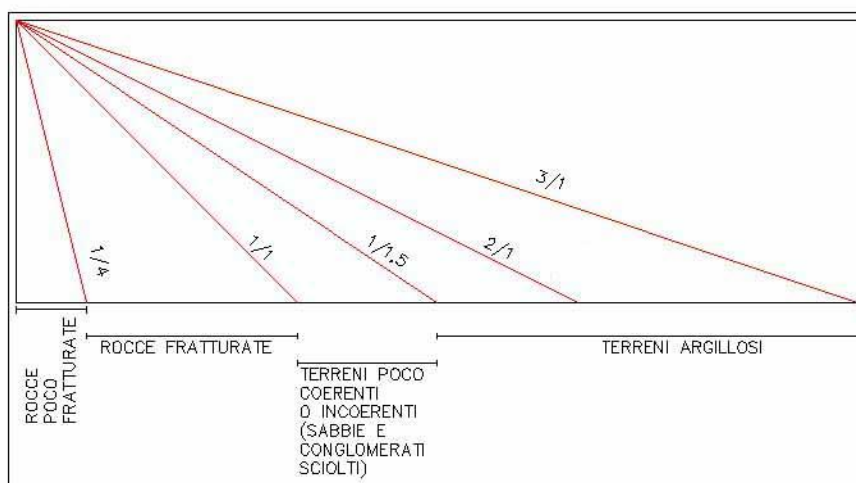


Figura 33: Inclinazione delle scarpate in funzione delle condizioni litologiche

Qualora si dovesse verificare l'esigenza di approfondimenti oltre 1,50 metri dal p.c. si rammenta che dovrà essere effettuata una verifica di stabilità dello scavo ai fini della valutazione dell'altezza critica dello sbancamento in parete verticale, così come definito nella condizione (A2+M2+R2) stabilita dalle NTC 2018 e dedotte dai metodi conosciuti e secondo lo schema terreno asciutto e terreno saturo.

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

Oltre a quanto sopra rappresentato, in caso di approfondimento degli scavi, si ritiene indispensabile, durante le lavorazioni:

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

Per le terre e rocce da scavo per le quali si preveda il riutilizzo in regime dei sottoprodotti al di fuori del riutilizzo in cantiere, potrà essere seguita la procedura attualmente prevista dal D.P.R. 120/2017; in caso di riutilizzo all'interno del cantiere si dovranno seguire le indicazioni del medesimo decreto citato anche in applicazione all'art. 185 del D. Lgs. 152/2006 e art. 24 del D.P.R. 120/2017. Dovrà pertanto essere effettuata una adeguata caratterizzazione dei materiali prima dell'eventuale reimpiego o in alternativa l'adeguata localizzazione e progettazione del sito di riutilizzo. Trattandosi localmente di riporti antropici, sul lato Est dell'impianto esistente, ai fini del riutilizzo è imposto anche il test di cessione ai sensi del D. L. 2/2012.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione, redatta sulla base di apposito incarico, fa parte degli studi geologici di corredo agli atti progettuali per la realizzazione dell'impianto di trattamento dei rifiuti in agro di Villacidro.

Sono stati presi in esame lo stato di fatto dei luoghi e le principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona. Quindi, in conformità alle regole e norme tecniche stabilite dalle disposizioni vigenti in materia, è stato redatto questo documento contenente le indicazioni circa gli interventi proposti, nonché la sintesi degli interventi tecnici da effettuare in rapporto all'entità, alla tipologia e categoria dei lavori da progettare.

Le indagini geologiche già svolte in passato in aree limitrofe hanno permesso di ottenere una conoscenza dello stato di fatto del sito di interesse e di valutare la completa assenza di fenomeni di rischio o di pericolosità tali da compromettere la realizzazione delle opere.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche locali e alle ipotesi geologiche considerata:

- l'entità del progetto
- la fattispecie tipologica e strutturale dell'intervento che esula comunque dal presente quadro ma per il quale si rimanda alle relazioni e ai disegni tecnici di progetto
- la ricognizione dei luoghi dalla quale emerge una stratigrafia definita da terreni alluvionali,
- l'intercettazione di una falda freatica a scarsa profondità dal p.c.
- la mancanza di fenomeni di pericolosità idrogeologica sia per frana che per inondazione;
- l'analisi del quadro ambientale e geologico in senso lato compatibile con la realizzazione dell'opera
- la pericolosità sismica di base dei terreni

sulla base delle considerazioni riportate nel presente studio, si esprime la positiva fattibilità delle opere progettate a livello definitivo - esecutivo e si rimanda alla relazione geotecnica per gli eventuali dimensionamenti. Per tutti gli elaborati di inquadramento e localizzazione puntuale delle opere si rimanda agli elaborati grafici e a quelli descrittivi di progetto. Per effetto delle caratteristiche dei luoghi e dei minimi carichi previsti in progetto, si raccomanda la bonifica dello strato superficiale effettuando la sostituzione del materiale in posto con inerte di cava a spigoli vivi che consenta anche una parziale sopraelevazione dell'opera rispetto al terreno circostante.

Si raccomanda altresì di effettuare l'isolamento del materiale inerte dai suoli mediante geotessuto. Per tali aspetti si rimanda alle relazioni di progetto e agli elaborati grafici del medesimo.

Eventuali scostamenti rispetto a quanto previsto nel presente elaborato dovranno necessariamente essere verificati e supportati in caso di necessità da approfondimenti di dettaglio. Non sussistono particolari problematiche di natura geologica, idrogeologica ed idrologica in merito alla stabilità dei luoghi di indagine tali da compromettere la realizzazione delle opere.

Il Professionista

Isili, li 13/06/2021

Dott. Geol. Antonello Frau
(File firmato digitalmente)