

COMUNE DI: SASSARI

PROVINCIA: SASSARI
REGIONE: SARDEGNA

"FATTORIA SOLARE CASA SCACCIA"
AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Tipo Elaborato	Codice Elaborato	Data	Scala CAD	Formato	Foglio / di	Scala
REL.	2202_R.07	15/03/2023	-	A4	1/28	-

PROPONENTE

AGRI BRUZIA Società Agricola A R.L.
Corso Europa, 1
87021 - Belvedere Marittimo (CS)

SVILUPPO



SET SVILUPPO s.r.l.
Corso Trieste, 19
00198 - Roma (RM)

PROGETTAZIONE

Geol. Luigi Sanciu



Ing. Giacomo Greco



Ing. Marco Marsico



Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	15/03/2023	Prima Emissione	Geol. L. Sanciu	Ing. G. Greco	Ing. M. Marsico

RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

FATTORIA SOLARE “CASA SCACCIA”

AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

di potenza pari a 43,940 MWp

e sistema di accumulo pari a 12,50 MW

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 3
---	---	--------------

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	5
3. DETTAGLI PROGETTUALI.....	6
4. VINCOLISTICA.....	7
4.1. Interazione con il Piano di stralcio di bacino.....	7
4.2. Interazione con il piano stralcio fasce fluviali.....	7
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	10
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
7. RELAZIONE SISMICA.....	21
7.1 Sismica di base.....	21
7.2 Azione Sismica di progetto.....	22
7.3 Indagine Sismica Masw	22
7.4 Categoria di sottosuolo.....	25
7.5 Condizioni topografiche	26
7.6 Liquefazione dei terreni.....	26
8. CONCLUSIONI.....	27

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 4
---	---	------------------

1. PREMESSA

Al fine della realizzazione di un impianto Agrivoltaico denominato "Fattoria Solare Casa Scaccia" per la produzione di energia elettrica da fonte solare, da realizzarsi in aree agricole ubicate nel Comune di Sassari in località Monte Uccari, è stato incaricato lo scrivente, Geol. Luigi Sanciu (iscrizione n°701 all'Ordine dei Geologi della Sardegna) per effettuare uno studio geologico dell'area.

E' stata condotta un'indagine geologica al fine di valutarne la fattibilità e orientare correttamente le scelte progettuali come richiesto dalla normativa vigente. Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

- definire il modello geologico di riferimento per la progettazione preliminare dell'intervento;
- evidenziare le possibili problematiche di natura geologica o geotecnica;
- fornire, ove possibile, suggerimenti per effettuare le scelte operative più idonee.

In tal senso le indagini vengono svolte con lo scopo di individuare i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e di pericolosità geologica del territorio, in relazione alla realizzazione dell'intervento.

Nella fase preliminare della progettazione, tenuto anche conto delle caratteristiche dell'opera, lo scrivente ha ritenuto sufficiente, per comprendere le condizioni geologiche locali, effettuare un rilevamento dell'area, analizzare la documentazione progettuale fornita dal committente e consultare la cartografia tecnica comunale e regionale.

In aggiunta è stata eseguita una campagna di indagini geotecniche tramite prospezione sismica MASW e pozzetti geognostici per una caratterizzazione più puntuale dei terreni che andranno ad ospitare le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 – NTC 2018 - «Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»;

- A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche»;
 - Eurocodice 7 - «Progettazione geotecnica»;
-

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 5
---	---	--------------

2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L'area oggetto di studio (evidenziata in rosso) è inserita nella Sardegna nord occidentale, nel comune di Sassari, ed è distinta a livello cartografico nelle seguenti tavole:

Area impianto:

Foglio 92 - Catasto Terreni - P.lla: 1, 8, 16, 147

Foglio 101 - Catasto Terreni - P.lla: 4, 5, 417

Aree cavidotto (riferimento CTR Regione)

459050 - "Monte Nurra"

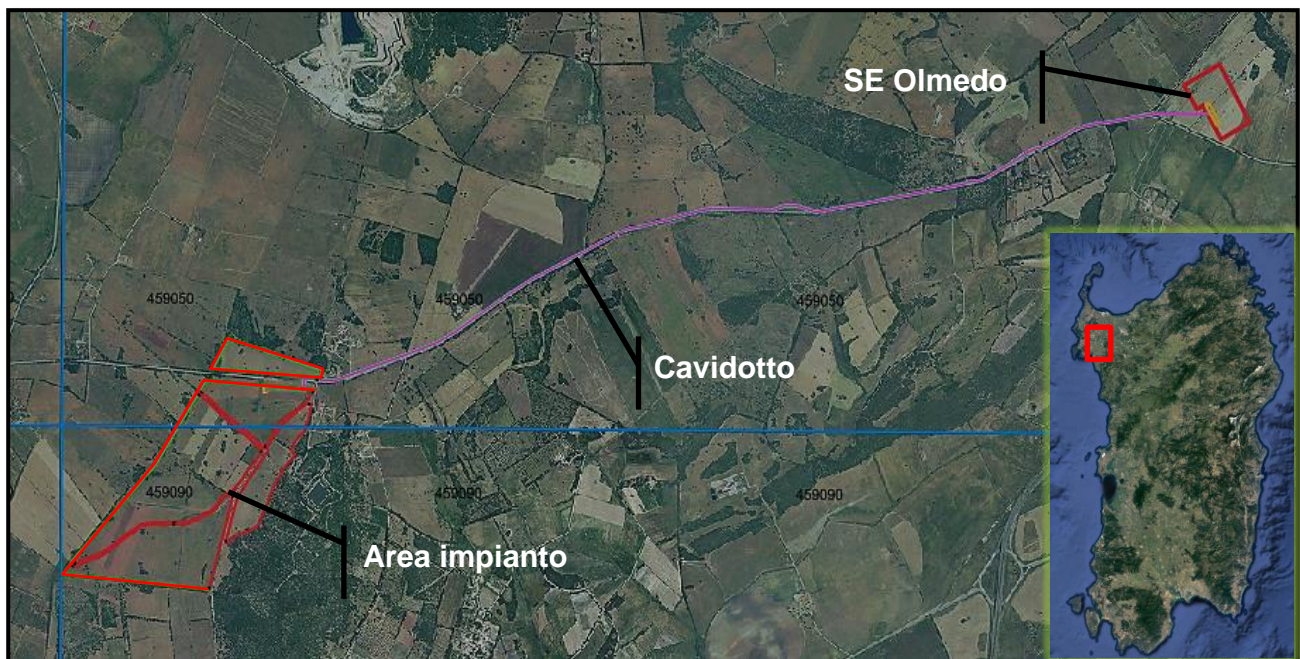


Figura 1: Inquadramento cartografico (stralcio carte tecniche regionali).

Progetto: Fattoria Solare “Casa Scaccia” AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 6
---	---	------------------

3. DETTAGLI PROGETTUALI

Il progetto denominato “Fattoria Solare Casa Scaccia” prevede il miglioramento fondiario del terreno su cui sorgerà l’impianto Agrivoltaico tramite l’implementazione di un piano agronomico integrato con strutture fotovoltaiche elevate ad inseguimento solare monoassiale (c.d. tracker).

L’impianto Agrivoltaico ha una potenza di picco data dalla somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici e pari a 43,940 MWp. L’impianto si compone di n.2953 tracker ad inseguimento solare Est-Ovest e n.70.872 moduli fotovoltaici. Su ciascun tracker sono montati n.24 moduli fotovoltaici collegati in serie, a formare una stringa per tracker. Le stringhe così concepite saranno raccolte mediante QPS e ripartite su n.11 Power Station, ciascuna delle quali caratterizzata da un inverter centralizzato. In corrispondenza delle Power Station (c.d. PS) avverrà l’elevazione BT/AT grazie alla presenza di un TR BT/AT opportunamente dimensionato e collegato ad un quadro a 36 kV dal quale si articolerà la linea AT fino alla Cabina di Raccolta.

L’impianto Agrivoltaico sarà dunque corredato da un sistema di accumulo dell’energia in assetto AC Coupling (c.d. Storage), avente una potenza pari a 12,5 MW, data dalla somma delle potenze dei singoli Container di Batterie. Complessivamente saranno installati n.5 container di batterie (c.d. Storage Container o SC), ognuno di potenza 2,5 MW, i quali saranno collegati a n.5 Storage Power Station (c.d. SPS). All’interno di ciascuna SPS sarà presente uno Storage Inverter per la conversione DC/AC o AC/DC, un trasformatore per l’elevazione BT/AT e il quadro elettrico a 36kV.

Tutte le Power Station, sia dell’impianto Agrivoltaico e sia del sistema di Storage, sono collegate in modalità anulare ad una Cabina di Raccolta, dalla quale si articolerà il cavidotto a 36 kV fino alla Stazione Elettrica da inserire in entra-esce alla linea Fiumesanto Carbo- Ittiri” che, come regolamentato nel Preventivo di Connessione rilasciato da Terna Spa, rappresenterà il punto di connessione dell’impianto in proposta.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 7
---	---	------------------

4. VINCOLISTICA

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione, vigenti nell'area.

4.1. Interazione con il Piano di stralcio di bacino

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo". Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18.05.1989 n. 183 e successive modificazioni, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21.02.2005, n. 3.

Il Piano prevede:

- indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;
- disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;
- disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

Allo stato attuale, non risultano aree perimetrate all'interno del PAI Sardegna.

In base ai rilevamenti di terreno che hanno avuto lo scopo di individuare aree di criticità non contemplate dall'attuale vincolistica PAI, non sono emerse situazioni di pericolosità idraulica.

4.2. Interazione con il piano stralcio fasce fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 8
---	---	------------------

la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espansioni nelle fasi di piena quindi potenzialmente inondabili. Le aree appartenenti a una "classe" hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono state considerate esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km² e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'area ricade nel Sub Bacino 03 Coghinas-Mannu-Temo.

I vincoli della delibera non trovano applicazione nell'area in cui verranno realizzate le opere in progetto (Fig.2)

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 9
---	---	--------------



Figura 2 – Perimetrazione aree PAI limitrofe all'area di progetto.

Legenda







-  Hi* - (Aree da modellazione 2D con $V_p \leq 0,75$)
-  Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
-  Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
-  Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
-  Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
-  Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)

Figura 2: Pericolosità idraulica

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 10
---	---	---------------

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000 che definisce in maniera particolareggiata i litotipi presenti nell'area d'interesse così come riportato nella Fig.6. Le informazioni bibliografiche sono state poi verificate con il rilevamento di terreno.

L'area in esame è costituita dalle seguenti formazioni (dalla più antica alla più recente):

Successioni Sedimentarie Mesozoiche

NRR - FORMAZIONE DI MONTE NURRA. Dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari edolomie scure di ambiente lacustre a carofite. (Giurassico - DOGGER).

I calcari e le dolomie del Giurassico, presenti con intercalazioni marnose, sono la successione carbonatica più potente della regione. A Monte Doglia essa è esposta per almeno 500 metri e il suo spessore complessivo è valutabile in almeno 800 metri. Nella parte inferiore della successione, dal Sinemuriano al Bajociano, prevalgono calcari, spesso oolitici, selciferi, con alternanze anche fitte di livelli marnosi.

MUC - FORMAZIONE DI MONTE UCCARI. Calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati. Dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. GIURASSICO SUPERIORE.

POC - FORMAZIONE DI CAPO CACCIA. Calcari a rudiste. Da calcari prevalentemente micritici beige, ben stratificati, ricchi in Ippuriti e Radioliti; si possono osservare anche le bioerme in posizione di crescita. I calcari sono caratterizzati da un alto contenuto fossilifero costituito oltre che dalle associazioni a rudiste, da briozoi, coralli, alghe rosse (Sporolithon), da una ricca microfauna a grosse miliolidi e numerosi macroforaminiferi. CRETACICO SUPERIORE.

Successioni Sedimentarie Mioceniche

OPN - FORMAZIONE DI OPIA NUOVA. Questa unità stratigrafica rappresenta differenti ambienti continentali appartenenti ad un ampio sistema alluvionale ed è costituita da sabbie derivanti dallo

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 11
---	---	---------------

smantellamento del basamento ercinico, ed in particolare composte da quarzo, feldspati alcalini e granelli granitici. Localmente i depositi manifestano una stratificazione incrociata; limitata superiormente dai "Calcari di Mores". BURDIGALIANO MEDIO.

Depositi quaternari - Depositi olocenici dell'area continentale

b2 - Coltri eluviali/colluviali. Detriti immersi in matrice fine talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica. Si tratta di prodotti prevalentemente eluviali costituiti da terre rosse residuali (su substrato carbonatico) e silt sabbiosi bruni o rossastri (su substrato pelitico), riconducibili all'alterazione in situ del substrato e all'istaurarsi di fenomeni di pedogenesi. In subordine, sono presenti anche depositi colluviali costituiti da detriti rimaneggiati con clasti centidecimetrici - metrici sparsi e accumuli vari, prodotti dalla mobilitazione, ad opera delle acque dilavanti, sia di depositi incoerenti o scarsamente cementati sia di suoli preesistenti. OLOCENE.



Figura 3: Stralcio della carta geologica dell'area. Legenda: **MUC** – Formazione di Monte Uccari; **NRR** – Formazione di Monte Nurra; **POC** – Formazione di Capo Caccia; **OPN** – Formazione di Oppia Nuova; **b2** – Coltri eluvio-colluviali.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 12
---	---	---------------

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel periodo compreso tra il 26 ed il 29 dicembre 2022, è stata condotta una campagna d'indagini, nell'area impianto, attraverso l'esecuzione di pozzetti geognostici e di un rilievo sismico a rifrazione. Ciò ha permesso di avere un quadro d'insieme della situazione stratigrafica. La particolarità geologica dell'area sta nella presenza di blocchi (trovanti) di varie dimensioni (da pochi centimetri a plurimetrici) di calcare. Stratigraficamente si presentano distribuiti affioranti sotto pochi decimetri di suolo o a 1-2 m di profondità. Questa situazione è ben rappresentata anche in una trincea realizzata per il passaggio di condotte idriche (Fig.5).

In sintesi sono stati effettuati:

- N° 5 Pozzetti geognostici;
- N°1 Profilo sismico MASW, (da 46 m), finalizzato alla determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) e alla definizione della categoria di sottosuolo secondo quanto stabilito nelle NTC 2018 e s.m.i.

Pozzetti geognostici

Sono stati realizzati n° 5 pozzetti esplorativi con un miniescavatore, a profondità d'investigazione variabile tra 0,30 e 1,2m. La variabilità è data dalla presenza dei trovanti disposti in posizioni casuali.

In particolare, il pozzetto P3 è stato fatto in un punto del rilievo sismico, al fine di calibrare al meglio l'indagine.

Di seguito sono riportate le stratigrafie osservate.

Pozzetto P1

Profondità: 50cm

0 - 20cm: suolo

20 - 50cm: blocchi isolati di calcare decimetrici

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 13
---	---	---------------



Figura 4: Scavo Pozzetto 1

Pozzetto P2

Profondità: 70 cm

0-30cm: suolo

30-70cm: blocchi isolati di calcare decimetrici

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 14
---	---	---------------



Figura 5: Scavo Pozzetto 2

Pozzetto P3 – in linea con il profilo sismico MASW

Profondità: 120 cm

0-40cm: suolo (argille siltose)

40-120 cm: argille con frammenti di calcare eterometrici

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 15
---	---	---------------



Figura 6: Scavo Pozzetto 3

Pozzetto P4

Profondità: 60 cm

0-20cm: suolo (argille siltose)

20-60cm: blocchi di calcare sub affioranti



Figura 7: Scavo Pozzetto 4

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 16
---	---	---------------

Pozzetto P5

Profondità: 70 cm

0-45cm: suolo (argille siltose)

45-70 cm: blocchi e frammenti di calcare eterometrici



Figura 8: Scavo Pozzetto 5

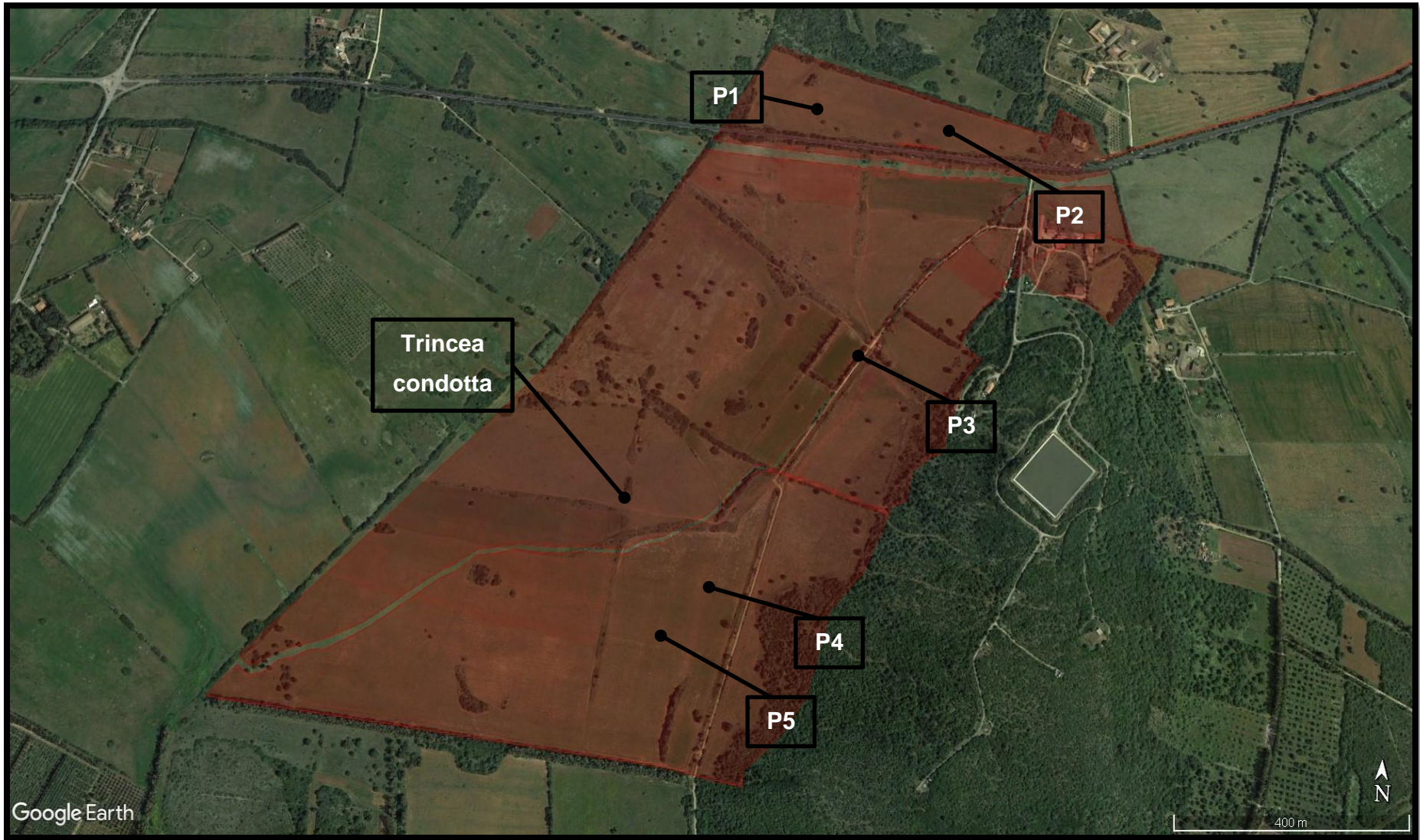


Figura 9: Ubicazione dei pozzetti geognostici.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 18
---	---	---------------



Figura 10: Scavo della trincea per la posa della condotta.

Progetto: Fattoria Solare “Casa Scaccia” AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 19
---	---	---------------



Figura 11: Area nei pressi del pozzetto P5 con evidenze dei blocchi calcarei in affioramento

Tracciato del cavidotto

La sezione di scavo per la messa in posa del cavidotto si attesta a circa 1,3m di profondità, mentre negli attraversamenti (TOC) la profondità potrebbe superare i 2m. Per maggiori dettagli sulle sezioni di scavo dei cavidotti si rimanda ai relativi elaborati di riferimento.

Il percorso del cavidotto intercetterà le litologie carbonatiche mesozoiche (in carta con la sigla MUC), tranne che negli ultimi 274m circa dove il substrato è caratterizzato da arenarie e conglomerati (in carta con la sigla OPN). Nelle litologie mesozoiche, la roccia carbonatica è affiorante o ricoperta da spessori variabili di suolo con “trovanti” sempre di natura carbonatica. Come per l’area ove saranno posati i tracker, i “trovanti” avranno dimensioni variabili da pochi decimetri fino al metro ed oltre. Il materiale risultate dalle operazioni di scavo, per sua natura e composizione, potrà essere riutilizzato per l’interramento dello scavo e di conseguenza andrà opportunamente segnalato nell’apposito “Piano di utilizzo per le terre e rocce da scavo”. Dalla cartografia attuale, non risultano passaggi del cavidotto in zone soggette a vincolistica P.A.I.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 20
---	---	---------------

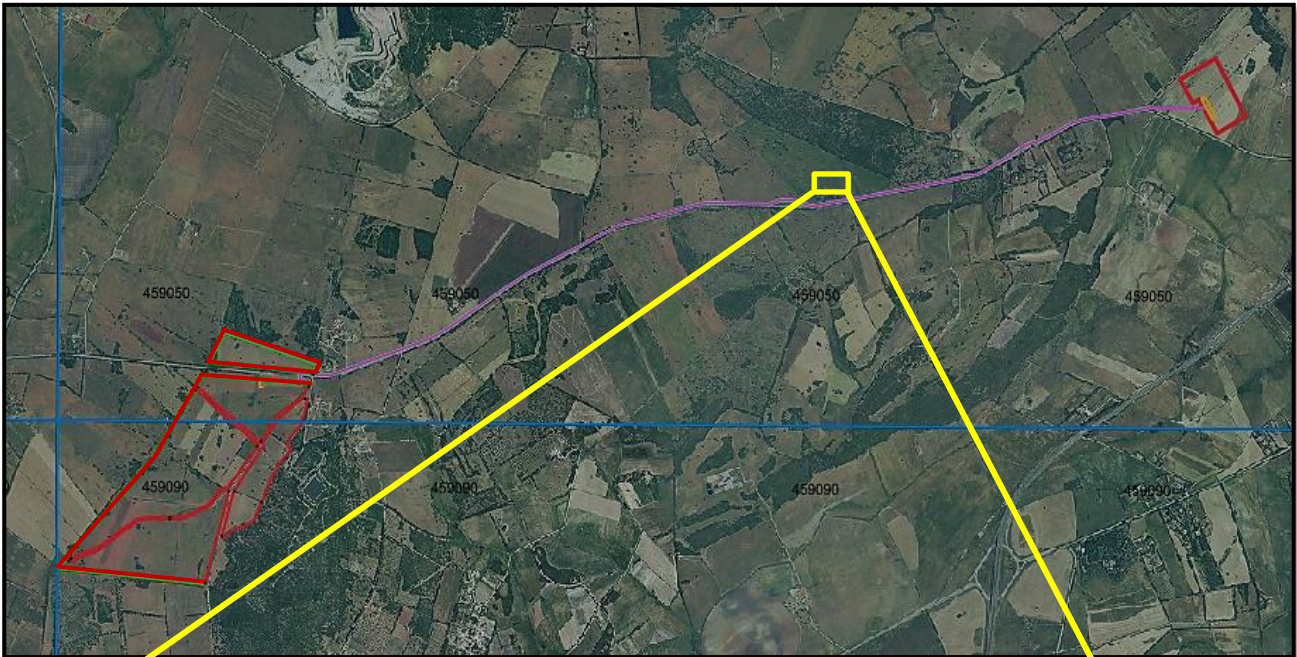


Figura 12: Tracciato ipotetico del cavidotto

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 21
---	---	---------------

Attualmente una parte del tracciato insiste su aree agricole ove si presume una bonifica di almeno superficiale per i primi 30 cm di suolo, dalla presenza di grossi trovanti (Fig. 8).

7. RELAZIONE SISMICA

7.1 Sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 14.01.2008 così come gli aggiornamenti relativi di cui al D.M. 17.01.2018, introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", di seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);
- F_0 = 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.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 22
---	---	---------------

Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Per tutte le isole, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di a_g, F_0, T_c^* uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B (Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti). Per la Regione Sardegna, e quindi per il Comune di Sassari, l'assegnazione dei parametri per i vari tempi di ritorno è semplificata dalle tabelle sottostanti che assegna i singoli valori di a_g, F_0, T_c^* .

TR=30			TR=50			TR=72			TR=101			TR=140		
a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,7	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313C

TR=201			TR=475			TR=975			TR=2475		
a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
0,393	2,82	0,322	0,5	2,88	0,34	0,603	3	0,372	0,747	3,09	0,401

Tabella valori di a_g, F_0, T_c^* per la Regione Sardegna

7.2 Azione Sismica di progetto

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

7.3 Indagine Sismica Masw

Le prospezioni sismiche vengono utilizzate nell'ambito dell'esplorazione del sottosuolo tramite lo studio della propagazione di onde elastiche generate o artificialmente mediante esplosioni controllate, vibrazioni indotte sul terreno con intensità e frequenza note, masse battenti di vario peso e tipologia o con sorgenti naturali.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 23
---	---	---------------

Nel caso di sorgenti artificiali si parlerà di sismica attiva e rientrano in questa categoria le indagini di sismica a rifrazione, a riflessione le indagini Masw, le Sasw e tutte le prove eseguite in foro (down-hole, cross-hole, up-hole) mentre nel caso di sorgenti naturali (noise) si parlerà di sismica passiva che comprendono le prove sismiche ReMi, Nakamura, Spac



Figura 13: Ubicazione tracciato sismico MASW.

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro $V_{s,eq}$ necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione antisismica. Per quanto concerne la fase di acquisizione del dato di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da una comune acquisizione per un'indagine di sismica a rifrazione, in quanto le onde di superficie sono facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale ad esempio una mazza. L'acquisizione del dato prevede di effettuare uno stendimento di 24 geofoni (preferibilmente da 4,5 Hz) allineati con la sorgente ad una distanza intergeofonica variabile in base alle condizioni di sito

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 24
---	---	---------------

e di energizzare in un solo punto (off set) con una sorgente ad impatto verticale, ad una distanza dal geofono più esterno anch'essa variabile in un range prestabilito. I sismogrammi così ottenuti vengono poi selezionati in fase di elaborazione, utilizzando solamente lo shoot che presenta la migliore qualità del segnale.

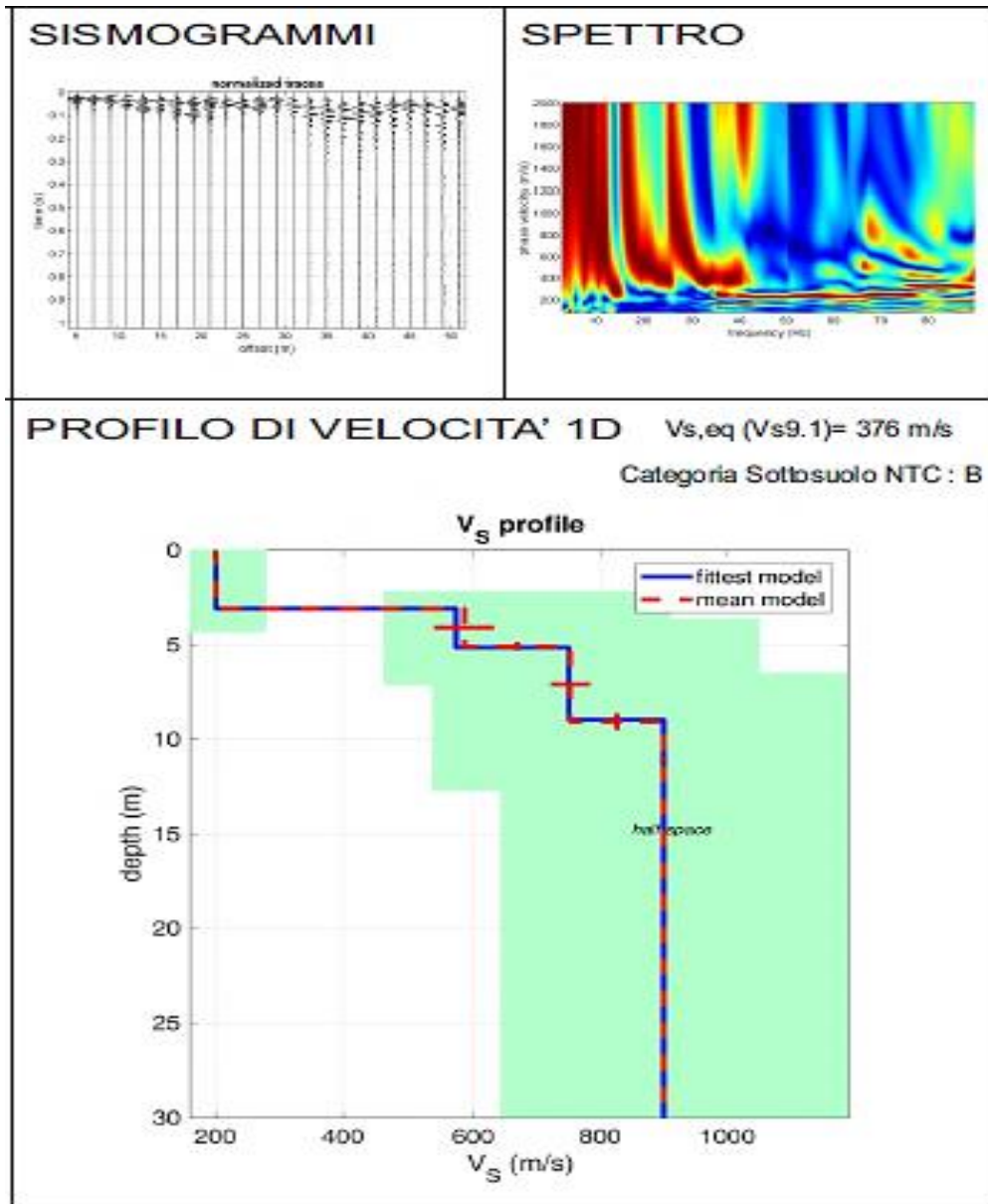


Figura 14: Dati elaborati risultanti dalla prospezione

Dall'elaborazione dei segnali di Fig. 10 si può desumere la seguente stratigrafia, confermata in parte dal pozzetto geognostico n°3.

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 25
---	---	---------------

PROFILO MASW SM_01				
STRATO	SPESSORE MEDIO	VELOCITA' Vs media	LITOLOGIA	CARATTERISTICHE FISICHE
1	3.10 m	200 m/s	Deposito eluvio colluviale	Poco addensato
2	2.00 m	586 m/s	Substrato geologico	Alterato
3	4.00 m	752 m/s		Da mediamente a poco alterato
4	n.d.	900 m/s		Poco alterato

Figura 15: Stratigrafia risultante dall'elaborazione dei dati.

7.4 Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 7 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

PROFILO MASW SM_01		
STRATO	SPESSORE medio (hi)	VELOCITÀ media (Vs)
1	3.10 m	200 m/s
2	2.00 m	586 m/s
3	4.00 m	752 m/s
4	n.d.	> 800 m/s

Dai dati sopra elencati si evince l'assenza di un substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) affiorante entro i primi 30.0 m di profondità e quindi, considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, sono stati ricavati i seguenti valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio riferiti ai primi 30.0 m di profondità ($H = 30.0$ nella precedente espressione): **$V_{s,eq}(9.1m) = 376$ m/s**

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 26
---	---	---------------

Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Categoria di sottosuolo B : Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.

7.5 Condizioni topografiche

Il sito in esame è ubicato in corrispondenza di un contesto antropizzato con inclinazione media inferiore di 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, Tabella 3.2.III, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

Categoria Topografica "T1"

		Descrizione
Categorie Topografiche	T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15^\circ$;
	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 $i > 30^\circ$.

Tabella 3.2.III delle NTC2018

7.6 Liquefazione dei terreni

Per liquefazione si intende generalmente una somma di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate (7.11.3.4.1 NTC 2018). La perdita di resistenza dei terreni con determinate caratteristiche, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, e il conseguente raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad arrivare al valore della pressione totale di confinamento, fino ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio. Tali fenomeni di liquefazione dei terreni si verificano soprattutto in presenza di sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa. Nel caso specifico, in relazione al

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 27
---	---	-------------------

paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa poiché le accelerazioni massime attese al piano di campagna sono circa **0,05g**, inferiori perciò, a 0,1g.

8. CONCLUSIONI

Attraverso l'indagine geologica, geotecnica e geofisica, è stato possibile determinare le caratteristiche stratigrafiche, strutturali e fisico-meccaniche dei terreni che saranno interessati dal progetto. Il presente lavoro integra il precedente studio geologico realizzato in seno alla progettazione. In conclusione si possono sinteticamente riassumere le seguenti osservazioni:

- ✓ si tenga presente che la tipologia, l'ampiezza dell'indagine e le relative considerazioni sono strettamente subordinate al tipo e alle dimensioni delle opere in progetto, e pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura;
 - ✓ l'area oggetto di studio non risulta soggetta a fenomeni di instabilità documentati ne sono stati rilevati dissesti in atto o potenziali;
 - ✓ le formazioni geologiche superficiali su cui poggeranno le strutture portanti sono dotate di buone caratteristiche meccaniche;
 - ✓ Laddove si presenteranno blocchi isolati (trovanti), si potrà perseguire una delle seguenti soluzioni, in funzione della grandezza e della forma degli stessi:
 - frantumazione superficiale della roccia e riutilizzo in sito, misto a terreno di riporto, per l'attuazione del piano agricolo in area impianto, con conseguente arricchimento delle proprietà organiche e minerali del terreno
 - perforazione e ancoraggio diretto alla roccia dei tracker in area impianto
 - frantumazione superficiale della roccia per permettere l'installazione delle cabine e delle power station in area impianto
 - taglio a sezione obbligata della roccia per permettere il passaggio dei cavi BT/AT di impianto e del cavidotto di collegamento con il punto di immissione in rete
 - frantumazione della roccia e riutilizzo della stessa come materiale drenante per la realizzazione della viabilità interna e perimetrale all'impianto
-

Progetto: Fattoria Solare "Casa Scaccia" AGRI BRUZIA SOCIETÀ AGRICOLA A.R.L.	Titolo Elaborato: Relazione Geotecnica Preliminare	Pagina: 28
---	---	---------------

- ✓ Per la natura dei terreni e per le dimensioni dei tracker, non si riscontrano possibili interazioni potenzialmente dannose per il normale deflusso superficiale e sotterraneo delle acque meteoriche.

Qualora durante l'esecuzione delle opere di fondazione si rinvenissero condizioni differenti e non previste in tale contesto o comunque dubbi sulla effettiva natura dei litotipi descritti, si raccomanda di richiedere la tempestiva ispezione del cantiere da parte del geologo.

Cagliari, Marzo 2023

Geol. Luigi Sanciu
