



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 10,002
MW_P DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GONNESA (SU),
CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ELETTRICHE
DENOMINATO “GENERE”

RELAZIONE GEOLOGICA

Rev. 0.0

Data: 28 NOVEMBRE 2022

PV015-DOC003

Committente:

Ecosardinia 2 S.r.l.

Via Manzoni, 30

20121 MILANO (MI)

C. F. e P. IVA: 11117500964

PEC: ecosardinia2srl@legalmail.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd

Unit 3.03, 1110 Great West Road

TW80GP London (UK)

Company number: 111780524

email: mail@quenter.co.uk

Progettista:

ing. Alessandro Zanini



SOMMARIO

<i>Introduzione</i>	2
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
2. ELEMENTI CLIMATICI	6
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	21
5.1 CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO	23
6. ANALISI VINCOLI AMBIENTALI.....	25
7. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO.....	29
8. ANALISI DELLE AZIONI SISMICHE	33
CONCLUSIONI.....	37

Introduzione

La presente relazione è stata commissionata allo scrivente da QUEEQUEG RENEWABLES, Lt, allo scopo di verificare le condizioni geologiche dell'area interessata dal progetto di realizzazione di una centrale fotovoltaica su inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica avente una potenza di picco di 10,002 MWp nel comune di Gonnese in prossimità del Monte Genere.

La relazione geologica comprende la ricostruzione del modello geologico del sito, orientato alla definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, alla fattibilità geologica.

Nel corso dello studio geologico si è compiuto un rilevamento di campagna dell'area direttamente interessata dall'intervento e delle zone adiacenti, per un'estensione sufficientemente ampia, al fine di caratterizzare le formazioni geologiche presenti, i limiti stratigrafici e tettonici nonché i processi geomorfologici antichi e recenti.

E' stata svolta inoltre eseguita una prova HVSR (Nakamura) finalizzata alla valutazione del rapporto H/V.

Lo studio è stato condotto avvalendosi di informazioni provenienti dalla bibliografia e dalla cartografia geologica esistente, di dati d'archivio relativi a numerosi studi già precedentemente svolti dallo scrivente nel medesimo contesto geologico nonché di quanto emerso ad un attento rilievo dei luoghi. Ciò ha consentito di effettuare una caratterizzazione geologica dell'area, definendone l'assetto morfologico, i dissesti potenziali, la circolazione idrica superficiale e sotterranea e le principali caratteristiche geomeccaniche.

RIFERIMENTI NORMATIVI

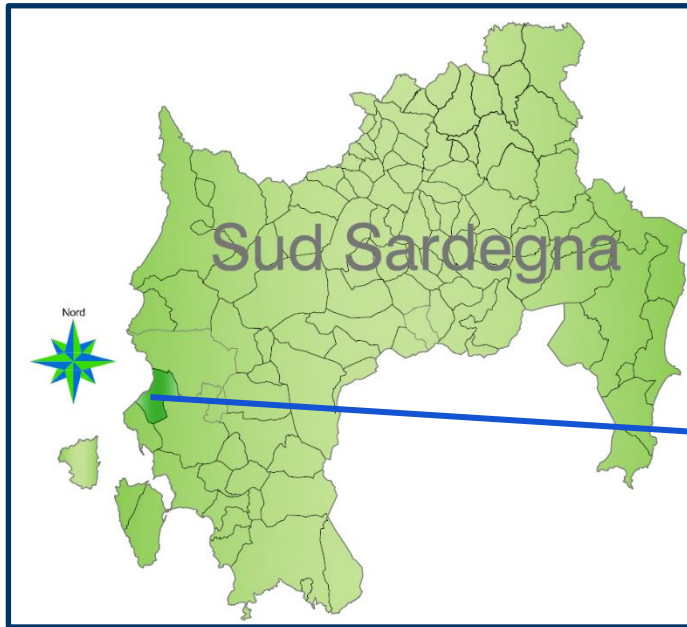
La redazione della suddetta relazione è stata realizzata secondo i principali riferimenti normativi:

Normative e raccomandazioni:

- **Norme Tecniche per le Costruzioni** - 14 Gennaio 2008.
- **Aggiornamento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni"** D.M. 17.01.2018.
- **Circolare LL.PP. 617** – 2009.
- **D.M. 11 marzo 1988.**
- **Eurocodice 7** Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- **Eurocodice 8** Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007 e succ.mod.
- **Decreto Legislativo 03/04/2006**, n. 152 "Norme in materia ambientale" e succ.mod., D.M. Ambiente 10/08/2012, n. 161 (Terre e Rocce da Scavo).
- **O.P.C.M. n. 3274/2003** e succ.mod. (classificazione sismica territorio).

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L' area oggetto di studio relativa al progetto per la realizzazione di una centrale fotovoltaica da realizzarsi nel comune di Gonnese ricade: nel Foglio 555 Sez. III - PORTOSCUSO della nuova Carta D'Italia I.G.M. 1:25.000. Inoltre è distinta nella Carta Tecnica della Sardegna in scala 1:10.000, Foglio 555 100 - GONNESA.



Regione:	Sardegna
Provincia:	Sud Sardegna
Comune:	Gonnese

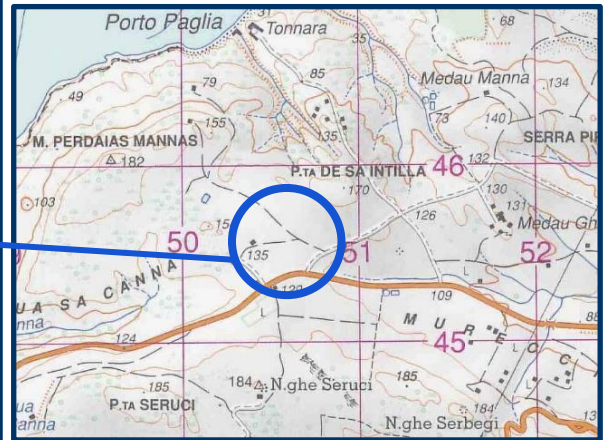


Fig. 1 Limiti amministrativi Provincia del Sud Sardegna
In evidenza Comune di Gonnese

Fig. 2 Stralcio I.G.M. Foglio 555 IGLESIAS (1:50.000)

QUADRI D'UNIONE

Sezioni 1:25.000

IV	I
III	II

555

SEZIONI 1:10.000

010	020	030	040
050	060	070	080
090	100	110	120
130	140	150	160



Fig. 3 - Immagine satellitare. Area interessata dall'impianto fotovoltaico

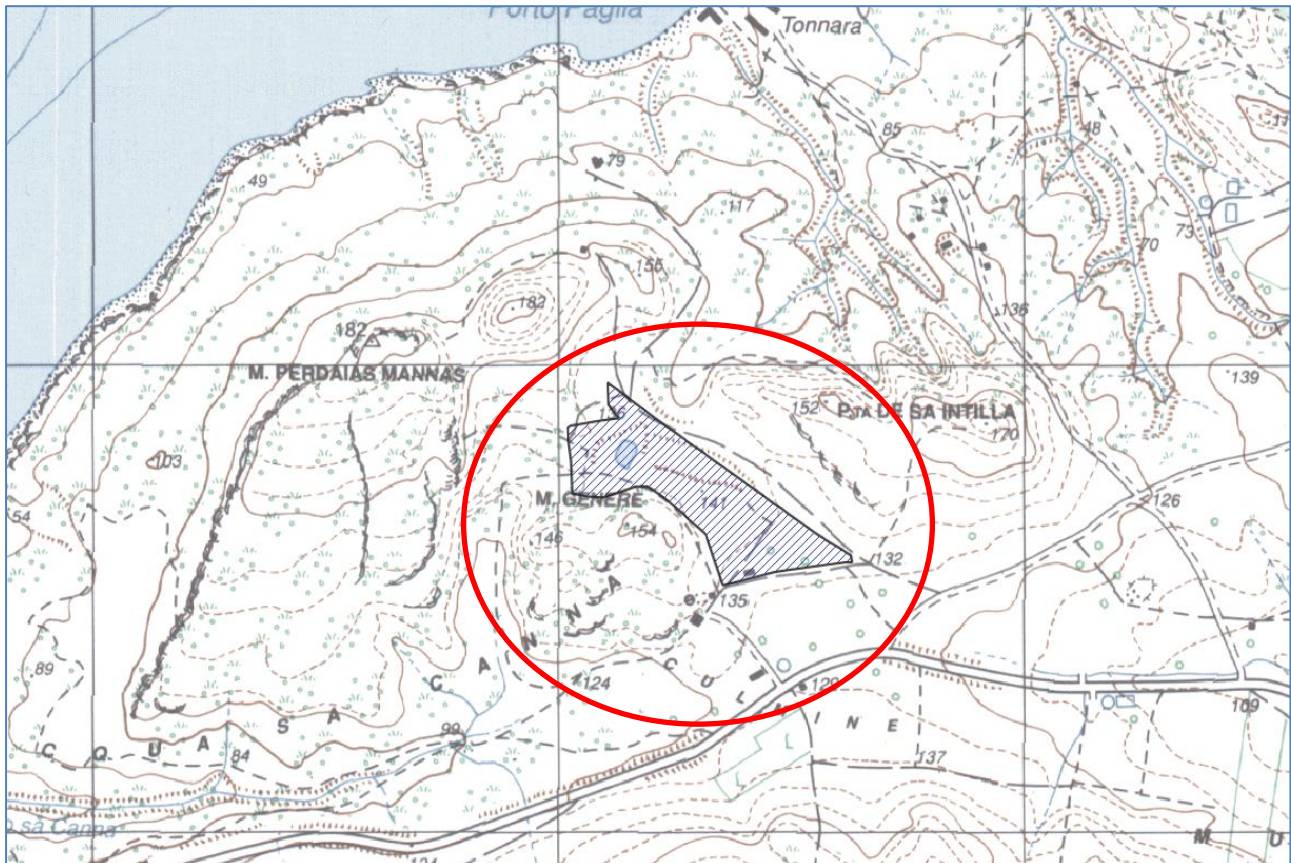


Fig. 4 - Stralcio I.G.M. Foglio 555 Portoscuso (non in scala)

2. ELEMENTI CLIMATICI

Tra i fattori naturali che vengono considerati ed analizzati nello studio geoambientale, il clima si colloca tra i principali in quanto capace di controllare e modificare l'evolversi dell'ambiente.

L'area in esame subisce da un lato l'influenza di masse d'aria portate dai venti occidentali di origine atlantica e dall'altro quella delle masse d'aria tropicali provenienti dall'Africa settentrionale, cui si aggiungono limitate incursioni di aria fredda. Sono proprio gli spostamenti stagionali di queste masse d'aria a determinare le tipologie di condizioni meteorologiche.

Il regime termico dell'area è caratterizzato da temperature elevate in tutto l'anno con una media/anno di 16 °C. Il mese più freddo è gennaio con una media di circa 8 °C con rare giornate con temperature intorno a 0 °C.

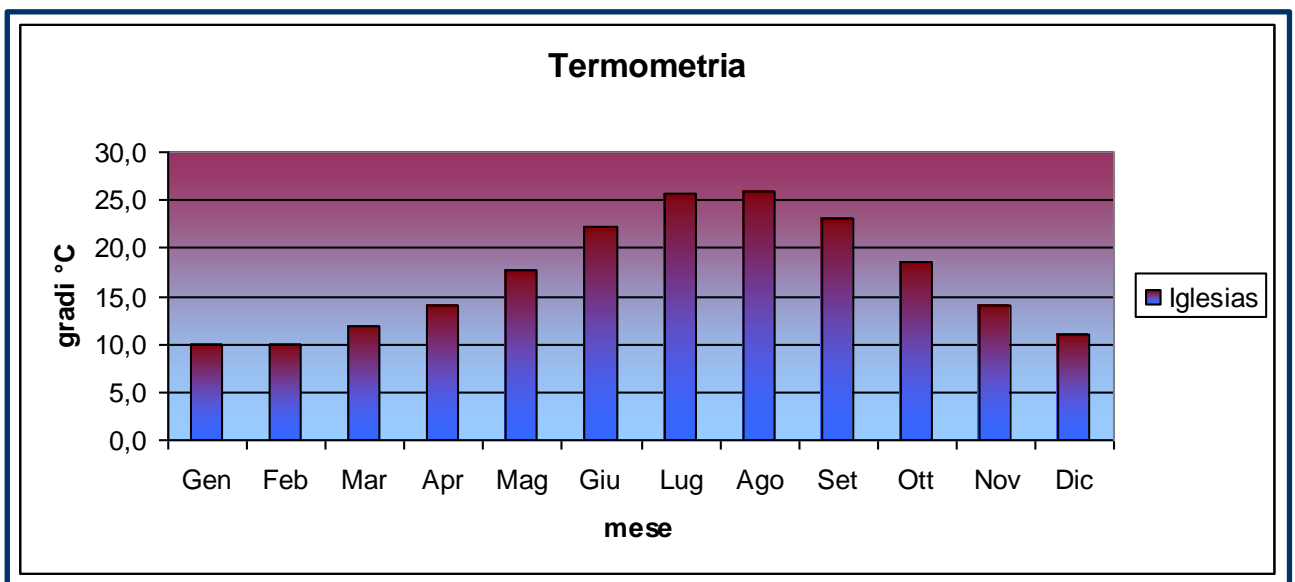
I valori elevati si registrano in luglio ed agosto con temperature medie di 26 °C.

Nell'area esaminata le precipitazioni presentano un'irregolare distribuzione stagionale con notevoli scarti delle medie nei singoli totali.

Generalmente le prime piogge si hanno in settembre ma talvolta si ha diminuzione dei valori di precipitazioni alternati a periodi di aridità. In definitiva si nota che le precipitazioni sono concentrate in brevi periodi dell'anno (settembre, aprile) con massimi nel mese di dicembre; il mese meno piovoso è luglio con una media di 2 - 4 mm.

Per l'individuazione delle principali caratteristiche climatiche dell'area, sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione termometrica e pluviometrica di Iglesias editi su base giornaliera per i periodi 1922-1992 (Nuovo Studio SISS 1998).

Nei seguenti grafici vengono riportati i valori medi mensili delle precipitazioni espressi in millimetri di pioggia nell'intervallo considerato ed i valori medi mensili delle temperature relativi all'area in esame.



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
Iglesias	9,9	10,0	11,9	14,1	17,8	22,3	25,7	25,8	23	18,6	14,1	11	17

Tab. 1 - Dati relativi alle temperature medie nell'arco di 70 anni

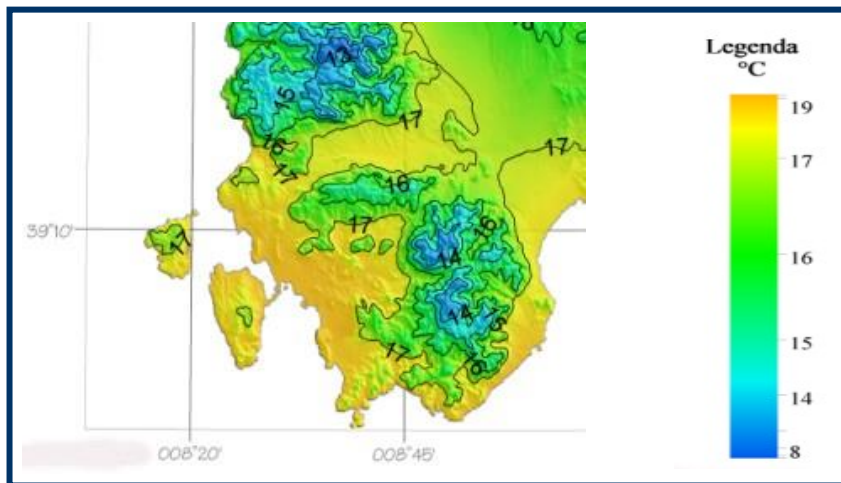
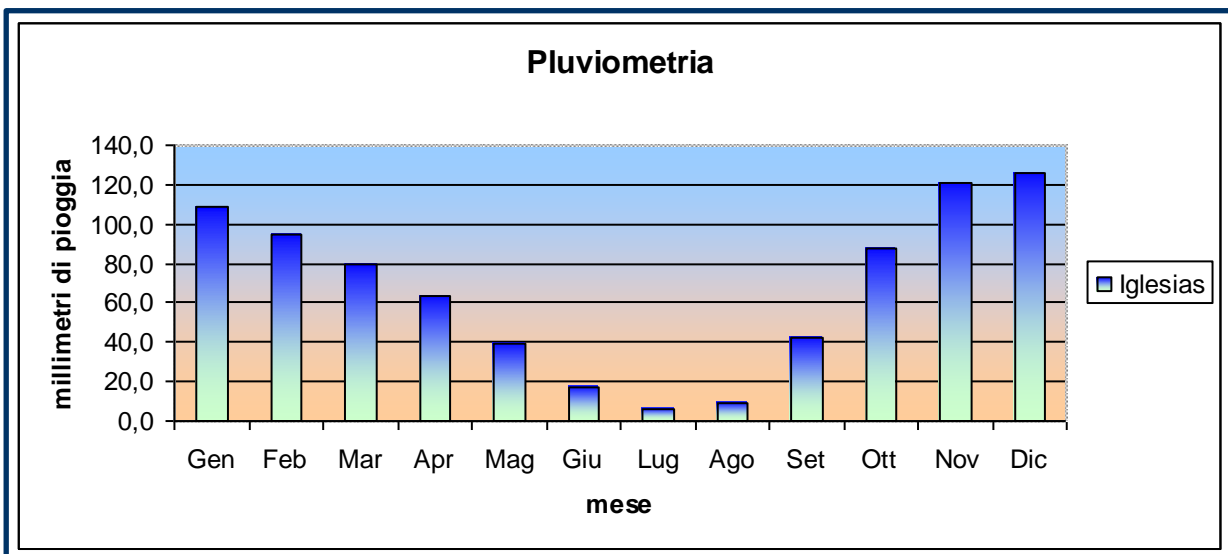


Fig. 5 Temperature medie (1934-2004)

I dati pluviometrici, riferiti alla stazione meteo di Iglesias, si riferiscono all'altezza di pioggia (mm), i mesi meno piovosi come riportato in Tab. 3 risultano luglio e agosto; le piogge sono concentrate da Ottobre a Febbraio.



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
Iglesias	108,7	95	79,9	63,7	39	16,7	6,4	9	42,3	88,1	120,4	125,7	66,25

Tab. 2 - Dati relativi alle precipitazioni medie nell'arco di 70 anni

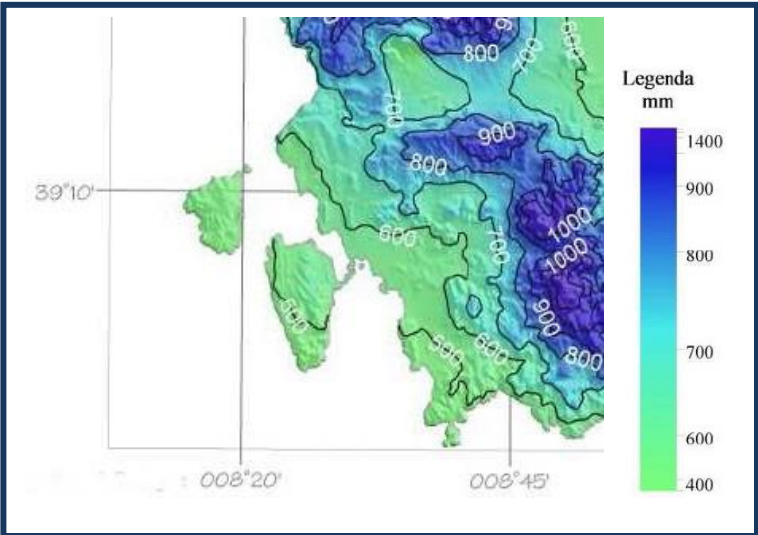


Fig. 6 Precipitazioni medie (1934-2004)

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il riconoscimento delle forme e dei processi geomorfologici, si basa essenzialmente sulla fotointerpretazione delle ortofoto digitali e delle immagini da satellite appoggiate sul modello altimetrico del terreno.

Importante sottolineare che l'assetto geomorfologico-strutturale di un territorio è la risultante dell'azione di forze esogene ed endogene, responsabili dell'erosione e del modellamento delle superfici e di quegli antichi spostamenti tettonici a scala Regionale ormai stabilizzati e inattivi.

I fattori morfogenetici, che hanno posto le fondamenta per l'evoluzione del paesaggio, in questo settore del Sulcis, sono stati i movimenti tettonici. Gli eventi geologici che hanno interessato l'area di studio sono stati caratterizzanti per lo sviluppo geomorfologico, lo confermano i rilievi i quali si sono formati a causa dell'orogenesi Ercinica, e modellati subito dopo la loro formazione a causa di agenti esogeni, che hanno asportato una buona parte del complesso scistoso metamorfico nell'era paleozoica.

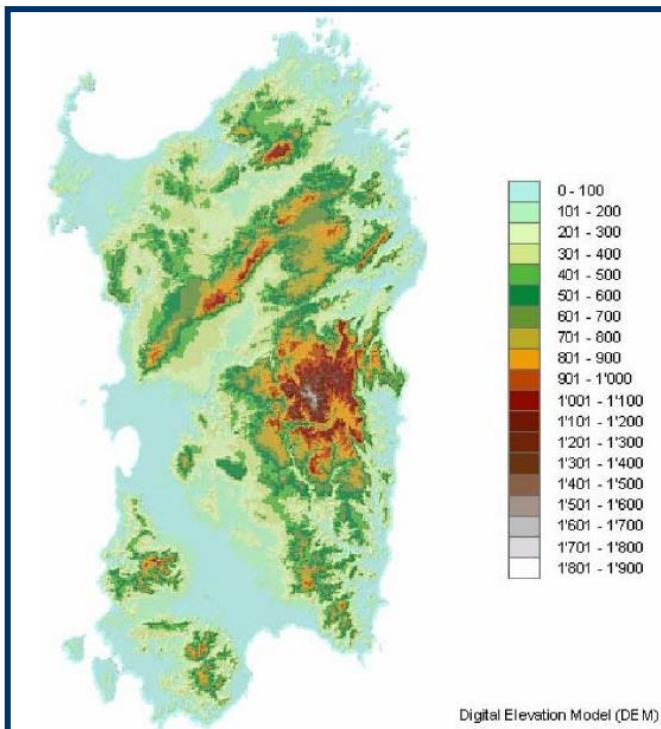


Fig. 7 - Carta Altimetrica

L'area oggetto di studio presenta una morfologia prevalentemente collinare considerando i modesti rilievi anche tabulari che non superano i 200 m di quota. L'area vasta è inoltre caratterizzata dalla presenza di rilievi paleozoici e cenozoici intervallati da aree pianeggianti originatesi per colmate alluvionali di età quaternaria.

I rilievi paleozoici presentano forme più aspre rispetto a quelli cenozoici che si presentano soprattutto con forme arrotondate e tabulari.

Il pianoro vulcanico maggiormente rappresentato nell'area di progetto, presenta quota 184 m a Nuraghe Seruci, 185 m a P.ta Seruci.

I "Pianori Ignimbratici" sono il risultato degli eventi orogenetici caratterizzanti il settore e causa del sollevamento del manto terrestre e delle conseguenti azioni di erosione differenziale, viene messa in evidenza la loro tipica successione a "Gradoni".

Le ignimbriti più tenaci (Daciti e Rioliti) mostrano, un paesaggio caratterizzato da cavità più o meno ampie chiamate "Tafoni", determinate dalle azioni di erosione e dissoluzione causate da vento, pioggia e dalla temperatura.

Le morfologie fluviali impostatesi sul paesaggio ignimbratico evidenziano una origine marcatamente tettonica; i corsi d'acqua si sono impostati in corrispondenza di faglie e fratture, seguendo percorsi pressoché lineari.

L'erosione fluviale ha determinato la formazione di profondi canali come quello di "Sturruiliu" presso Nuraxi Figus, e come quelli del Rio Anguiddas e del Rio Ghilotta, tutti con direzione Nord-Sud; più raramente abbiamo impluvi Est-Ovest come quelli di "Acqua sa Canna" nel territorio oggetto del presente lavoro o il più distante canale di "Paringianu".

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore in esame, come osservabile nello stralcio della carta Geologica della Sardegna in scala 1:50.000, è stato interessato dalla tettonica trascorrente dell'Oligocene Superiore riattivata durante le fasi distensive del Miocene medio e del Plio-Quaternario.

La conformazione principale è quella di un basso strutturale allungato in direzione E-W. Secondo osservazioni sedimentologiche e strutturali recenti, che porterebbero ad escludere l'interpretazione classica di un graben bordato da faglie, la Fossa del Cixerri si configura come una sinclinale, con direzione assiale circa E-W, che ha piegato la successione dell'Eocene inferiore-medio, e originato, durante l'Eocene superiore-Oligocene, la sedimentazione della Formazione del Cixerri.

I rilievi montuosi che bordano il basso strutturale sono costituiti da litologie del Complesso Metamorfico Ercinico e dalle Successioni che vanno dal pre-Ordoviciano medio al Siluriano.

- La Successione del pre-Ordoviciano medio è rappresentata da sedimenti prevalentemente terrigeni della Formazione di Nebida, seguiti verso l'alto dalla potente successione carbonatica

della Formazione di Gonnese. Passano poi alla Formazione di Cabitza, che marca l'annegamento della piattaforma carbonatica.

- La Successione clastica dell'Ordoviciano medio - Carbonifero inferiore autoctona, che giace discordante sulla successione cambro-ordoviciano inferiore, è costituita da:

- metasiltiti, metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche;

- metapeliti scure carboniose e nella parte inferiore da quarziti nere, dei depositi Siluriani degli "Scisti a Graptoliti" autoctoni, affioranti in modo discontinuo a causa delle laminazioni tettoniche determinate dal sovrascorrimento dell'Unità dell'Arburese sulla zona esterna.

Il sovrascorrimento ercinico delle Falde Esterne della Successione del pre-Ordoviciano rappresentato dall'Unità dell'Arburese con le Arenarie di San Vito, costituisce gli alti strutturali settentrionali e meridionali del settore orientale della fossa e quelli della Soglia di Siliqua. La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigio verdastro al grigio scuro.

Le Coperture sedimentarie e vulcaniche, ben rappresentate all'interno della Fossa del Cixerri, sono costituite da sedimenti del tardo Paleozoico superiore e da sedimenti e vulcaniti del terziario.

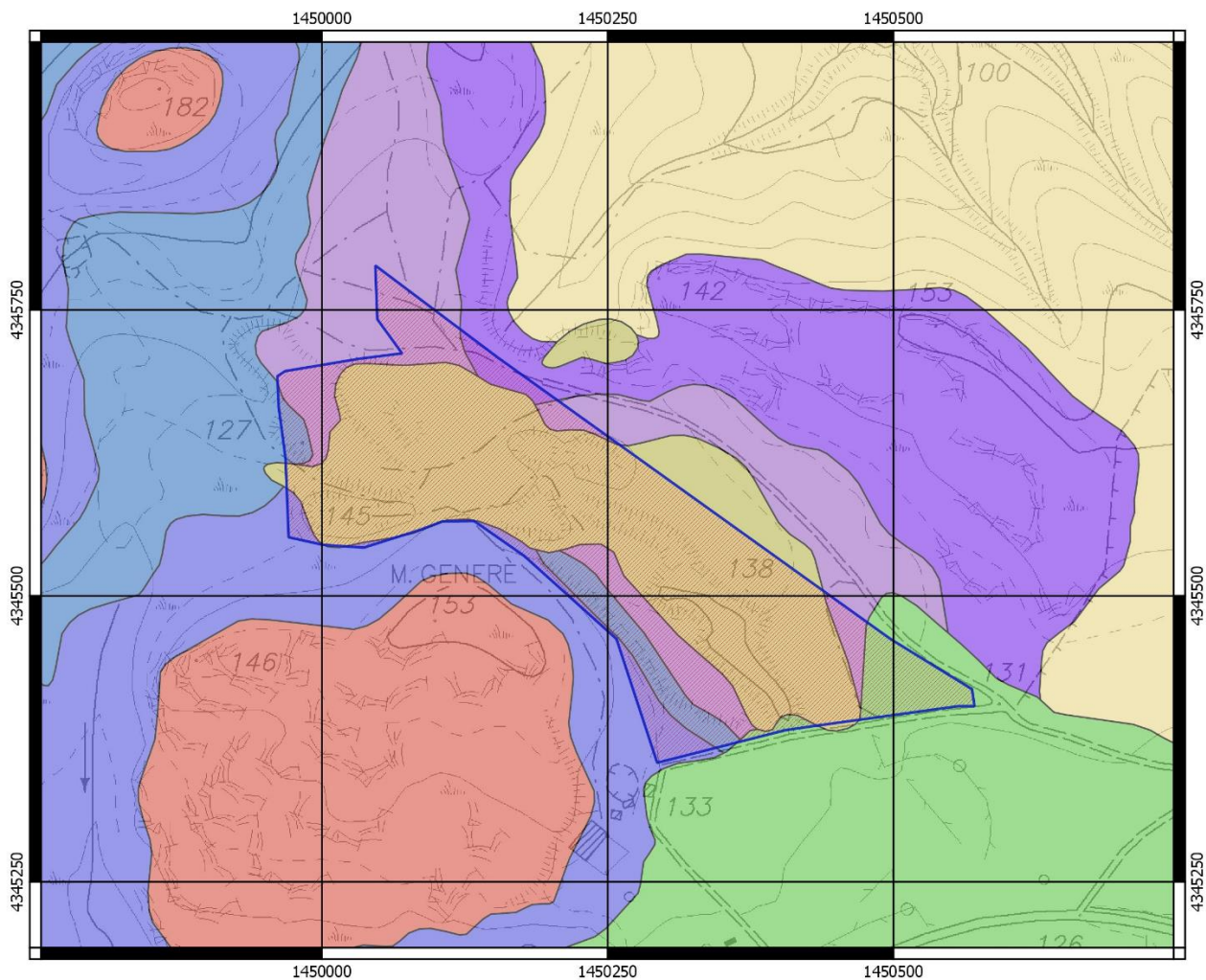
- Le successioni tardo paleozoiche, rappresentate dalla Copertura sedimentaria della Successione continentale del Carbonifero superiore - Trias medio, giacciono in netta discordanza sul basamento metamorfico nei piccoli affioramenti presenti a Sud Ovest dell'abitato di Carbonia. Si tratta di sedimenti prevalentemente detritici di ambiente alluvionale e lacustre, argille siltose rosso violacee, arenarie quarzose micacee e conglomerati di piana alluvionale, con intercalazioni di calcari silicizzati.

- I sedimenti terziari, iniziano con la Successione transizionale e marina del Paleocene Sup. Eocene Medio, che affiorano sul bordo sud occidentale della Fossa del Cixerri. Tali depositi fanno parte di un bacino localizzato che si estende tra il Golfo di Palmas a Sud ed il Golfo di Gonnese a Nord. Sono costituiti da calcari di ambiente lagunare a conglomerati a matrice siltosa ed arenarie con resti di piante di ambiente fluviale.

- Le vulcaniti del Ciclo vulcanico calcalino oligo-miocenico, sono ben rappresentate lungo il bordo meridionale e centro orientale della Fossa del Cixerri. Si presentano come apparati isolati che si elevano, spesso bruscamente ed in netto contrasto, dal paesaggio pianeggiante

circostante, modellato a glacis e terrazzi. Questi rilievi vulcanici rappresentano cupole di ristagno (M. Exi, M. Gioiosa Guardia, Castello di Acquafredda, M. Truxionis) a composizione principalmente andesitico-dacitica.

- Nella valle omonima la Formazione del Cixerri è ben rappresentata sul bordo meridionale della Fossa a Sud e a Sud-Est dell'abitato di Villamassargia e Siliqua. In particolare è presente a Nord dell'abitato di Musei in varie colline sub-parallele con direzione Nord Ovest-Sud Est. Si tratta di depositi continentali, costituiti prevalentemente da arenarie quarzoso-feldspatiche, generalmente ben stratificate con frequenti intercalazioni di potenti lenti di conglomerati e marne e argille siltose contenenti spesso concrezioni ferruginose.
- I depositi quaternari che hanno riempito l'intera Fossa del Cixerri, affiorano estesamente su tutta la fossa e sono maggiormente rappresentati dalle alluvioni antiche e da quelle recenti presenti soprattutto lungo l'attuale corso del Rio Cixerri.
- Si tratta di depositi in facies continentale, costituiti da conglomerati, sabbie, argille in parte compatte, in terrazzi e conoidi alluvionali (Alluvioni antiche Auct.) del Pliocene–Pleistocene, e da depositi ghiaioso-sabbiosi di fondovalle e delle piane alluvionali dell'olocene.



Legenda

- Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
- DACITI DI LENZU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica
- DACITI DI ACQUA SA CANNA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo dacitico
- DACITI DI CORONA MARIA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica
- CONGLOMERATI DI MONTE GENERE. Conglomerati costituiti da ciottoli e vulcaniti. Spessore: MIOCENE INF.
- FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie EOCENE MEDIO - ?OLIGOCENE
- SINTEMA DI PORTOVESME. Sabbie e arenarie eoliche con detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP.
- RIOLITI DI SERUCI. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico MIOCENE ?INF.-?MEDIO

Geologia di dettaglio

Da un punto di vista geologico i terreni affioranti nell'area in studio sono costituiti prevalentemente da depositi vulcanici, da depositi quaternari e dai sedimentari di origine antropica

QUATERNARIO

Depositi antropici (h1m)

Appartengono a questa unità i depositi la cui origine antropica è caratterizzata prevalentemente da depositi di varia natura legati all'attività mineraria che ha caratterizzato in passato l'area. In particolare sono presenti estese discariche minerarie. Si tratta di materiali più o meno grossolani derivanti dall'attività estrattiva del carbone, con spessori talora consistenti (più di 40 m).

Sintema di Portovesme (PVM2b) Pleistocene

Il sintema è costituito da due subsintemi: il subsintema di Cala Mosca (*PVM1*) e il subsintema di Portoscuso (*PVM2*). In particolare il subsintema di Portoscuso è costituito da:

- depositi di ambiente alluvionale (*PVM2a*), sono in genere grossolani: ghiaie grossolane sino a blocchi, presentano clasti a spigoli da subangolosi a subarrotondati, a questi livelli sono intercalati livelli e lenti di sedimenti fini come sabbie e silt. Lo spessore può superare i 10 metri;
- depositi di ambiente eolico (*PVM2b*), sono costituiti da sabbie e arenarie da medie a grossolane. Questi sedimenti originavano campi dunari;
- depositi di versante (*PVM2c*), costituiti da brecce con clasti di rocce carbonatiche in matrice arenacea a cemento calcareo, lo spessore è di alcuni metri.

CENOZOICO

Formazione del Cixerri (CIXa) Eocene med. – Oligocene

Questa formazione (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969) affiora diffusamente nell'area; a volte poggia in discordanza sul basamento paleozoico e sul Lignifero mentre nella parte centrale del bacino alcuni affioramenti (Serbariu di Sopra, mostrano un passaggio concordante

e graduale tra il Lignifero e la formazione del Cixerri e si presenta ricoperta in discordanza da vulcaniti e conglomerati del Miocene Inferiore.

La formazione è costituita da arenarie, conglomerati, marne ed argille siltose, talora con noduli concrezionari ferruginosi. Talvolta alla base sono presenti tipiche arenarie giallastre.

Procedendo dal basso verso l'alto, è possibile riconoscere un trend evolutivo di carattere sedimentologico. Le porzioni inferiori sono infatti caratterizzate da una relativa abbondanza di depositi clastici a granulometria da fine a media (soprattutto argille ed arenarie con subordinati livelli microconglomeratici).

Procedendo verso l'alto della successione le porzioni fini tendono a diminuire e diventano progressivamente più importanti prima le frazioni arenacee e poi quelle conglomeratiche, tipiche delle porzioni sommitali. Questi conglomerati sono generalmente mal classati, costituiti da ciottoli poligenici, eterometrici ben arrotondati.

Daciti di Corona Maria (CNM) o Daciti di Matzaccara (MAZ)?

Le daciti sono rocce vulcaniche a tessitura porfirica costituite da plagioclasio, biotite, orneblenda, augite e/o enstatite. Il quarzo è spesso presente sotto forma di cristalli tondeggianti nella pasta di fondo. Le daciti possono essere considerate come l'equivalente ricco in quarzo delle andesiti; le daciti sono comunemente associate alle andesiti e alle trachiti, formano di solito colate laviche, dicchi o intrusioni massive al centro di vecchi vulcani.

Le Daciti sono presenti in un limitato affioramento nell'area interessata dall'impianto; generalmente poggiano sulle rocce andesitiche ma talvolta si possono rinvenire sulla "formazione del Cixerri". Questa formazione comprende sia depositi tufacei compatti che tufi a lapilli pomicei con intercalazione di paleo suoli. I tufi presentano stratificazione sottile e sono costituiti da ceneri grossolane con clasti. La base della sequenza piroclastica è costituita da un tufo bruno-rossiccio a cui segue un livello vitrofirico.

Daciti di Acqua sa canna (ACQ)

Le daciti appartenenti a questa formazione affiorano in maniera discontinua nel settore; comprendono sia depositi piroclastici saldati (predominanti) che epiclastici.

Le piroclastici si formano a seguito dei depositi di caduta (tufi e lapilli) che raggiungono la potenza di circa 3 metri, sui quali si depositano i depositi piroclastici di flusso non saldato potenti circa 7-8 metri. Il deposito è costituito da una matrice cineritica biancastra o rosata nella quale sono disperse pomice giallastre con dimensioni massime di qualche centimetro, cristalli millimetrici di plagioclasti e clasti litici lavici centimetrici.

Rioliti di Seruci (SRC) Maria (CNM)

Le Rioliti sono un gruppo di rocce silicatiche a grana fine. Il nome venne coniato nel 1860 da Ferdinand von Richthofen e deriva dal termine greco "Rheo", che significa flusso, data la natura fluidale di molte Rioliti. Spesso le Rioliti presentano una tessitura porfirica, mentre quelle cenozoiche hanno una tessitura piroclastica.

La composizione chimica delle Rioliti è essenzialmente simile a quella delle rocce granitiche anche se spesso, la loro classificazione risulta assai ardua, essendo comunemente a grana fine o totalmente vetrose.

Affiorano in un'area limitata e poggiano su un paleosuolo formatosi al tetto delle Daciti di *Acqua sa Canna*, generalmente poggiano direttamente sulle andesiti del gruppo di Carbonia. Danno luogo a tipiche morfologie tabulari, generalmente poco inclinate spesso con pareti ripide.

La formazione è composta da un deposito di flusso piroclastico densamente saldato e da limitati depositi epiclastici la cui formazione è legata alla degradazione meteorica di rocce preesistenti. La successione è caratterizzata da un livello decimetrico di base costituito da tufi a lapilli non saldati a cui segue un livello vitrofirico con spessore da centimetrico a decimetrico.

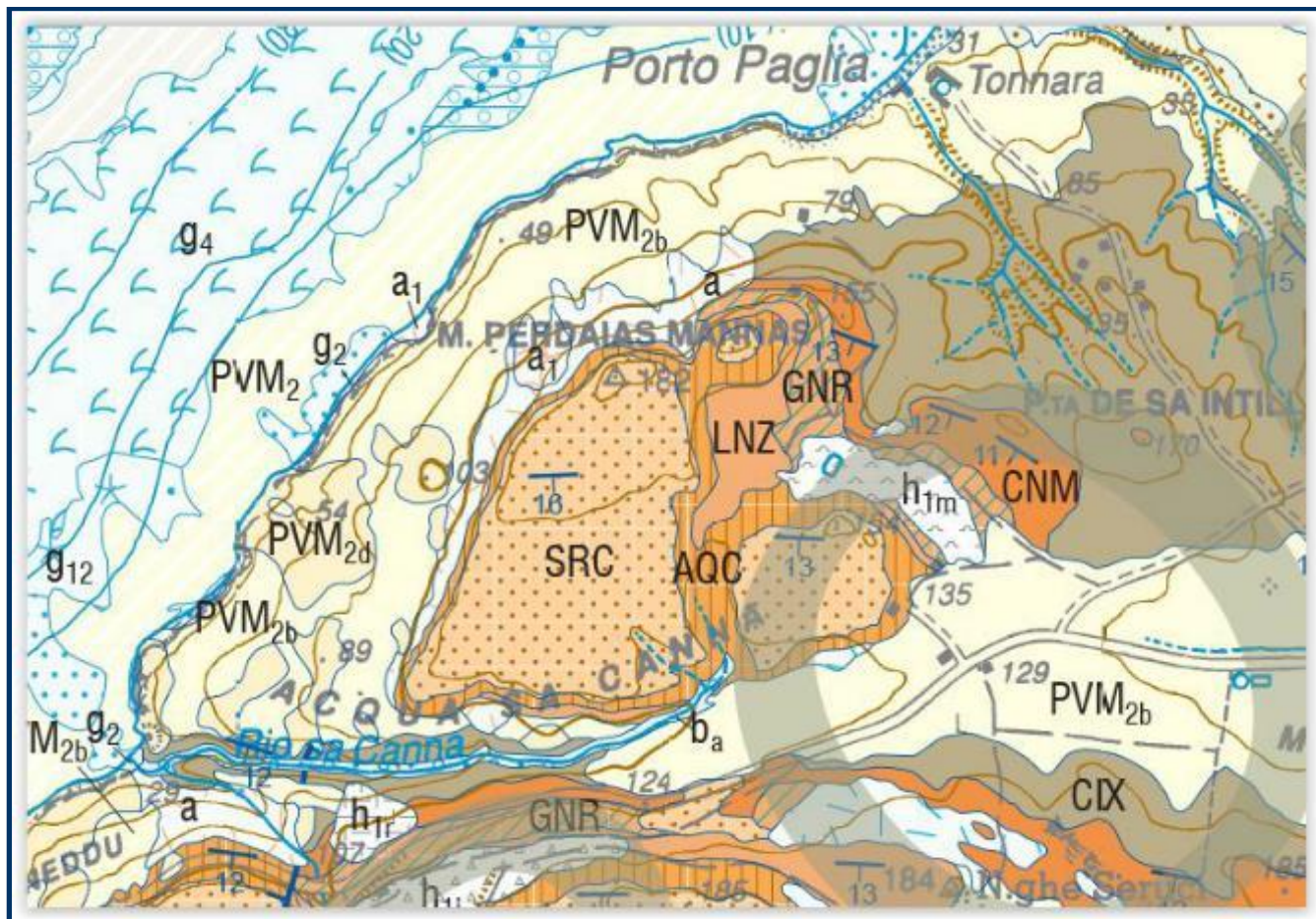


Fig. 8 - Estratto da Carta Geologica d'Italia Foglio n. 564 – Carbonia scala 1:50.000

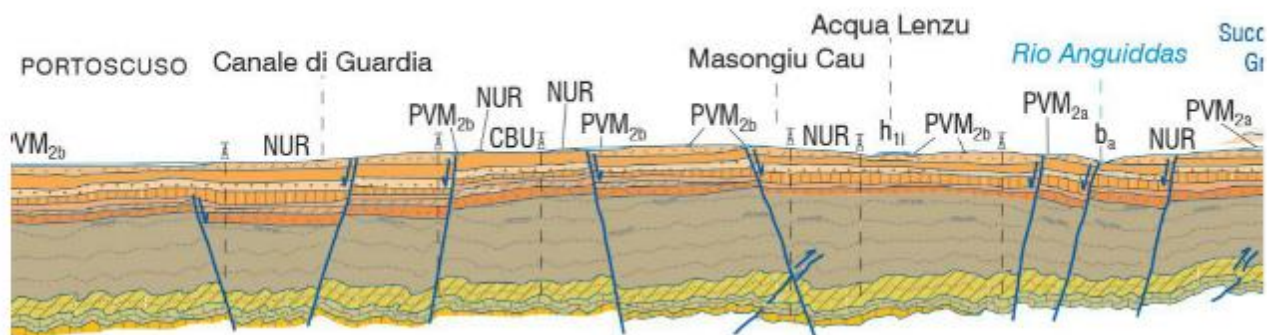
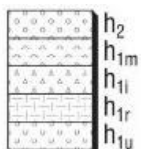


Fig. 9 - Estratto da Carta Geologica d'Italia Foglio n. 564 – Carbonia scala 1:50.000

Legenda

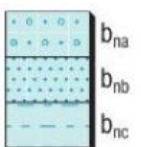
QUATERNARIO



Depositi antropici

Saline e vasche di salificazione (h_2), discariche minerarie (h_{1m}), discariche industriali (h_{1i}), materiali di riporto e aree bonificate (h_{1r}), discariche per rifiuti solidi urbani (h_{1u}).
Spessore: fino a 40 m.

OLOCENE



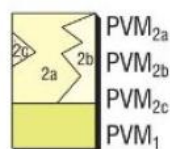
Depositi alluvionali terrazzati

Ghiaie con subordinate sabbie (b_{na}), sabbie con subordinati limi e ghiaie (b_{nb}), limi e argille con subordinate sabbie (b_{nc}). Spessore: fino a 5-6 m.

OLOCENE

SINTEMA DI PORTOVESME

Subsistema di Portoscuso



Ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie eoliche e detriti (PVM_{2a}) con spessori fino a più di 10 m; sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali (PVM_{2b}) con spessori fino a 20 m; detriti di versante e breccie con subordinati depositi eolici e alluvionali (PVM_{2c}) con spessori fino a 3 m.

Subsistema di Calamosca ("Panchina tirreniana" *Auct.*)

Conglomerati e ghiaie litorali con resti di molluschi (*Strombus bubonius*, *Conus testudinarius*, *Patella ferruginea*, etc.) (PVM_1). Spessore: meno di 1 m.

PLEISTOCENE SUP.

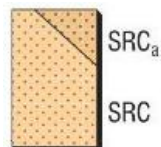
CENOZOICO



DACITI DI CORONA MARIA

Depositi piroclastici di flusso di colore bruno, da densamente saldati a tessitura eutassitica fino a non saldati (tufi a lapilli pomicei), porfirici per Pl e Fa, a composizione dacitica; spesso con livello vitrofirico; talora, alla base, depositi piroclastici di caduta e paleosuoli. Spessore: fino a 25 m. ($^{39}Ar/^{40}Ar$: $18,7 \pm 0,4$ Ma).

MIOCENE INF. (BURDIGALIANO)



RIOLITI DI SERUCI

Depositi piroclastici di flusso densamente saldati a tessitura eutassitica porfirici per Pl, $\pm Hy$, $\pm Aug$, $\pm Fa$, a composizione riolitica, spesso con livello vitrofirico alla base (SRC); localmente a tetto (Sa Scritta), epiclastiti a clasti di rocce andesitiche (SRC_a). Spessore: fino a 15 m.

MIOCENE ?INF.-?MEDIO (?BURDIGALIANO SUP. - ?LANGHIANO)

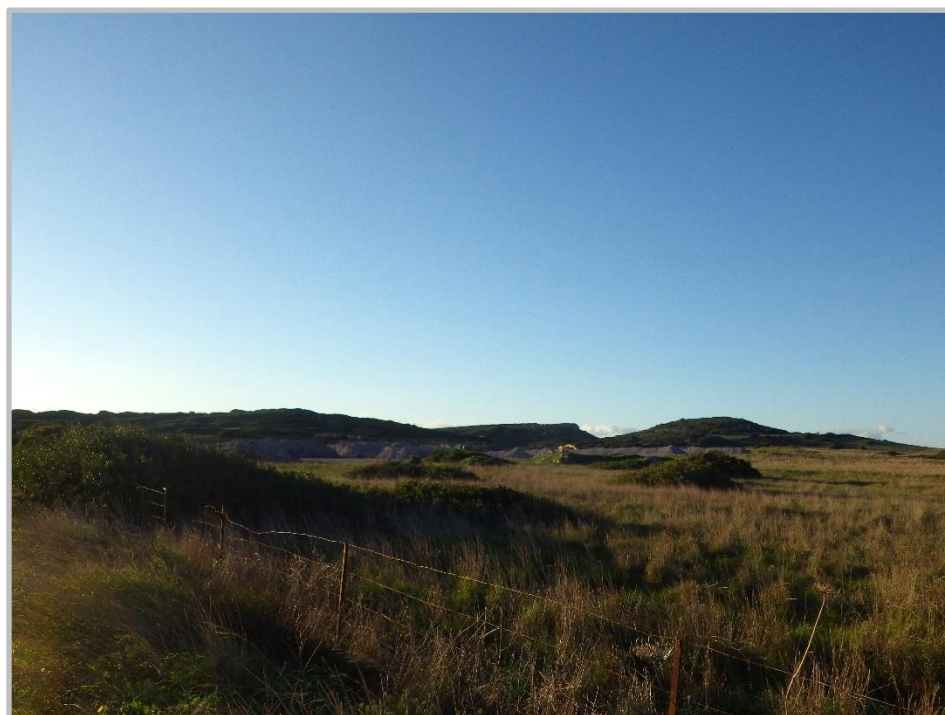
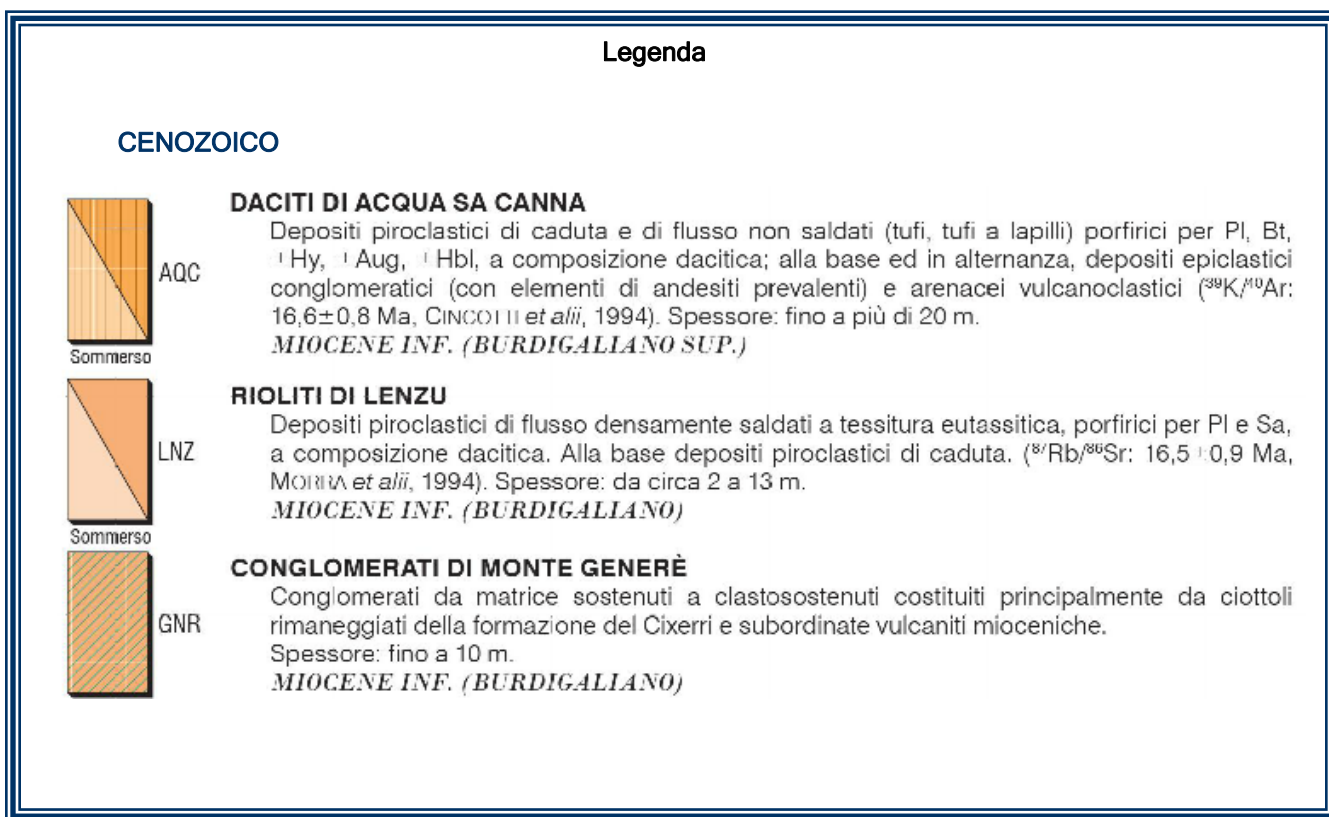


Foto 1 – Panoramica nell'area di progettazione del parco fotovoltaico Comune di Gonnessa

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrografico il reticolo superficiale è poco sviluppato.

Per definire i caratteri idrogeologici del territorio sono stati analizzati gli aspetti riguardanti l'idrografia superficiale, sono stati descritti i caratteri idraulici delle formazioni rocciose presenti e sono state descritte le principali unità idrogeologiche.

Le aste dei principali corsi d'acqua presentano un andamento NE-SW e più limitatamente N-S; in generale gli alvei sono impostati lungo le principali direttrici tettoniche. Il reticolo idrografico è condizionato dal grado di fratturazione delle rocce che localmente può essere molto intenso. In generale il reticolo idrografico è di tipo dendritico.

L'assetto idrogeologico è direttamente connesso alle caratteristiche di permeabilità e trasmissività delle litologie e alla loro capacità di immagazzinamento; la pendenza del bacino in oggetto è verso Sud - Ovest, la direzione di deflusso naturale è tale che l'acqua superficiale tenda ad allontanarsi scorrendo al contatto geologico tra le differenti formazioni in particolare tra le rocce vulcaniche parzialmente permeabili e le sottostanti rappresentate dalla formazione conglomeratica del Cixerri e formazioni alluvionali sabbiose. Laddove sono presenti maggiori acclività la falda superficiale può dar luogo, nei periodi piovosi, a vene d'acqua per svuotamento di sacche in corrispondenza di lenti ghiaiose.

I movimenti tettonici hanno avuto un ruolo importante nei rapporti fra le diverse strutture idrogeologiche generando spesso soglie di permeabilità che determinano la nascita di bacini-serbatoio semi-dipendenti, (ISPRA, 2009). Da un punto di vista idraulico, le strutture tettoniche più importanti che interessano le ignimbriti sono: il sistema di faglie orientato N-S di età plio quaternaria e il sistema di faglie orientato verso Nord di età alpina.

L'assetto idrogeologico dell'area è definito nelle seguenti principali Unità idrogeologiche:

- Unità Vulcanica Piroclastica e Andesitica Oligo-Miocenica
- Unità Detritico-Alluvionale Eocenica

Complessivamente la permeabilità dell'unità vulcanica è scarsa, generalmente contenuta (i valori di K sono mediamente compresi tra 10^{-6} e 10^{-10} m/sec.) così come la circolazione idrica che è circoscritta nei termini a basso tenore di argilla.

I depositi attuali e recenti hanno permeabilità medio alta e sono di solito sede di falda freatica, sono caratterizzati da granulometrie assortite, poco addensate, pertanto dotate di buona permeabilità (generalmente $K < 10^{-4}$ m/sec) in cui è possibile la circolazione idrica sotterranea e la formazione di falde. Queste sono superficiali, libere, fortemente influenzate dagli apporti meteorici, con significative fluttuazioni stagionali.

Nell'area sono state riscontrate due unità litologiche principali, caratterizzate da differenti intervalli di permeabilità **K** espressa in m/s:

- depositi alluvionali, costituiti da conglomerati, caratterizzati da permeabilità variabile da molto alta a media $K > 10^{-2}$
- unità vulcanica, con permeabilità limitata alla circolazione, decrescente in profondità $10^{-4} < K < 10^{-9}$

		Tipo di permeabilità		Grado di permeabilità					
		Primaria	Secondaria	10	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}
Unità	Litotipi	% granuli	fratture	molto alta	alta	media	bassa	molto bassa	impermeabile
	Unità detritica - alluvionale	Porosità	Porosità	↔					
	Unità vulcanica Ignimbritica	Fessurazione	Porosità	↔					
	Unità vulcanica piroclastica	Fessurazione	in profondità	↔					

Tab. 3 – Valori di Permeabilità

Grado di Permeabilità relativa	Coefficienti di permeabilità (cm/s)
Alto	$K > 10^{-2}$
Medio-alto	$10^{-2} > K > 10^{-4}$
Medio-basso	$10^{-4} > K > 10^{-9}$
Basso	$10^{-9} > K$

6. CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO

I risultati delle indagini e degli studi effettuati possono essere considerati adeguati alla tipologia d'intervento, tuttavia si raccomanda la verifica puntuale delle assunzioni fatte mediante rilievi e controlli geologico – geotecnici nelle fasi esecutive delle opere in progetto.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, i parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Morfologicamente l'area indagata presenta evidenze legate agli interventi antropici e all'urbanizzazione che si è susseguita negli anni. Non si riscontrano processi morfologici in atto e non vi sono dissesti in atto o potenziali.

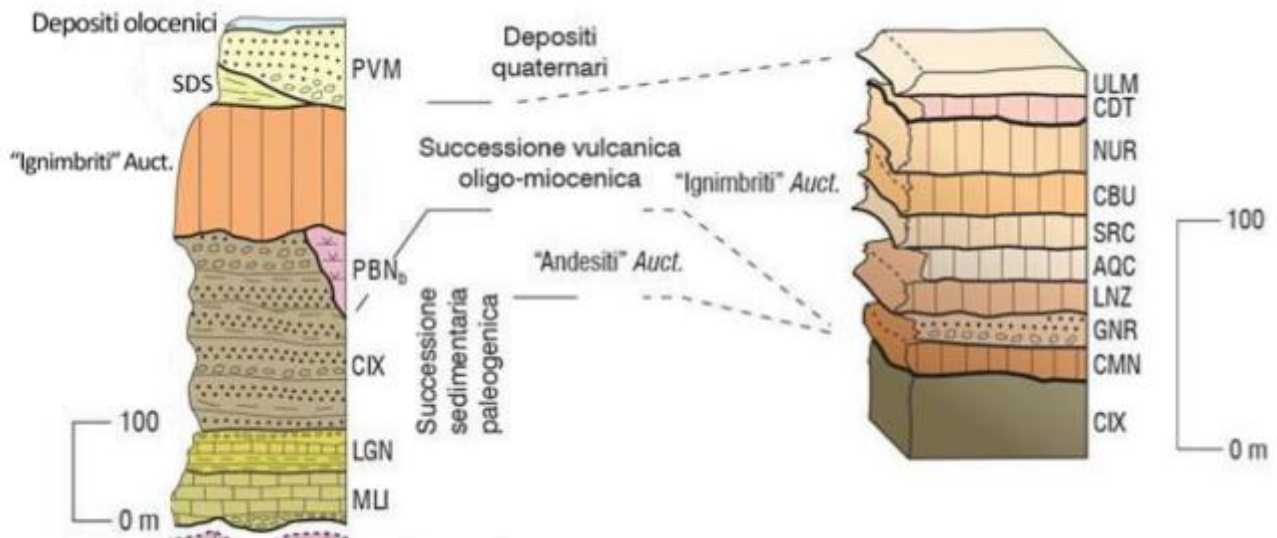


Fig. 10 - Stralcio della colonna stratigrafica ricavata da "ISPRA Sardegna, Foglio 555, Iglesias". Legenda dalla più recente alla più antica- PVM= Subsistema di Portoscuso, SDS= Sintema di Serra de Su Pranu, ULM= Comenditi di Monte Ulmus, CDT= Unità comenditiche, NUR=Rioliti di Nuraxi, CBU= Rioliti di Monte Crobu, SRC= Rioliti di Seruci, AQC= Daciti di Acqua sa Canna, LNZ=Rioliti di Lenzu, GNR= Conglomerati di Monte Genere, CMN= Daciti di Corona Maria, PBN6= Daciti e Andesiti di Monte Sa Pibionada, CIX= Formazione del Cixerri, LGN= Lignitifero Auct., MLI= Miliolitico Auct.

Caratteri geostrutturali generali, geometria e caratteristiche delle superfici di discontinuità.

Non vi sono evidenze di ulteriori elementi strutturali.

Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea

La granulometria dei terreni condiziona la geometria e le caratteristiche degli acquiferi sotterranei. I depositi superficiali hanno un grado di permeabilità elevato, con variazioni

significative sia orizzontali e sia verticali dovute alla presenza di livelli a granulometria fine che limitano la permeabilità. Nel corso delle indagini non è stata rilevata falda freatica.

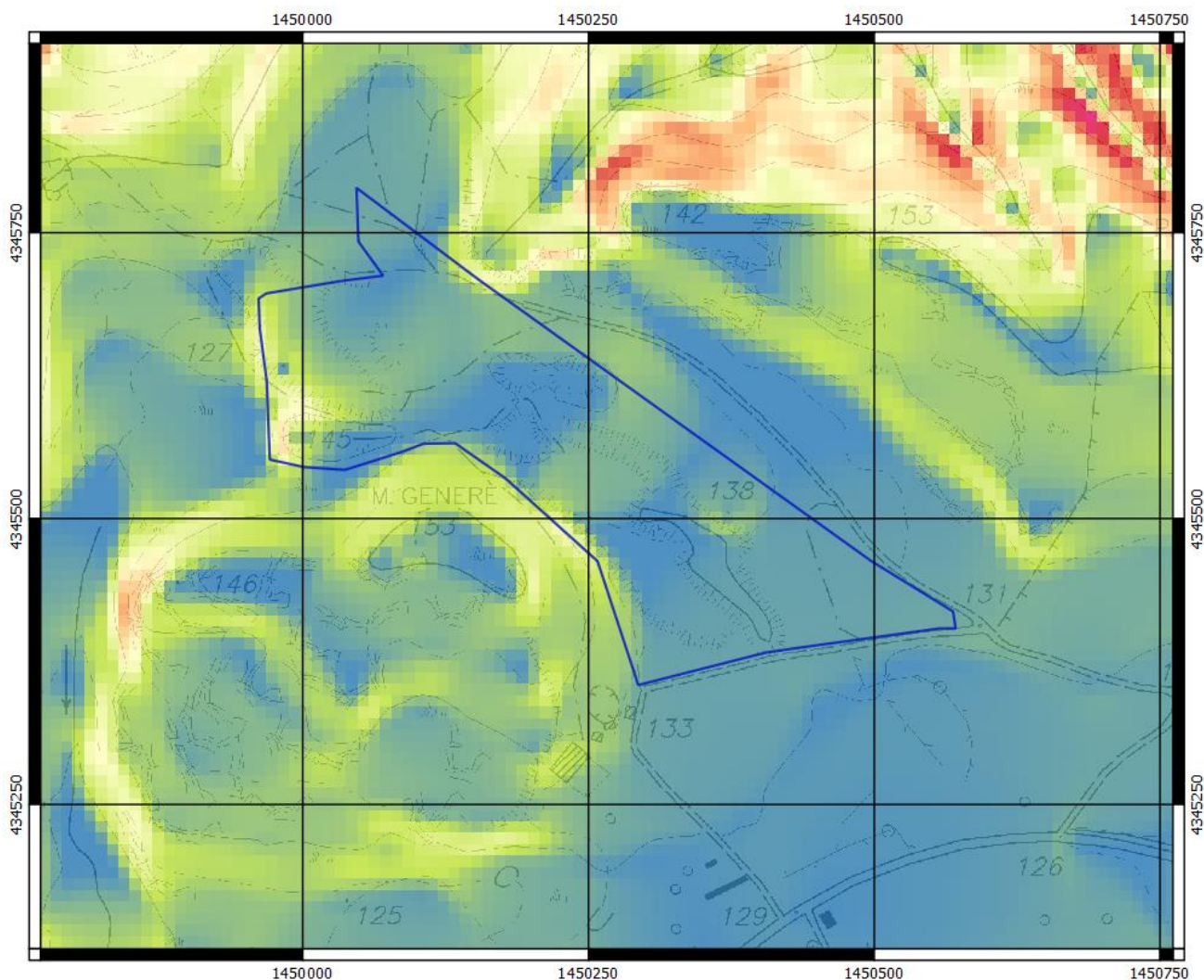
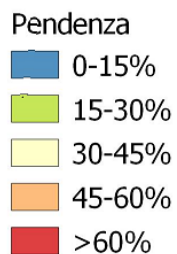


Fig. 11 - Carta dell'acclività



6.1 ANALISI VINCOLI AMBIENTALI

PAI GEOPORTALE REGIONE SARDEGNA (2020)

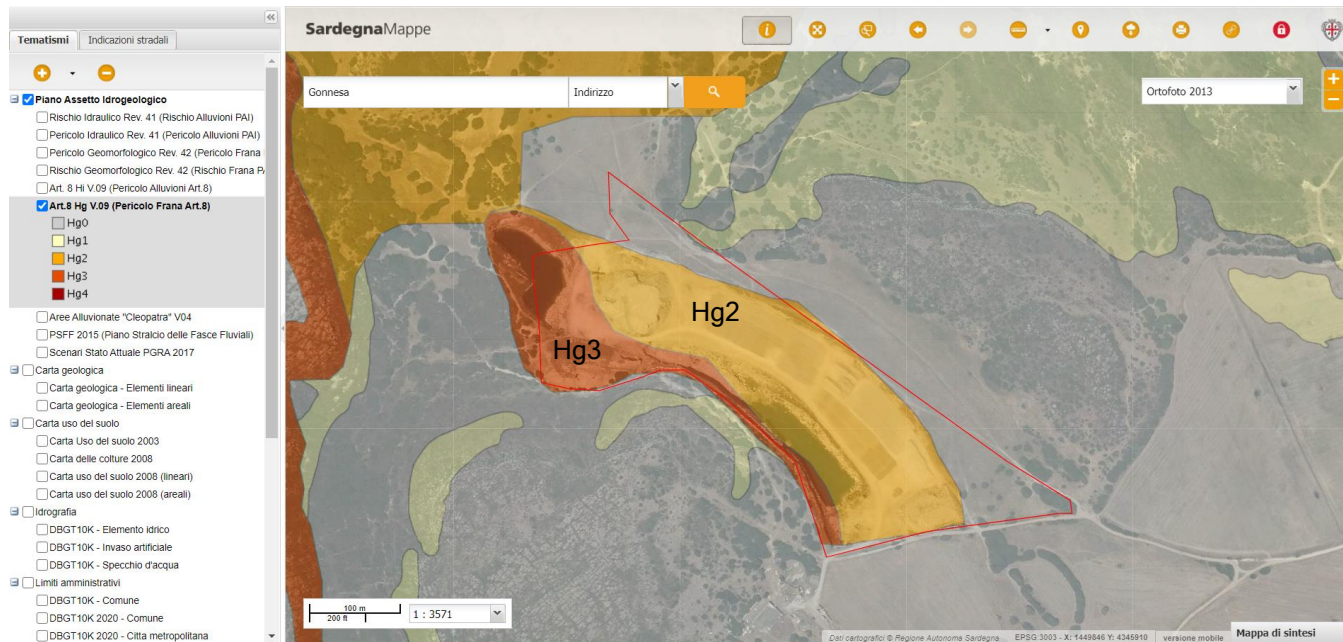
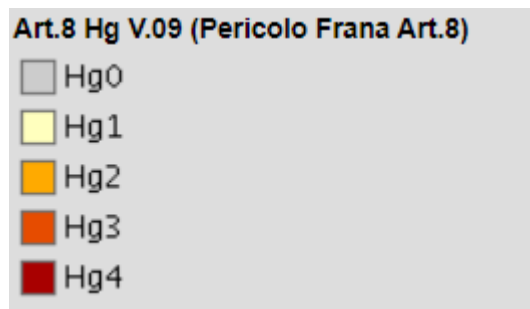


Fig. 12 - Rischio Geomorfologico (anno 2020)



Estratto da P.U.C. in adeguamento al P.A.I. e al P.P.R. del Comune di Gonnese (2012)

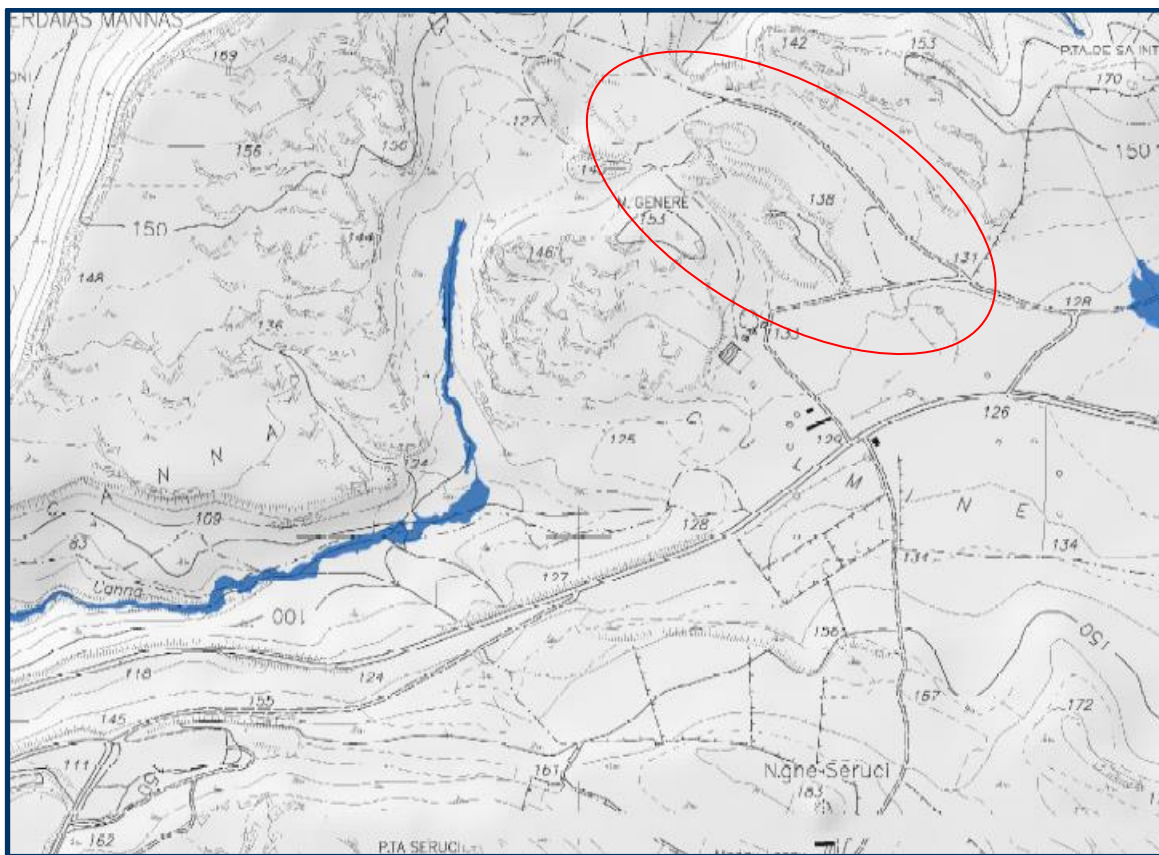







Fig. 13 - Rischio Idraulico

CLASSI DI PERICOLOSITA'

	Hi1 - Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni
	Hi2 - Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 200 anni
	Hi3 - Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 100 anni
	Hi4 - Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 50 anni
	A_2 - Fascia di deflusso della piena con Tempo di Ritorno di 2 anni

Estratto da P.U.C. in adeguamento al P.A.I. e al P.P.R. del Comune di Gonnese (2012)

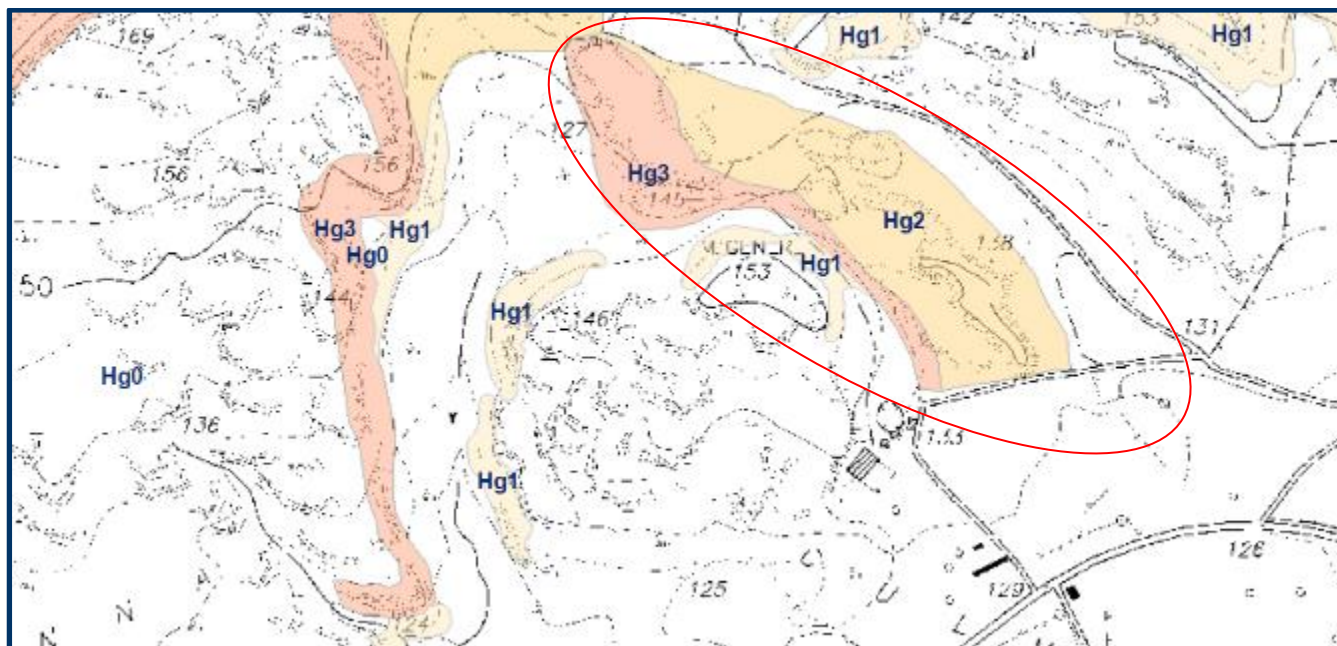


Fig. 14 - Rischio Geomorfológico (anno 2012)

CLASSI DI PERICOLOSITA'

- Hg0 - Aree studiate per le quali non sono state individuati fenomeni franosi in atto o potenziali e con pendenze inferiori al 20%
- Hg1 - Zone con fenomeni franosi presenti o potenziali marginali
- Hg2 - Zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici; zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
- Hg3 - Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale di frane quiescenti; zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti potenziali; frane di neoformazione presumibilmente in tempi pluriennali o pluridecennali
- Hg4 - Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbimap
Norma	Cave
Descrizione	AREE ESTRATTIVE DI SECONDA CATEGORIA (CAVE)
Articoli	91, 95, 96, 97, 98

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbimap
Norma	Parco Geominerario Ambientale e Storico
Descrizione	Parco Geominerario Ambientale e Storico DM 265/01
Articoli	9, 57, 58

SIC / Siti di Interesse Comunitario

Stato	Prodotto da Urbimap
Norma	ITB040029
Descrizione	Codice: ITB040029 - Nome: Costa di Nebida - Regione: Sardegna - ZSC (Zone speciali di conservazione) SIC (Siti di importanza comunitaria) - Data di aggiornamento: 10-2012

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbimap
Norma	Fascia Costiera
Descrizione	Beni Paesaggistici Ambientali (ex. Art. 143 D.Lgs. 42/2004 - Bene Paesaggistico d'Insieme)
Articoli	8, 17, 18, 19, 20

PPR / Piano Paesaggistico Regionale

Stato	Prodotto da Urbimap
Norma	06 Carbonia e Isole sulcitane
Descrizione	Ambito di Paesaggio - 06 Carbonia e Isole sulcitane
Articoli	6, 12, 13, 14, 15, 107, 112

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO SARDEGNA

Descrizione Hg2 / Disciplina delle aree di pericolosità media da frana

Descrizione Hg3 / Disciplina delle aree di pericolosità elevata da frana

7. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO

Le indagini in sito sono state eseguite nell'ambito della progettazione preliminare mediante una campagna di rilevamento diretto e l'esecuzione di un indagini geofisiche per valutare il rapporto H/V dalla prova HVSR e determinare la classe dei suoli.

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z). Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;

- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e stima del parametro VS_{30} (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).

L' HVSr è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi.

Dall'analisi HVSr, eseguita sul terreno si ricava la frequenza di picco del rapporto H/V f_0 7.17
Tale frequenza rinvenuta potrebbe correlarsi a cambi litologici presenti a profondità superiori ai 8/9 m.

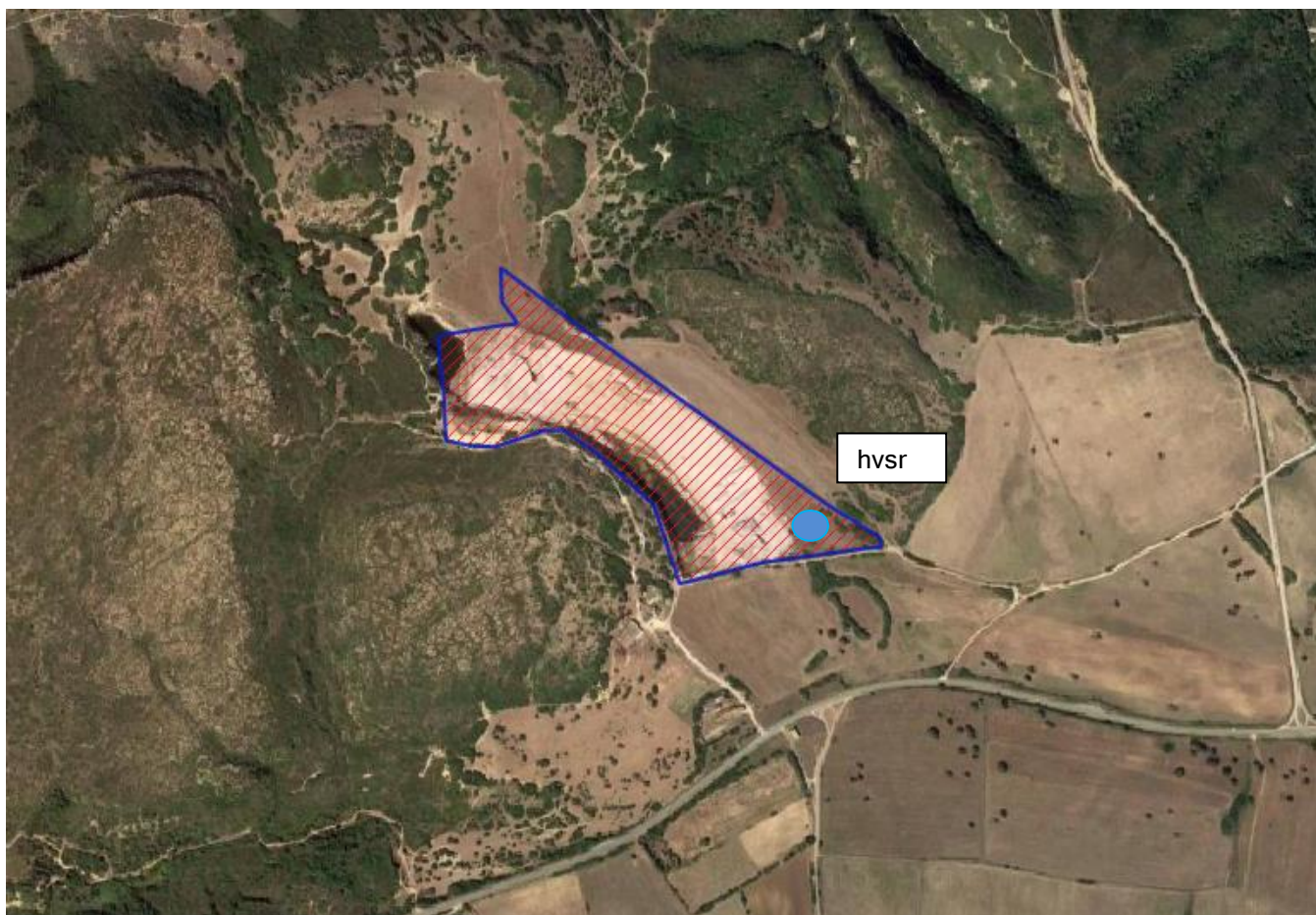


Fig. 15 Ubicazione HVSr

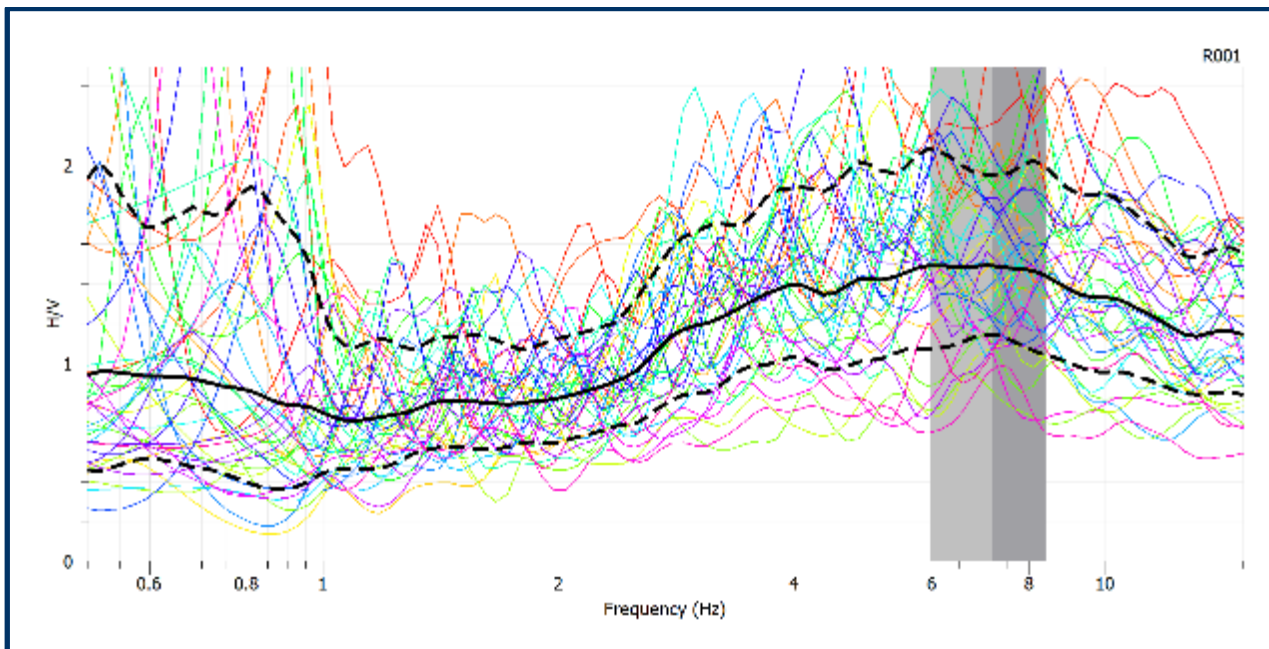


Fig. 16 Frequenze (Hz)

Frequenza del picco del rapporto H/V (frequenza naturale di vibrazione del sito):

$$f_0 = 7.17702 \pm 0.337437$$

$$A_0 = 1.49143$$

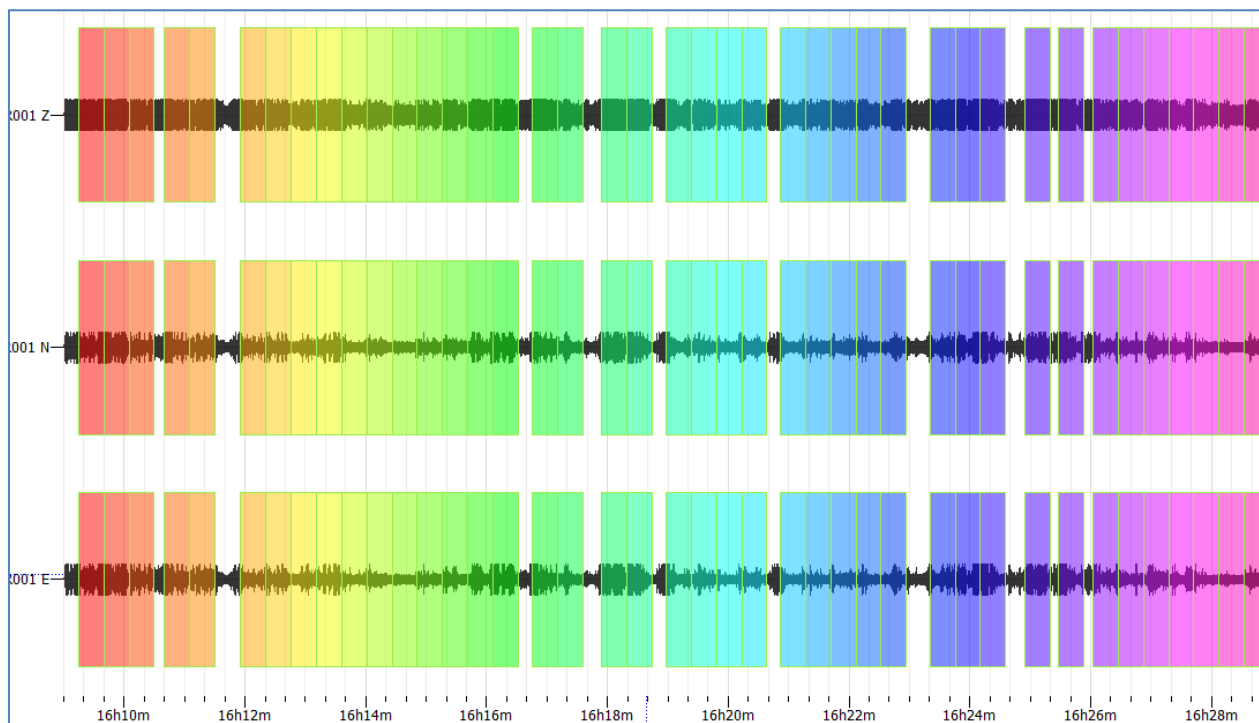
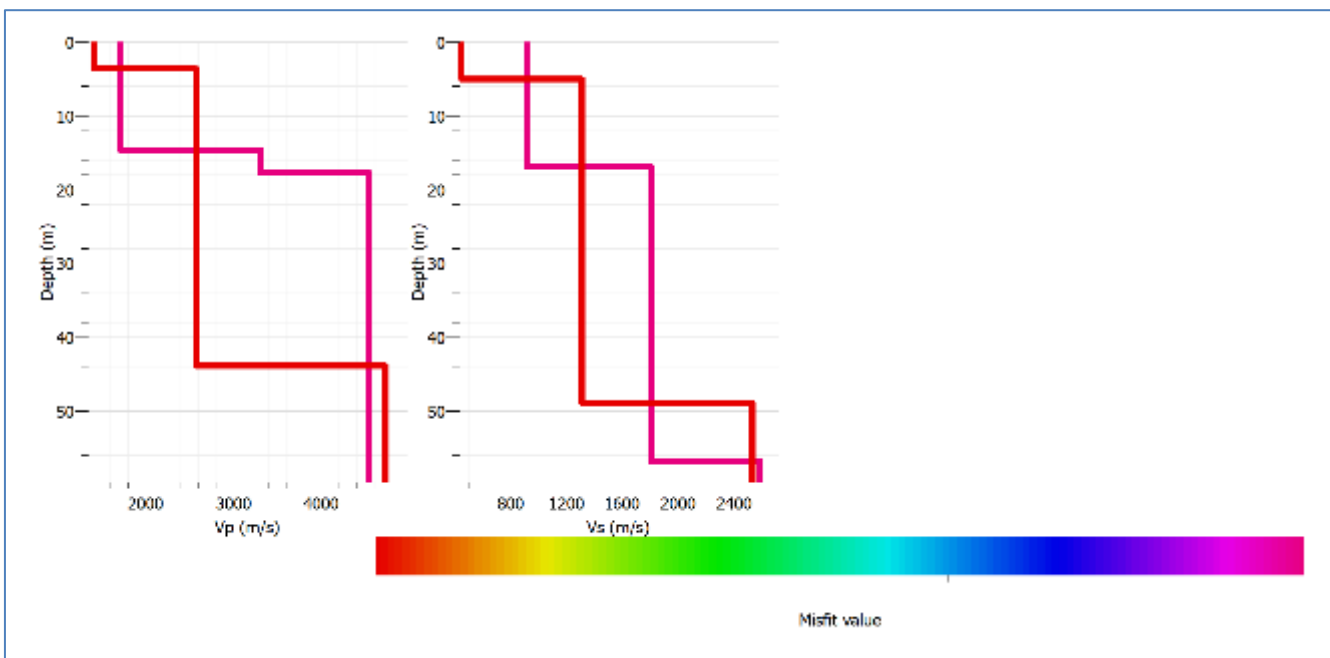


Fig. 17 Serie temporali



Vs30 > 1000ms/sec

Suolo di tipo A: Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m

8. ANALISI DELLE AZIONI SISMICHE

Il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 e successive modificazioni (17.01.2018) "Norme Tecniche per le Costruzioni" impone la verifica delle azioni sismiche sulle nuove costruzioni.

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito oggetto di intervento; il territorio comunale di Gonnese è collocato in zona sismica 4, con parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento T_r , riportati nella seguente tabella:

Latitudine (WSS84)	39.25800381	Longitudine (WSS84)	8.42309435	
Latitudine (ED50)	39.259744	Longitudine (ED50)	8.424038	
Località:	Comune di Gonnese			
Altitudine (m s.l.m.).....	140			
Categoria Terreno	A ▾			
Categoria Topografica	T1 ▾			
Classe dell'edificio	I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone edifici agricoli... ▾			
Vita Nominale Struttura.....	50 ▾			
Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	35			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.019	2.610	0.273
Danno	35	0.020	2.610	0.280
Salvaguardia Vita	332	0.045	2.820	0.332
Prevenzione Collasso	682	0.055	2.880	0.356

Dove A_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

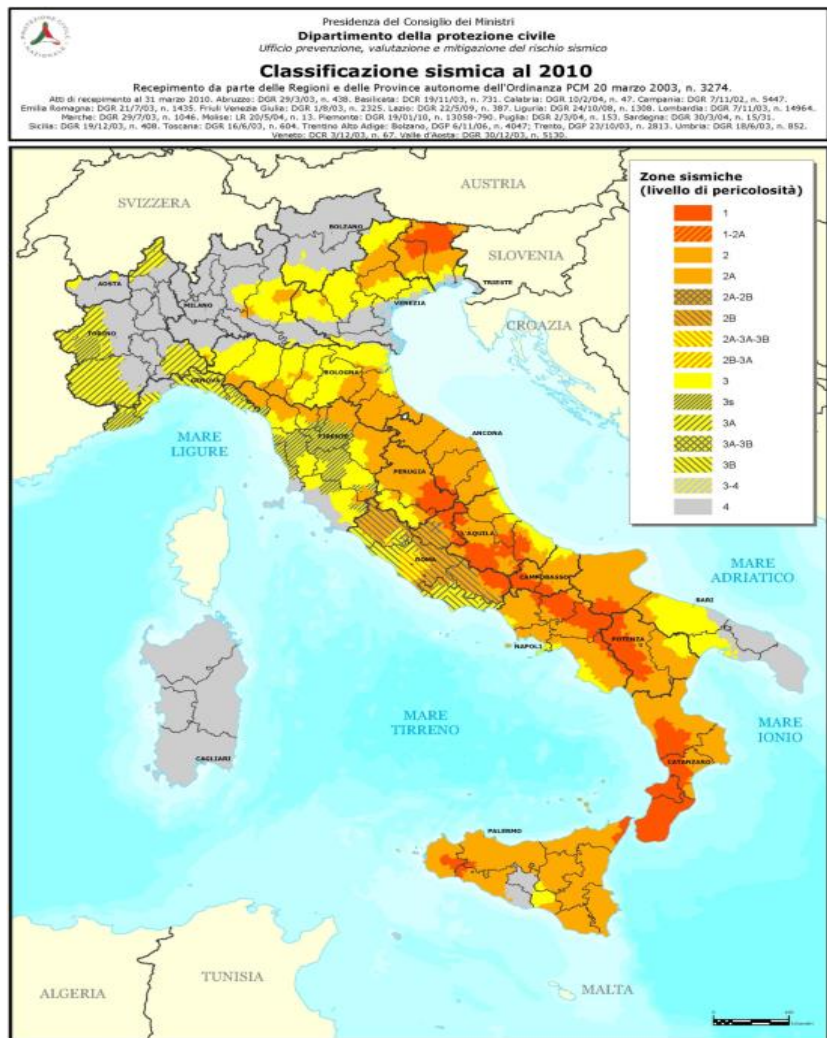
F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza dell'opera, abbiamo assegnato al manufatto una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2008) pari a 50 anni e una classe d'uso "I" (2.4.2 – NTC 2018). Ne consegue che il periodo di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 0,7 per classe d'uso I) = 35 anni.



Stato Limite	Tr	$a_g = A_g/g$	F_0	T^*c
Operatività (SLO)	30	0.019	2.61	0.273
Danno (SLD)	35	0.02	2.628	0.28
Salvag. Vita (SLV)	332	0.045	2.855	0.332
Collasso (SLC)	682	0.055	2.93	0.356



Pertanto secondo la Delib. G.R. 30/03/2004 n. 15/31 (B.U. 21/08/2004 n. 27) Disposizioni preliminari in attuazione dell'Ord. P.C.M. 3274 del 20.3.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" si desume che la Regione Sardegna non ha ancora presentato una Normativa antisismica e che nella suddetta delibera comunque l'Assessore della Difesa dell'Ambiente propone alla Giunta regionale ottenendo parere favorevole su tale proposte:

- di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente l'aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, in corso di redazione da parte degli Organi tecnici competenti, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna così come riportato nell'allegato "A" dell'Ordinanza 3274/2003 in cui tutti i comuni dell'isola sono classificati in Zona 4.
- di non introdurre per detti Comuni l'obbligo della progettazione antisismica.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
	[a _g /g]	[a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

- ❖ Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali [a_g/g] ≥ 0,25g.
- ❖ Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali 0,25g > [a_g/g] ≥ 0,15g possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- ❖ Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali 0,15g > [a_g/g] ≥ 0,05g possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- ❖ Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali [a_g/g] < 0,05g le possibilità di danni sismici sono basse.

L'area in esame è classificata come zona sismica 4, in riferimento al D.M. 17/01/2018 il tipo di costruzione e la 2 con vita nominale ≥ 50.

	TIPI DI COSTRUZIONE	V _n
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

La normativa definisce in presenza di azione sismica 4 classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso - art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso (C_u) come mostrano le Tabelle seguenti (estratte da NTC 2018).

Classe I	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziale. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
Classe III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
Classe IV	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...]

Classe d'uso	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

La classe d'uso è la 1 con coefficiente 0.7.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per la categoria topografica l'area ricade nella categoria T1.

L'azione sismica di progetto tiene inoltre conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC 2018); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dai seguenti parametri: velocità delle onde S, numero colpi SPT e/o coesione non drenata.

Le NTC 2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio VS, come concesso nelle norme.

CONCLUSIONI

Lo studio geologico del sito oggetto di intervento è stato eseguito sulla base dei dati bibliografici, dai rilievi diretti, dalla prova HVSR, integrato da un rilievo superficiale che ha permesso di definire le condizioni litologiche morfologiche, dell' area ed in particolare si osserva quanto segue:

- ❖ L' area interessata dal progetto per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico ricade in una zona a morfologia da pianeggiante a debolmente ondulata formata da depositi quaternari di origine continentale e marina e dai complessi vulcanici;
- ❖ Il terreno interessato risulta lontano da cigli di scarpata instabili, anche se la zona ricade in area soggetta a pericolosità "Hg2" e Hg3 del P.A.I. per il rischio frana come riportato nello studio del Comune di Gonnese inoltre ricade nell'area SIC "Costa di Nebida" e all'interno del perimetro del "Parco geominerario";
- ❖ Il Comune di Gonnese è stato inserito, ai sensi dell' Ordinanza n° 3274 tra le località sismiche appartenenti alla Zona 4.
- ❖ L' accelerazione orizzontale massima prevista è pari $< 0.05g$.
- ❖ La compatibilità dell'intervento è subordinata alla presentazione di uno "studio di compatibilità geologico e geotecnico redatto ai sensi del Piano di Assetto idrogeologico e, ricadendo in area S.I.C., al nulla osta dell' Ufficio Settore Valutazioni Ambientali Strategiche e Valutazioni di Incidenza della Regione Sardegna e al nulla-osta del parco geominerario.

Il Tecnico
Dr. Geol. Sandro Trastu