



IMPIANTO FOTOVOLTAICO CHILIVANI

COMUNE DI OZIERI (SS)

PROPONENTE

Sarda Energy s.r.l.
Zona Industriale Chilivani SNC
07014 OZIERI (SS)

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE
NEL COMUNE DI OZIERI (SS)

AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE - PROGETTO DEFINITIVO

**OGGETTO:
RELAZIONE GEOTECNICA**

CODICE ELABORATO

PD-R08

COORDINAMENTO

bm!

Studio Tecnico Dott. Ing Bruno Manca

GRUPPO DI LAVORO AU

Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott.ssa Ing. Silvia Exana
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Ing. Giuseppe Pili
Dott. Ing. Michele Pigliaru
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas

REDATTORE

Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
00	Aprile 2023	Prima emissione

FORMATO
ISO A4 - 297 x 210

0

0 - Premessa	2
---------------------------	---

1

<u>1 - RELAZIONE GEOTECNICA</u>	3
<u>1.1 -UBICAZIONE DELL'INTERVENTO</u>	4
<u>1.2 – ANALISI DEI FENOMENI DI DISSESTO E SCELTE PROGETTUALI</u>	5
1.2.1 – Fenomeni di dissesto	5
1.2.2 – Descrizione dell'intervento	5
<u>1.3 – PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO</u>	8
1.3.1 – Indagini espletate in situ, problematiche geotecniche	8
1.3.2 - Valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni.....	8
1.3.4 - Capacità portante e cedimenti del terreno di fondazione	10
<u>1.6 – STABILITA GLOBALE DEL VERSANTE</u>	14
<u>1.8 - CONCLUSIONI</u>	15

Allegati

Allegato N°01 Stratigrafie	16
Allegato N°02 Classificazione RMR GSI	16
Allegato N°03 Certificati portanza cedimenti	16

Premessa

La Sarda Energy srl, ha affidato l'incarico agli scriventi professionisti geologi, di predisporre gli studi geologici e geotecnici, in conformità alle NTC 2018, per la progettazione di un Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW sito nel Comune di Ozieri area industriale di Chilivani, Foglio 40 - Part. 204 - 206.

Lo studio geologico tecnico è stato distinto in due fasi:

1. Fase preliminare

- Acquisizione del materiale bibliografico esistente e di carte tematiche esistenti.*
- Inquadramento dell'aria.*
- Riconoscimento delle principali problematiche esistenti nel territorio.*

2. Approfondimento

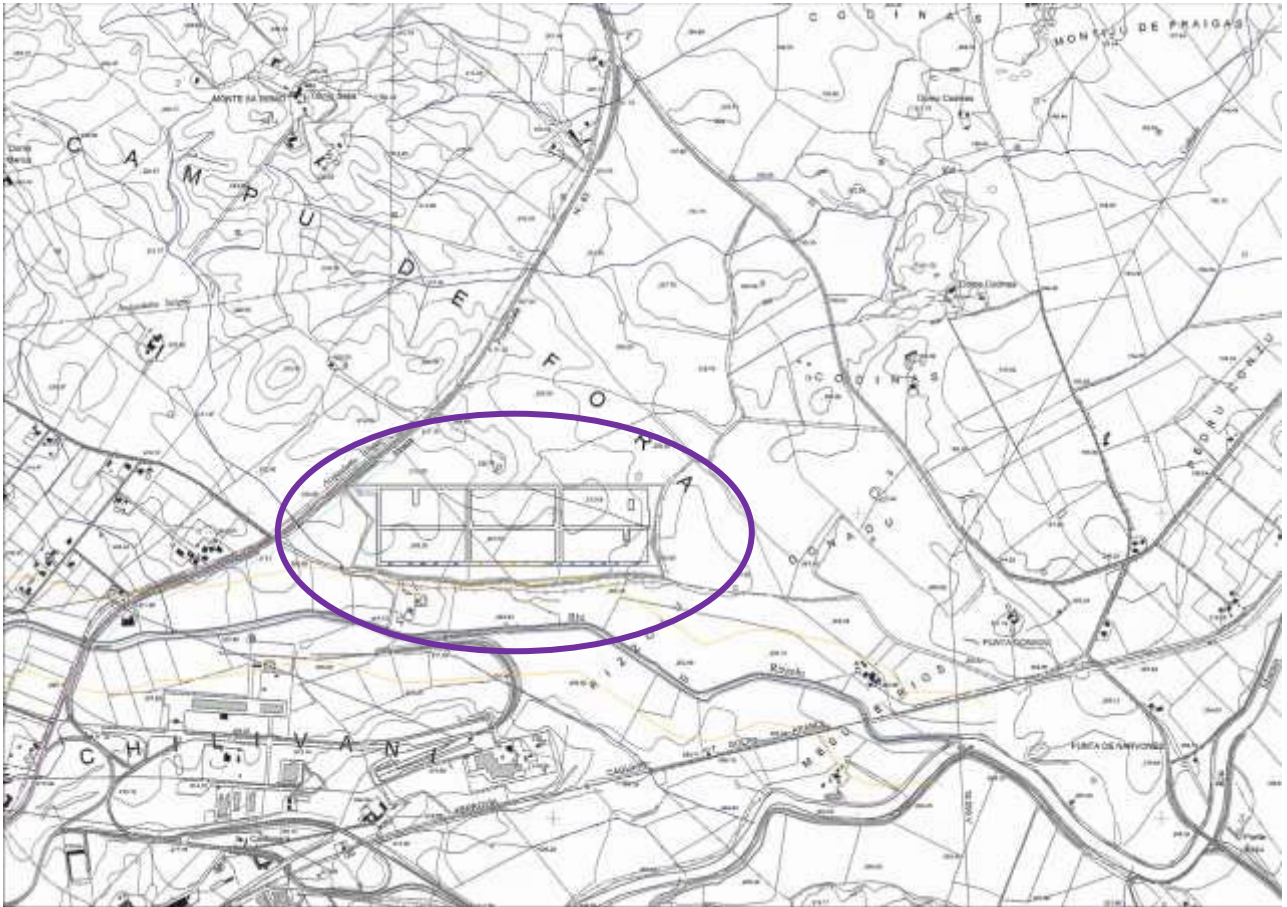
- Rilevamento geologico tecnico di dettaglio*
- Individuazione ed esecuzione di adeguate indagini geognostiche*
- Analisi dei dati raccolti e verifiche di stabilità*

Così come previsto dalla normativa, lo studio è stato distinto in due fasi, che corrispondono a due fasi di analisi distinte ma interdipendenti. Nella prima sono stati chiariti i rapporti stratigrafici tra le diverse formazioni geologiche. Nella seconda parte, in considerazione dell'analisi geologica e delle indagini geognostiche in essa predisposte, sono stati individuati i principali parametri geotecnici utili per la progettazione, ed analizzate le interazioni terreno struttura.

Quanto segue è l'esposizione della seconda fase.

1 - RELAZIONE GEOTECNICA

1.1 – UBICAZIONE DELL'INTERVENTO



1.2 – ANALISI DEI FENOMENI DI DISSESTO E SCELTE PROGETTUALI

1.2.1 – Fenomeni di dissesto

Come più ampiamente descritto nella relazione geologica il sito non presenta fenomeni di dissesto in atto né potenziali o pregressi. L'area è caratterizzata da un notevole stabilità geomorfologica, infatti il settore è classificato nella perimetrazione PAI Hg0 (Aree studiate per le quali non sono state individuati fenomeni franosi in atto o potenziali – Rev 42 v.02) ed è fuori dalla perimetrazione per rischio idraulico Hi0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta confinata all'interno delle sponde per tutti i tempi di ritorno - D. Ass. LLPP n.3 21/02/2005).

L'esecuzione della progettazione pertanto non è stata condizionata dall'assetto idrogeologico, non sussistono pertanto prescrizioni in tal senso.

1.2.2 – Descrizione dell'intervento

Di seguito sono descritti sinteticamente i lavori in progetto, soffermandosi in particolare su quelli che modificano i carichi al suolo.

L'intervento consiste nella realizzazione di una centrale fotovoltaica inerente la realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "CHILIVANI" per la produzione di energia da fonte solare nel comune di OZIERI Fraz. Chilivani (SS), con una potenza di picco di 19'929,0 kW ed una potenza in immissione di 19'800 kW.

L'impianto in questione appartiene alla fattispecie di "impianti fotovoltaici di potenza fino a 20 MW e delle relative opere di connessione alla rete elettrica di alta e media tensione localizzati in aree a destinazione industriale, produttiva o commerciale ..." per i quali si applica la Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.), come da comma 9-bis dell'art.6 del D.Lgs 03.03.2011 n°28 modificato dall'art. 9 della Legge n.34 del 27 Aprile 2022 di conversione del DL 1°Marzo 2022 n.17. Ricadendo l'area d'impianto fra quelle non idonee, così come definite dalla legge Regionale n. 59/90 del 27.11.2020, la P.A.S. sarà preceduta dal procedimento di verifica di assoggettabilità alla valutazione di impatto ambientale.

Le opere che incidono maggiormente sul contesto geologico sono:

1. Posa dei tracker a sostegno dei pannelli tramite pali metallici a profilo aperto infissi tramite battitura, senza movimento di terra. La struttura di sostegno di un generatore fotovoltaico, è un sistema costituito dall'assemblaggio di profili metallici, in grado di sostenere e ancorare al suolo una struttura raggruppante un

insieme di moduli fotovoltaici, nonché di ottimizzare l'esposizione di quest'ultimi nei confronti della radiazione solare. In particolare, i moduli fotovoltaici verranno montati su strutture di sostegno ad inseguimento automatico su un singolo asse (tracker mono assiali) che verranno ancorate al terreno mediante l'infissione di profili metallici nel terreno naturale esistente sino ad una determinata profondità, in funzione della tipologia di terreni e dell'azione del vento (vedi PD-R06). Per il calcolo di tale azione l'area interessata dall'impianto ricade nella "zona 6) Sardegna (zona a OCCIDENTE della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)", come da classificazione secondo il paragrafo 3.3 delle N.T.C. 2018. Per l'impianto in esame la distribuzione dei moduli sulle strutture di supporto sarà del tipo con i moduli affiancati secondo il lato lungo (single portrait). Le strutture di sostegno saranno distanziate, in direzione est-ovest, con un interasse le une dalle altre di 5,0 m in modo da evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco che si manifestano nelle primissime ore e nelle ultime ore della giornata. La modalità di posa con moduli sovrapposti aumenta la superficie esposta al vento portando a 3,27 m l'altezza massima dei pannelli con angolo di rotazione a 55° ed un'altezza minima di 1,30 m dal terreno. Ogni tracker, posizionato secondo la direzione Nord-Sud, ruota intorno al proprio asse indipendentemente dagli altri, guidati dal proprio sistema di guida. La figura seguente, unitamente alle dimensioni principali del tracker, mostra le posizioni estreme: la posizione assunta all'alba, al mezzogiorno solare e al tramonto e gli intervalli di rotazione.

2. Gli unici volumi tecnici presenti sono costituiti dalle cabine di trasformazione che vengono appoggiate su una vasca di fondazione contenente i vari cavi in entrata ed uscita dalla cabina stessa. Tali vasche in cemento armato sono posizionate all'interno di uno scavo con piano di posa a -0.60 m rispetto al piano di campagna.
3. Gli scavi dei cavidotti interrati saranno riempiti con lo stesso materiale di scavo. Non è prevista produzione di terra di scavo per la quale si rende necessario il trasporto a discarica, ad ogni modo, qualora le materie provenienti dagli scavi non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della direzione dei lavori e sulla scorta delle verifiche da eseguirsi in base al dettato del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i. e del D.P.R. 120/2017) ad altro impiego nei lavori, queste dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che la Ditta installatrice dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.
4. Gli scavi in genere, da realizzarsi per una qualsiasi lavorazione a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e geotecnica di cui al DMLLPP dell'11 marzo 1988 (di seguito DM LLPP 11.03.88), integrato dalle istruzioni applicative di cui alla CMLLPP n. 218/24/3 del 9 gennaio 1996, in conformità alle NTC 2018, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla direzione dei lavori. Nell'esecuzione degli scavi l'impresa installatrice procederà in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando essa, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone e alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.
5. La Ditta installatrice provvederà, altresì, a sue spese affinché le acque scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavidotti.
6. Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse saranno depositate, previo assenso della direzione dei lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie

depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie (vedasi relazione PD.14 – Terre e rocce da scavo).

7. Viabilità interna in terra battuta.

1.3 – PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

1.3.1 – Indagini espletate in situ, problematiche geotecniche

Per valutare la natura dei terreni di fondazione sono state effettuate indagini geognostiche, tramite le quali è stato possibile accertare le litologie di fondazione. Il giorno 18 marzo 2023 sono stati eseguiti 11 dei pozzetti geognostici tramite terna gommata, le stratigrafie sono riportate nell'allegato stratigrafie

Le problematiche geotecniche principali sono:

1. capacità portante del terreno di fondazione dei tracker scelta della tipologia di fondazione e predimensionamento;
2. capacità portante del terreno di fondazione delle cabine e predimensionamento;
3. capacità portante del terreno di fondazione della viabilità e predimensionamento.

1.3.2 – Valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni

Dalle indagini dirette (vedi allegato) con l'esecuzione di 11 saggi si è potuto accertare che il sub strato roccioso è costituito da due litologie:

- **LRM** FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre; tufiti ("Formazione lacustre" Auct.). BURDIGALIANO
- **OPN** FORMAZIONE DI OPPIA NUOVA. Sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici (Nurra). Ambiente da conoide alluvionale a fluvio-deltizio. BURDIGALIANO ?MEDIO-SUP.

Per quanto concerne l'attribuzione alla formazione LRM dei tufi rinvenuti nei pozzetti dal 5 all'11 è dubbia, pertanto è necessario fare qualche precisazione. Queste litologie sono state attribuite alla formazione LRM in quanto la cartografia geologica pubblicata dalla RAS indica in quel settore questa formazione, la stessa prevede la presenza di tufiti e tufi. Le caratteristiche litologiche potrebbero però attribuire questi tufi anche alla formazione HVN, ovvero alle piroclastiti che affiorano più a ovest. Ai fini del presente lavoro l'attribuzione all'una o l'altra formazione classificata dal CARG non incide sui risultati finali dell'analisi geotecnica.

In questa fase i valori delle caratteristiche geo meccaniche dei terreni granulari vengono ipotizzati sulla scorta di esperienze pregresse, quelle dei terreni litoidi tramite la classificazione RMR.

Valutazione delle caratteristiche dei tufi

Classificazione RMR

Spesso gli ammassi rocciosi sono interessati da discontinuità in corrispondenza delle quali le caratteristiche meccaniche sono più scadenti di quelle della matrice, per questo nel complesso la resistenza al taglio dell'ammasso è regolata sia dalle caratteristiche della matrice sia dalla frequenza e geometria delle discontinuità.

Il metodo di Beniaowski (*Rock Mass Rating RMR*) si basa sul rilievo di sei parametri ad ognuno dei quali è assegnato un peso:

R1	resistenza alla compressione uniassiale della roccia intatta
R2	indice RQD
R3	spaziatura delle discontinuità
R4	condizioni delle discontinuità
R5	condizioni idrauliche
R6	orientamento delle discontinuità in relazione al manufatto

La classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

$$RMR_{base} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{corretto} = R1+R2+R3+R4+R5+R6$$

Nell'allegato (elaborazione ProgramGeo MecRocce) sono riportati i valori ottenuti, di seguito la sintesi dei parametri:

Tufo

Classe III – BRMR 64 - RMR 57 – GSI 64 – Valutazione: discreta

c 320 kPa Φ 37,0° γ 1600 kg/mc γ_s 1800 kg/mc

Ed 4000 kg/cmq

Terreni granulari

I valori sono assegnati sulla scorta di valori di litologie simili

Sabbie limoargillose grigio-giallastre

c 50 kPa Φ 29,0° γ 1800 kg/mc γ_s 2000 kg/mc

Ed 200 kg/cmq

Sabbie grossolane rossastre

c 0 kPa Φ 32,0° γ 1800 kg/mc γ_s 2000 kg/mc

Ed 300 kg/cmq

1.3.3 – Capacità portante e cedimenti del terreno di fondazione

Cabine elettriche

La valutazione della portanza del terreno non può prescindere dalle dimensioni e caratteristiche geometriche delle fondazioni. I terreni di fondazione sono di due tipi

1. Sabbie
2. Tufo

Ai fini della valutazione della capacità portante della fondazione è stato applicato il metodo di Terzaghi (1943) e successive modifiche di altri autori.

Il metodo consiste nella risoluzione della seguente relazione:

$$q_{ult} = c N_c s_c + \gamma D N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

dove:

$$N_q = a/[2 \cos^2 (45 + \varphi/2)]$$

$$\text{dove } a = e^{0,75\pi - \varphi/2 \tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \tan \varphi/2 [(K\rho_\gamma/\cos^2 \varphi) - 1]$$

dove il coefficiente $K\rho_\gamma$ non è mai stato spiegato chiaramente dall'autore, perciò si è utilizzata una tabella di valori forniti dall'autore stesso

Nella valutazione dell'interazione terreno - struttura, durante le fasi di progettazione, diventa indispensabile conoscere la valutazione dei cedimenti. Il calcolo è complesso, e può essere applicata con buona approssimazione la teoria di Terzaghi.

$$s = \frac{dH \cdot (q - p)}{E}$$

Si applica la relazione

dove:

E = mod. edometrico

dH = spessore dello strato interessato al cedimento

p = pressione del terreno asportato

q = sovraccarico.

L'ipotesi di calcolo per il predimensionamento delle fondazioni è fatta su fondazioni a plinto dimensioni 0,80 x 0,80 m carico 0,6 kg/cmq e una platea di dimensioni 8,25 x 2,9 carico 0,3 kg/cmq m, su entrambi i tipi litologici. Il piano di posa delle fondazioni si troverà circa 0,6m al di sotto del piano di campagna. L'eventuale modifica dimensionale delle fondazioni non cambia di molto la capacità portante dei terreni.

Nell'allegato (elaborazione ProgramGeo QSB2) sono riportati i risultati ottenuti come si nota i valori di portanza SLU sono molto maggiori dei carichi applicati e i cedimenti calcolati e riportati nel tabulato è da ritenersi già avvenuto, non sono attesi cedimenti in relazione all'incremento dei carichi.

In fase definitiva/esecutiva si valuterà la possibilità di effettuare prove di laboratorio, taglio, edometriche e determinazione delle caratteristiche fisiche per una valutazione analitica dei parametri geomeccanici.

Fondazione dei Tracker

La posa dei tracker a sostegno dei pannelli tramite pali metallici a profilo aperto avverrà tramite infissione per battitura, senza movimento di terra. La struttura di sostegno di un generatore fotovoltaico, è un sistema costituito dall'assemblaggio di profili metallici, in grado di sostenere e ancorare al suolo una struttura raggruppante un insieme di moduli fotovoltaici.

Le caratteristiche dei terreni sono idonee all'infissione, il palo verrà infisso per una profondità di circa 1,0 - 1,5 m.

In fase definitiva/esecutiva si valuterà la possibilità di effettuare prove in situ penetrometriche, per una valutazione analitica dei parametri geomeccanici.

Viabilità

Tenuto conto della presenza di argilla plastica negli orizzonti superficiali del suolo e in alcuni stati sottostanti, la costruzione della viabilità sarà preceduta dall'asportazione della cotica erbosa con un approfondimento dello scavo fino a circa 50 cm.

La stesura del rilevato sarà preceduta dalla preparazione del piano di posa al fine di evitare i problemi che possono derivare dal terreno di fondazione e di eventuali cedimenti dello stesso. Le operazioni di preparazione del terreno di posa possono essere così sintetizzate:

- asportazione della copertura vegetale e dell'orizzonte umico;
- sistemazione a gradoni per pendenze trasversali superiori al 15%
- compattazione tramite rullatura sino a raggiungere il 95% dell'optimum di addensamento

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A1, A2, A3.

Il rilevato sarà steso a strati e successivamente addensato, tramite rullatura e umidificazione, lo spessore degli strati sarà proporzionale alla massima granulometria adottata. A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972)

In fase definitiva/esecutiva si valuterà la possibilità di effettuare prove in laboratorio CBR su campioni portati all'optimum di Proctor, per una valutazione analitica degli spessori di rilevato stradale in funzione del carico di progetto.

1.6 – STABILITA GLOBALE DEL VERSANTE

Come più ampiamente descritto nella relazione geologica – geomorfologica non vi sono in atto fenomeni di instabilità geomorfologica in senso lato legati alla dinamica dei versanti o di altro di tipo geomorfologico.

La presenza di suoli a rischio erosione deve guidare la progettazione a lavori ultimati e in fase di esecuzione dei lavori.

1.8 - CONCLUSIONI

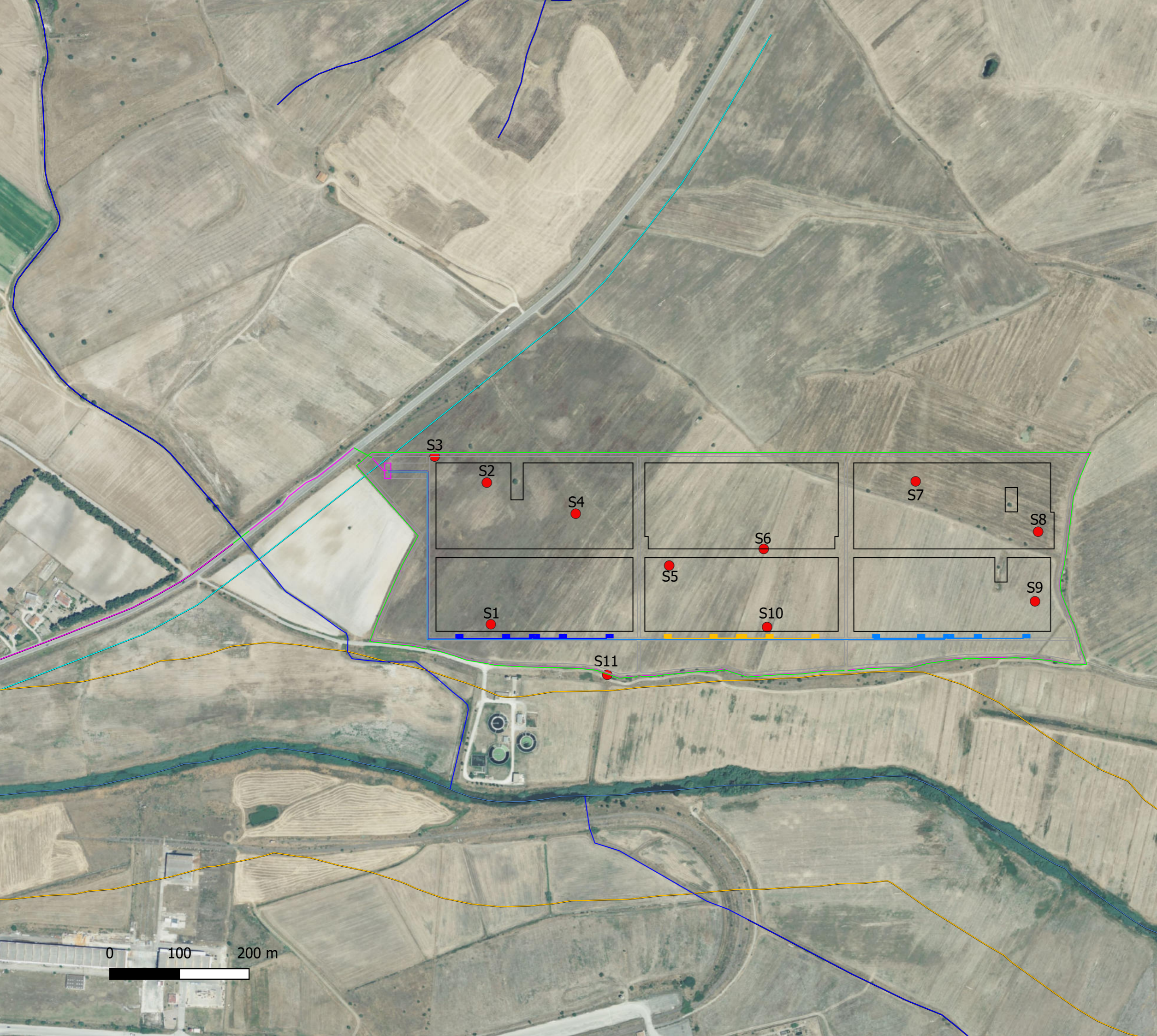
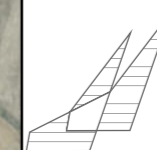
L'analisi del contesto geologico e geotecnico ha permesso di stabilire:

1. Nel versante analizzato ove è ubicato l'intervento, non sono presenti fenomeni di instabilità legati all'evoluzione del rilievo che possono portare a condizioni di pericolo sia durante l'esecuzione dei lavori sia a lavori ultimati.
2. I terreni interessati, se privati della copertura pedogenica e della cotica erbosa possono dar luogo a fenomeni erosivi sia di tipo lineare che areale, di tale situazione si è tenuto conto in fase di progettazione, l'intervento in sé non prevede scavi importanti.
3. In relazione alle informazioni acquisite in questa fase degli studi si è potuto calcolare il predimensionamento delle opere di fondazione.

Allegato N°01 Stratigrafie

Allegato N°02 Classificazione RMR GSI

Allegato N°03 Certificati portanza cedimenti



Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

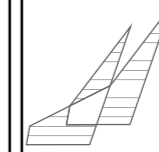
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

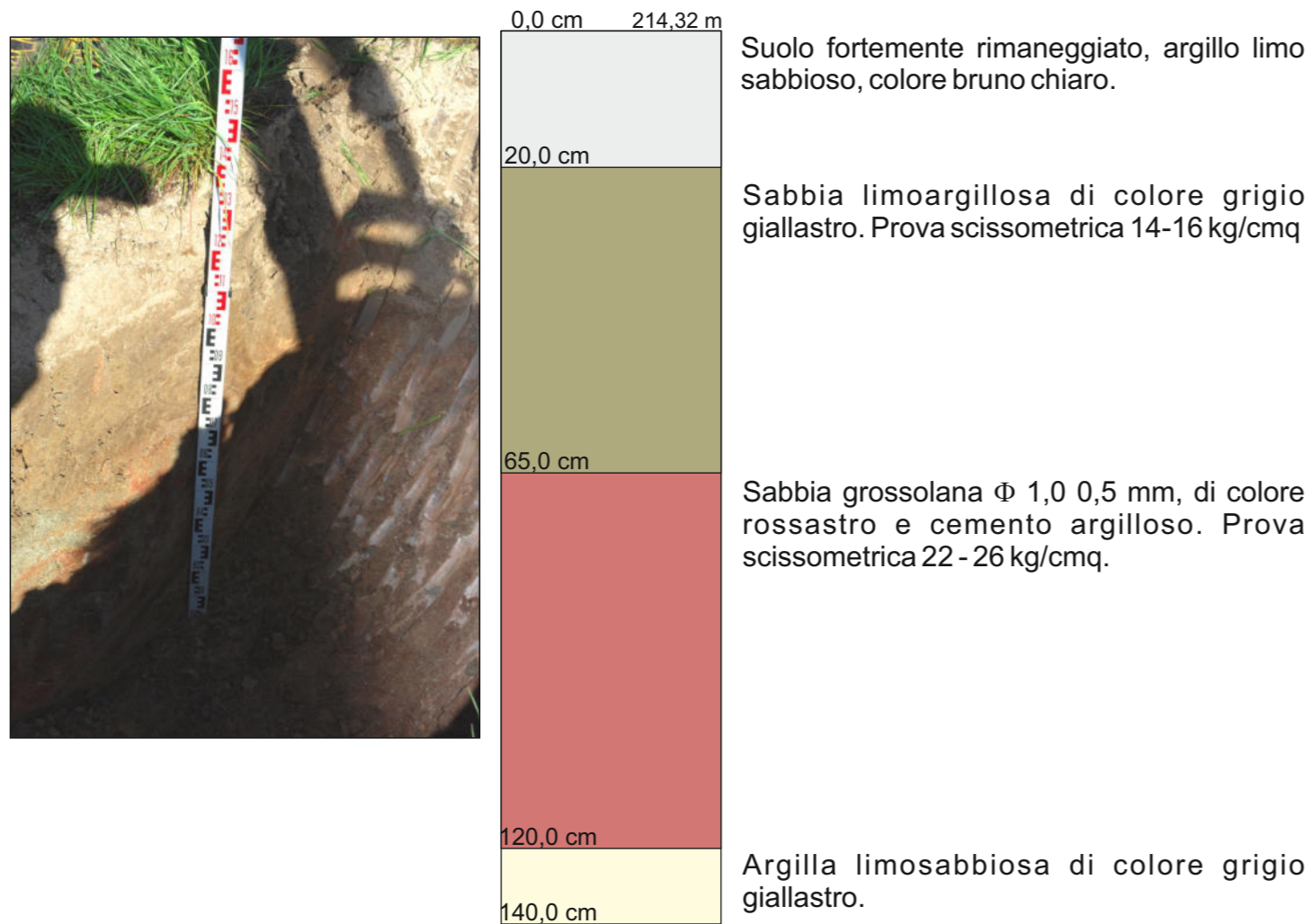
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S1 ○

Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

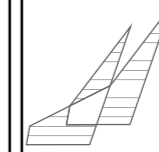
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

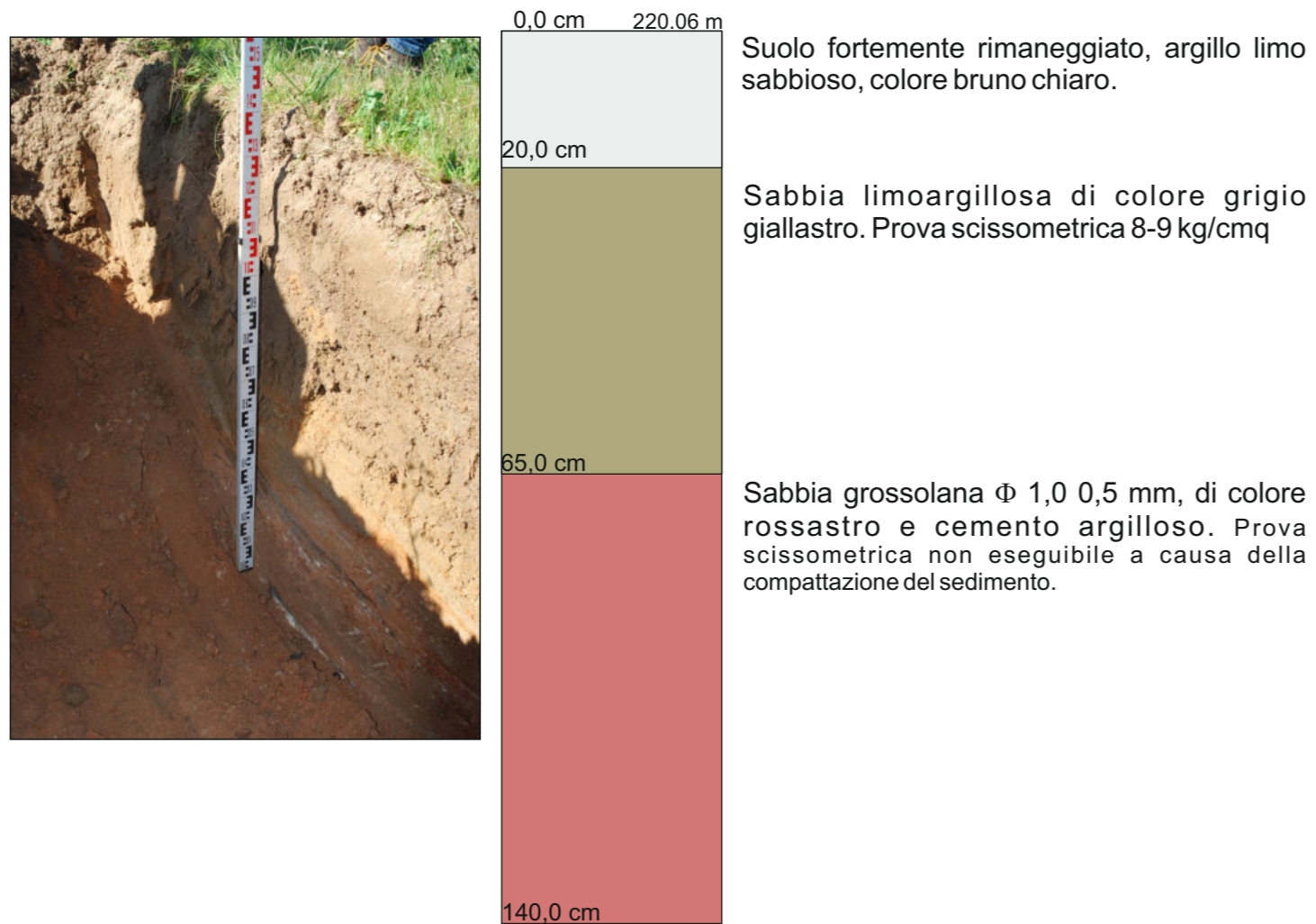
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S2 ○

Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

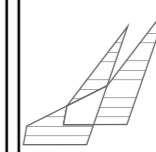
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

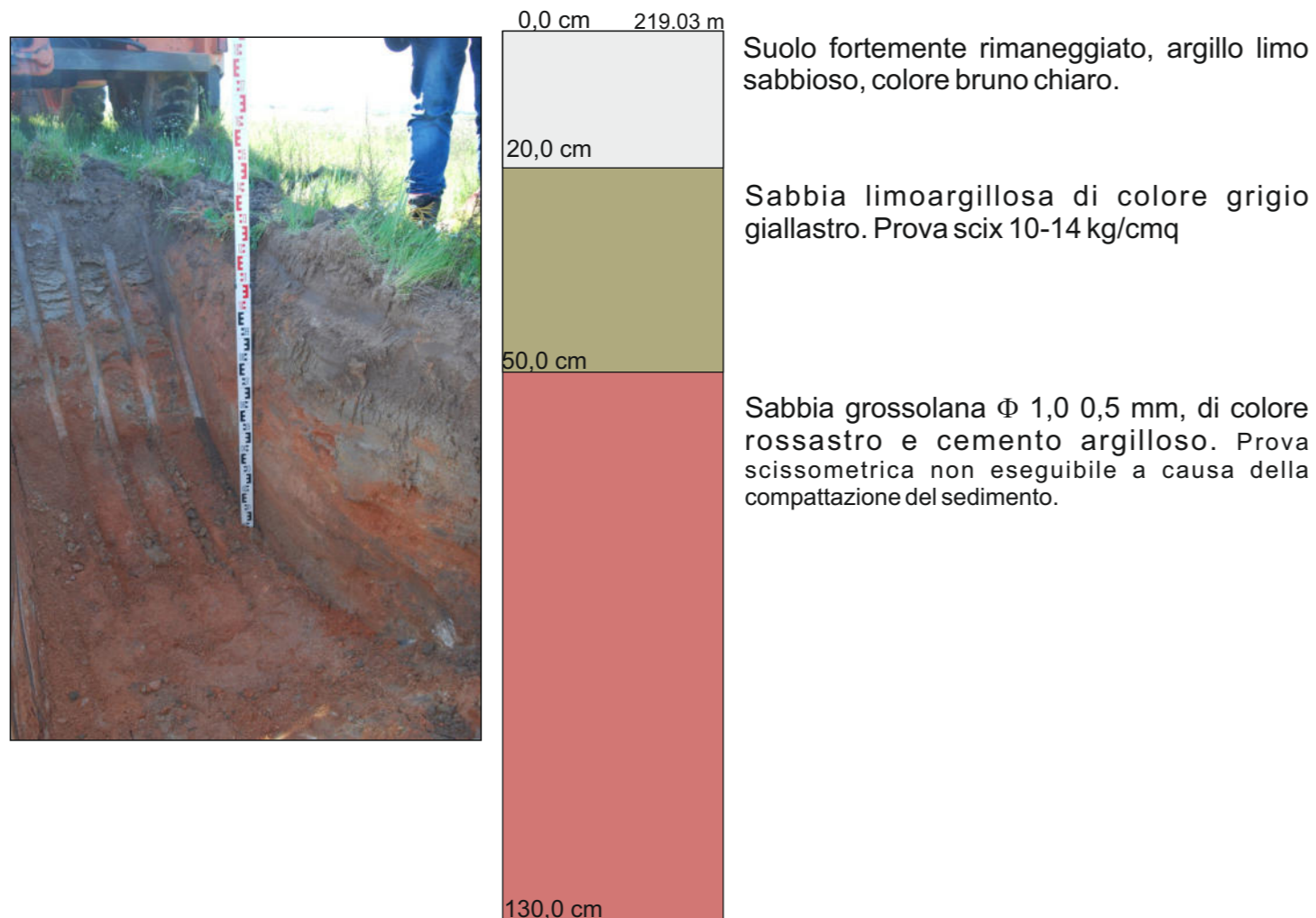
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S3 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

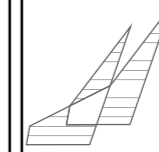
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

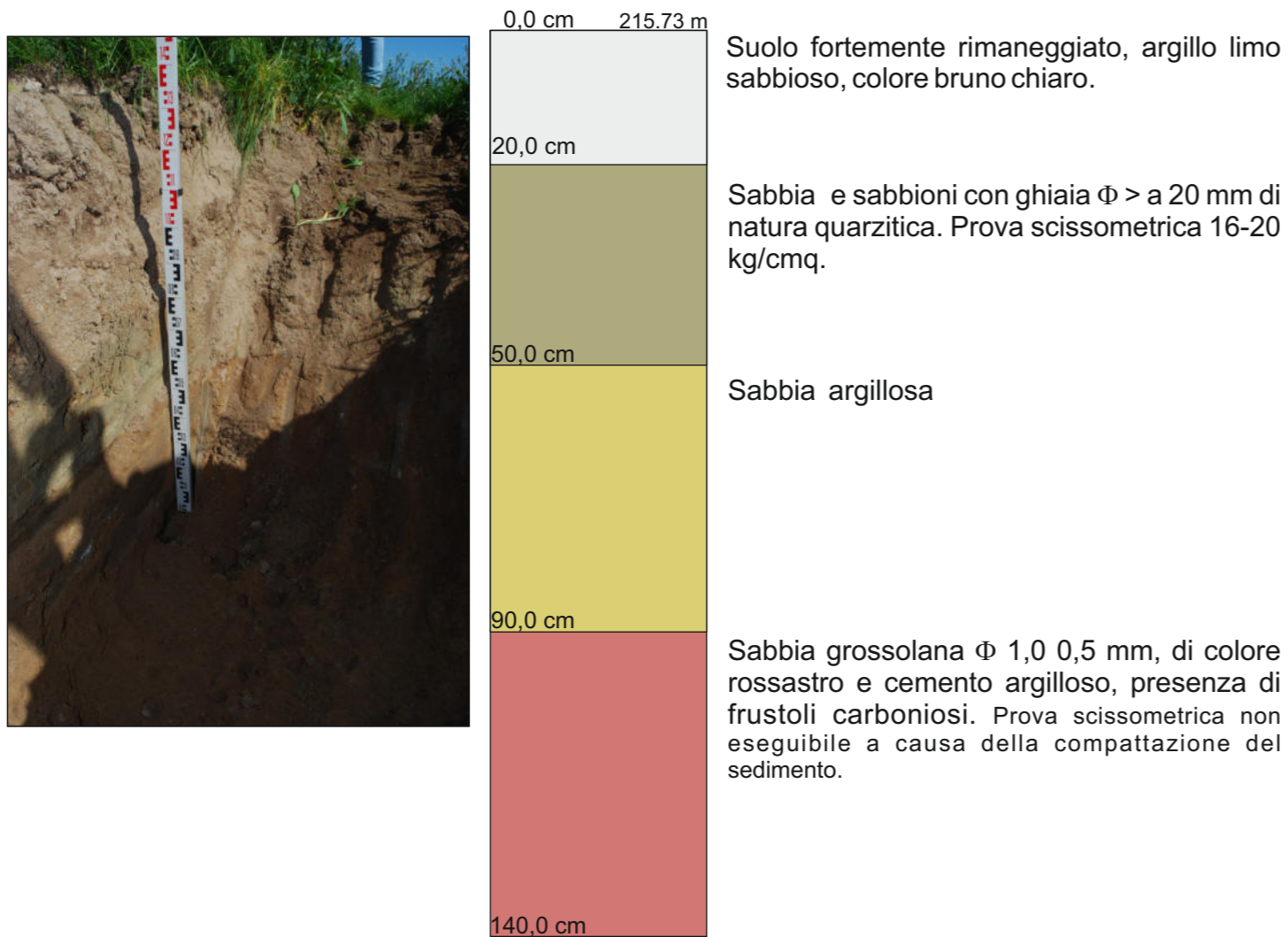
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S4 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

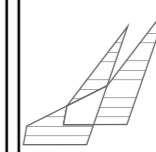
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

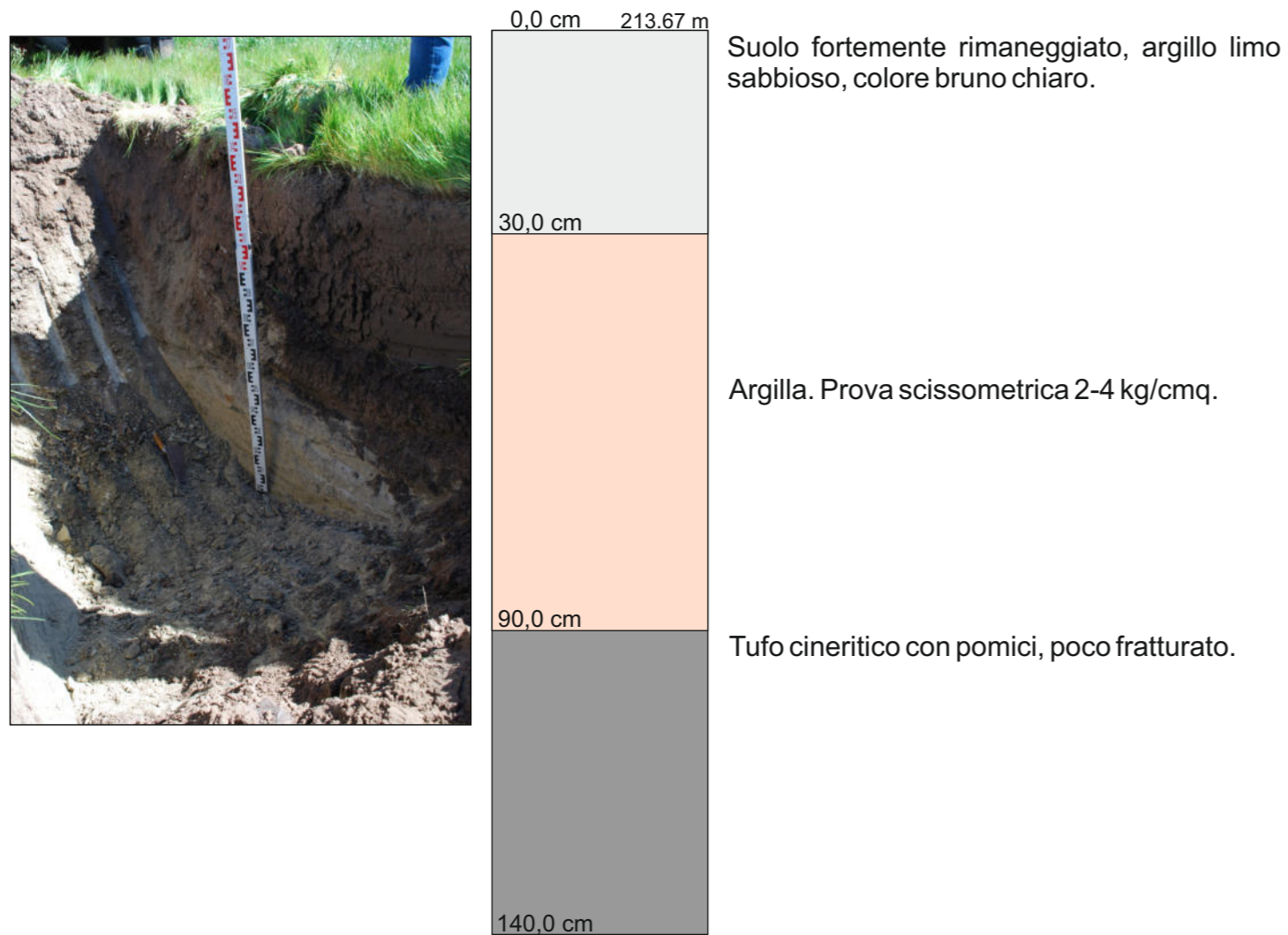
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S5 ○

Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

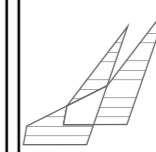
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

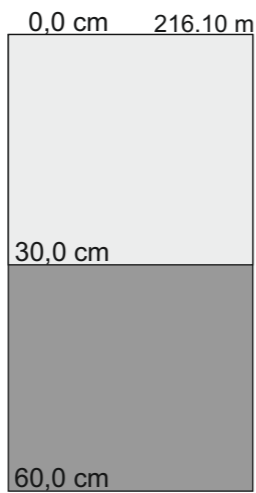
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Suolo fortemente rimaneggiato, argillo limo
sabbioso, colore bruno chiaro.

Tufo cineritico con pomici, poco fratturato.

Pozzetto n° S6 ○

Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

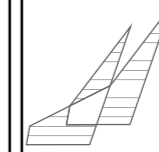
UBICAZIONE



Comune di Macomer

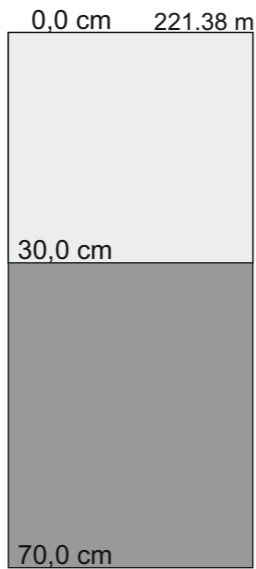
Stratigrafia

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Suolo fortemente rimaneggiato, argillo limo sabbioso, colore bruno chiaro.

Tufo cineritico con pomici, poco fratturato.

Pozzetto n° S7 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

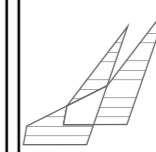
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

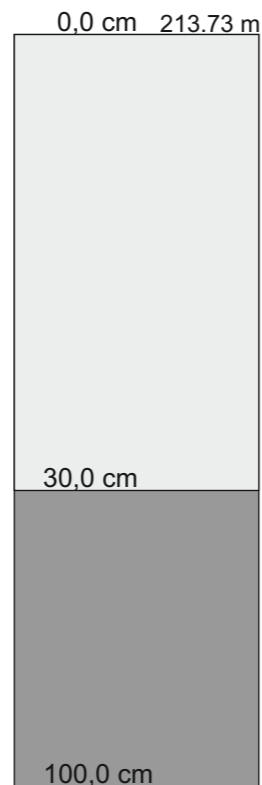
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Suolo fortemente rimaneggiato, argillo limo
sabbioso, colore bruno chiaro.

Tufo cineritico con pomici, poco fratturato.

Pozzetto n° S8 ○

Impianto fotovoltaico denominato
«CHILIVANI» potenza 19'800
kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

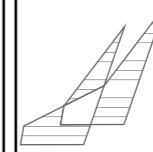
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

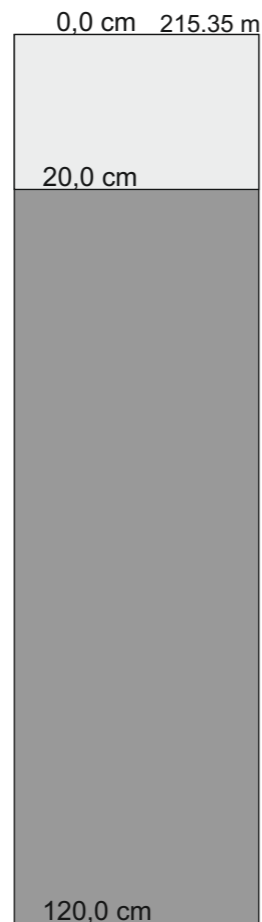
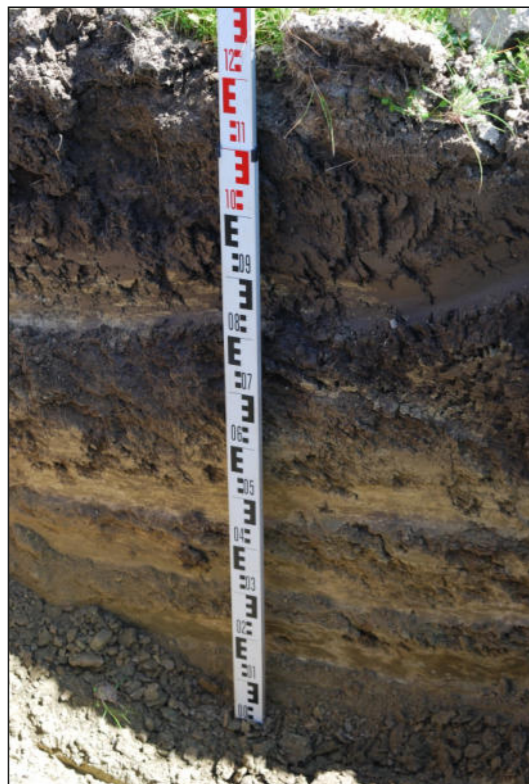
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Suolo fortemente rimaneggiato, argillo limo sabbioso, colore bruno chiaro, orizzonte organico.

Tufo cineritico con pomici, poco fratturato.

Pozzetto n° S9 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

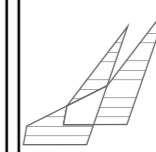
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

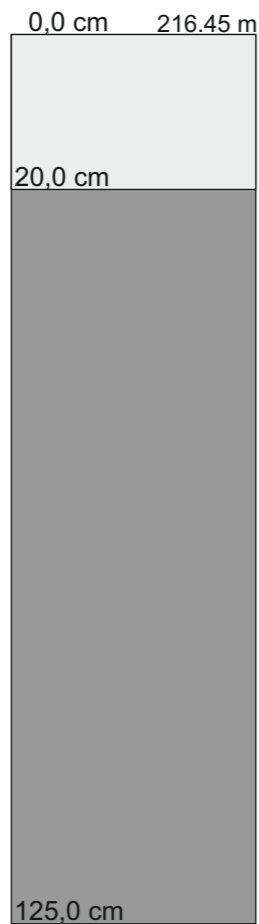
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Suolo fortemente rimaneggiato, argillo limo sabbioso, colore bruno chiaro, orizzonte organico.

Tufo cineritico con pomici, poco alterato.

Pozzetto n° S10 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

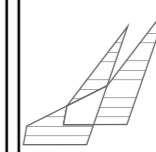
UBICAZIONE



Comune di Ozieri -
Chilivani

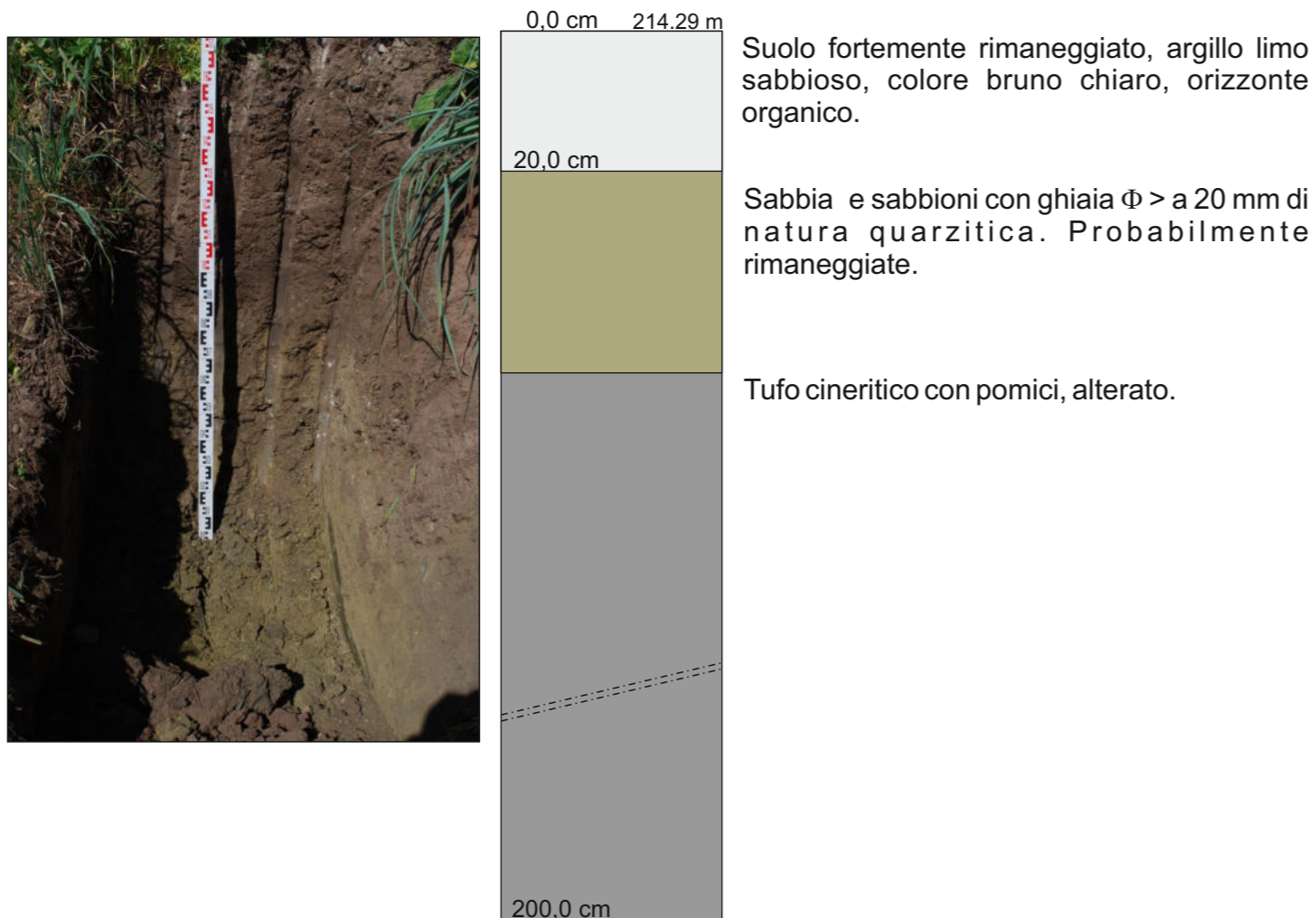
Ubicazione pozzetti

Allegato 1



Dott. Geol. Giorgio Schintu
Dott. Geol. Giulio Piras
Via Toscana, 20 Macomer
Tel 078570732 Portatile 3291610373
Posta El. giorgio.schintu.geologo@gmail.com

STRATIGRAFIA



Pozzetto n° S11 ○

Impianto fotovoltaico denominato «CHILIVANI» potenza 19'800 kW.

Relazione Geotecnica

Committente
Sarda Energy srl

C.S.I.R. Rock Mass Rating 1989: rilievo geomeccanico n.1

1		Resistenza alla compressione uniassiale (MPa)	Punteggio	R.Q.D. %	Punteggio	Spaziatura media(cm)	Punteggio
40			5	95	19	10	7
PARAMETRI							
Lunghezza giunti (m)		< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
Condizione giunti	Punteggio	6	4	2	1	0	
	Apertura (mm)	Nessuno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
4	Punteggio	6	5	4	1	0	
	Rugosità	Molto rugosi	Rugosi	Leg.rugosi	Lisci	Levigati	
	Punteggio	6	5	3	1	0	
Riempimento (mm)		Nessuno	<5 riempimento duro	>5 riempimento molle	>5 riempimento molle	>5 riempimento molle	
5	Punteggio	6	4	2	2	0	
	Alterazione	Non alterato	Leg.alterato	Mod.alterato	Molto alterato	Decomposto	
	Punteggio	6	5	3	1	0	
Acque sotterranee	Portata per 10 m di lunghezza (l/min)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
	Rapporto (pressione acqua nei giunti) / (sforzo principale)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
	Condizioni generali	Asciutti	Umidi	Bagnati	Gocciolanti	Venute	
6	Punteggio	15	10	7	4	0	
	Orientamento dei giunti	Molto favorevole	Favorevole	Discreta	Sfavorevole	Molto sfavorevole	
Classe III	Gallerie	0	-2	-5	-10	-12	
	Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25	
	Scarbate	0	-5	-25	-50	-60	
BRMR	64	RMR	57	GSI	64	Descrizione	Discreta
				Coesione (kPa)	320,0	Angolo d'attrito(°)	37,0
						Autosostegno	1 set.x3m

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Sabbie

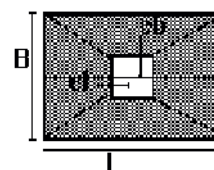
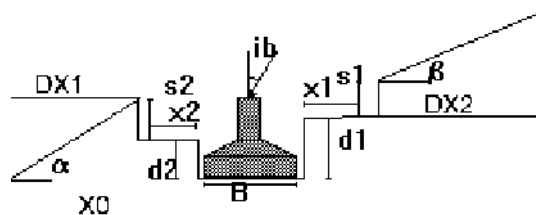
Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	8,25
Lunghezza della base L (m):	2,9
Profondità di posa lato destro d1(m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	0,6
Profondità scavo destro s1(m):	0
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle a(°):	0
Inclinazione pendio a monte b(°):	0
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B ib(°):	0
Inclinazione carico lato L (°):	0
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1800
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Platea

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Fondazione n.	2
Larghezza o diametro base B (m):	0,8
Lunghezza della base L (m):	0,8
Profondità di posa lato destro d1(m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	0,6
Profondità scavo destro s1(m):	0
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle a(°):	0
Inclinazione pendio a monte b(°):	0
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B ib(°):	0
Inclinazione carico lato L (°):	0
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1800
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Plinto



dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Sabbie

Parametri geotecnici del terreno di fondazione

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Sabbia molto addensata

Angolo di attrito (°):	32
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2000
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	300
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricomprensione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	28,52
Fattore di portanza Nc:	44,04
Fattore di portanza Ny:	22,02
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Sabbie

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo NTC2008 App.I Comb.2 condizioni non drenate Combinazione: sismica

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	8,25
Lunghezza della fondazione (m):	2,9
Profondità di posa lato destro (m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,6
Metodo di calcolo:	Terzaghi stato limite ultimo

Fattori di forma

Sc:	1	Sq:	1	Sy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori di profondità

Dc:	1	Dq:	1	Dy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione carico

Ic:	1	Iq:	1	Iy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc:	1	Zq:	1	Zy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1,25
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1,4
Coefficiente di sicurezza globale:.....	1,8
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	4,57
Profondità del cuneo efficace (m):	7,44
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,09

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Fondazione n.	2
Larghezza della fondazione (m):	0,8
Lunghezza della fondazione (m):	0,8
Profondità di posa lato destro (m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,6
Metodo di calcolo:	Terzaghi stato limite ultimo

Fattori di forma

Sc:	1,3	Sq:	1	Sy:	0,8
-----	-----	-----	---	-----	-----

Fattori di profondità

Dc:	1	Dq:	1	Dy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione carico

lc:	1	lq:	1	ly:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc:	1	Zq:	1	Zy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	1,22
Profondità del cuneo efficace (m):	0,72
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,09

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Sabbie

Riassunto del calcolo dei cedimenti

Fondazione n. 1

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	8,25
Lunghezza della fondazione (m):	2,9
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	0,6

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	5,2	8,5	5,2
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	5,2	8,5	5,2

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	5,2	8,5	5,2
Max cedim. differenziale(mm):	3,3		
Massima distorsione (%):	0,07569		

Fondazione rigida o flessibile: Fondazione flessibile

Verifica allo Stato Limite di Danno

Cedimento indotto dal sisma (mm):	0
-----------------------------------	---

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Fondazione n. **Verifica allo Stato Limite d'Esercizio**

Larghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="0,8"/>
Lunghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="0,8"/>
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	<input type="text" value="1,94"/>

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	<input type="text" value="30"/>
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="3,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. incoerenti (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="3,9"/>	<input type="text" value="0"/>

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	<input type="text" value="20"/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. coesivi (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="3,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Max cedim. differenziale(mm):	<input type="text" value="0"/>		
Massima distorsione (%):	<input type="text" value="0"/>		

Fondazione rigida o flessibile: **Verifica allo Stato Limite di Danno**Cedimento indotto dal sisma (mm):

Calcolo della portanza terreno di fondazione sabbie

Il calcolo della portanza di progetto della fondazione è stato condotto con la formula di Terzaghi.
La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q = c N_c s_c + g_1 D N_q + 0.5 g_2 B N_g s_g;$$

in cui N_c , N_q e N_g sono fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla;

Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

per $j > 0$:

$$N_q = a^2 / [2 \cos^2(45 + j/2)] \text{ dove } a = e(0.75p - j/2) \operatorname{tg} j;$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} j;$$

$$N_g = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4j);$$

per $j = 0$:

$$N_q = 1;$$

$$N_c = 5.71;$$

$$N_g = 0;$$

Le altre grandezze presenti nella formula sono le seguenti:

c = coesione del terreno;

g_1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;

g_2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa;

B = larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);

D = profondità di posa della fondazione;

s_c, s_g = fattori di forma dati da:

fondazioni nastriformi

$$s_c = 1.0;$$

$$s_g = 1.0;$$

fondazioni quadrate

$$s_c = 1.3;$$

$$s_g = 0.8;$$

La formula di Terzaghi fornisce generalmente valori di portanza sovrastimati tranne nel caso di terreni coesivi sovraconsolidati; deve essere utilizzata solo per fondazioni molto superficiali, dove cioè sia verificata la disuguaglianza: $D < B$.

I parametri geometrici della fondazione utilizzati nel calcolo sono elencati di seguito.

Tipologia della fondazione: Platea

Larghezza della fondazione(m): 8,25

Lunghezza della fondazione(m): 2,9

Profondità di posa lato destro(m): 0,6

Profondità di posa lato sinistro(m): 0,6

Inclinazione del pendio a valle(°): 0,0

Inclinazione del pendio a monte(°): 0,0

Inclinazione della base:lato corto(°): 0,0

Inclinazione della base:lato lungo(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato corto(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato lungo(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato corto(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato lungo(°): 0,0

Coefficiente sismico orizzontale: 0,02

Coefficiente sismico verticale: 0,01

Il calcolo della portanza è stato condotto con il criterio dello Stato Limite Ultimo (D.M.14.01.2008 approccio 1 combinazione 2), utilizzando un coefficiente di sicurezza parziale per ϕ (angolo di attrito) di 1,25 e per c (coesione) di 1,4. Il coefficiente di sicurezza globale è stato posto uguale a 1,8.

La portanza di progetto calcolata è di 4,57(kg/cm²)

Calcolo del bulbo di pressione

Il calcolo del bulbo delle pressioni indotte nel terreno dal carico fondazionale è stato condotto con il criterio di Boussinesq.

Il metodo si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semiinfinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

In pratica l'incremento di pressione netta indotta dal carico applicato dalla fondazione alla quota z sotto il piano di posa, lungo la verticale che passa per uno degli angoli dell'area $B \times L$, è dato da:

$$p_z = [Q/(4 \times \pi)] \times (m_1 + m_2);$$

$$\text{in cui: } m_1 = [2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V + 1)] / [(V + V_1) \times V];$$

$$m_2 = \text{atang}[(2 \times M \times N \times \sqrt{V}) / (V - V_1)];$$

$$\text{dove: } M = B/z;$$

$$N = L/z;$$

$$V = M^2 + N^2 + 1;$$

$$V_1 = (M \times N)^2;$$

$$\pi = \pi \text{ greco.}$$

Per stimare la diffusione del sovraccarico nel terreno lungo più verticali, si divide l'area $B \times L$ in più rettangoli o quadrati con gli spigoli coincidenti al punto di passaggio della verticale, calcolando e quindi sommando i contributi delle singole aree.

Calcolo dei cedimenti

Sulla base del bulbo delle pressioni calcolato è stato eseguito il calcolo dei cedimenti della fondazione.

Il calcolo del cedimento è riferito ad un carico massimo di esercizio di 0,6(kg/cmq).

La fondazione è stata considerata flessibile.

Anche la stima dei cedimenti degli strati incoerenti è stata eseguita con la teoria della elasticità.

Di seguito sono riportati i risultati del calcolo.

Cedimento immediato strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 5,2
 Cedimento secondario strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 5,2
 Cedimento immediato strati incoerenti centro fondazione(mm): 8,5
 Cedimento secondario strati incoerenti centro fondazione(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti centro fondazione(mm): 8,5
 Cedimento immediato strati incoerenti spigolo destro(mm): 5,2
 Cedimento secondario strati incoerenti spigolo destro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti spigolo destro(mm): 5,2
 Cedimento di consolidazione strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Cedimento di consolidazione strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Cedimento di consolidazione strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Cedimento complessivo della fondazione spigolo sinistro(mm): 5,2
 Cedimento complessivo della fondazione centro fondazione(mm): 8,5
 Cedimento complessivo della fondazione spigolo destro(mm): 5,2
 Massimo cedimento differenziale(mm): 3,3
 Massimo angolo di rotazione(°): 0,0

Calcolo della portanza - terreno di fondazione sabbie

Il calcolo della portanza di progetto della fondazione è stato condotto con la formula di Terzaghi.
La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q = c N_c s_c + g_1 D N_q + 0.5 g_2 B N_g s_g;$$

in cui N_c , N_q e N_g sono fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla;

Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

per $j > 0$:

$$N_q = a^2 / [2 \cos^2(45 + j/2)] \text{ dove } a = e(0.75p - j/2) \operatorname{tg} j;$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} j;$$

$$N_g = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4j);$$

per $j = 0$:

$$N_q = 1;$$

$$N_c = 5.71;$$

$$N_g = 0;$$

Le altre grandezze presenti nella formula sono le seguenti:

c = coesione del terreno;

g_1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;

g_2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa;

B = larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);

D = profondità di posa della fondazione;

s_c, s_g = fattori di forma dati da:

fondazioni nastriformi

$$s_c = 1.0;$$

$$s_g = 1.0;$$

fondazioni quadrate

$$s_c = 1.3;$$

$$s_g = 0.8;$$

La formula di Terzaghi fornisce generalmente valori di portanza sovrastimati tranne nel caso di terreni coesivi sovraconsolidati; deve essere utilizzata solo per fondazioni molto superficiali, dove cioè sia verificata la disuguaglianza: $D < B$.

I parametri geometrici della fondazione utilizzati nel calcolo sono elencati di seguito.

Tipologia della fondazione: Plinto

Larghezza della fondazione(m): 0,8

Lunghezza della fondazione(m): 0,8

Profondità di posa lato destro(m): 0,6

Profondità di posa lato sinistro(m): 0,6

Inclinazione del pendio a valle(°): 0,0

Inclinazione del pendio a monte(°): 0,0

Inclinazione della base:lato corto(°): 0,0

Inclinazione della base:lato lungo(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato corto(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato lungo(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato corto(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato lungo(°): 0,0

Coefficiente sismico orizzontale: 0,02

Coefficiente sismico verticale: 0,01

Il calcolo della portanza è stato condotto con il criterio dello Stato Limite Ultimo (D.M.14.01.2008 approccio 1 combinazione 2), utilizzando un coefficiente di sicurezza parziale per ϕ (angolo di attrito) di 1,0 e per c (coesione) di 1,0. Il coefficiente di sicurezza globale è stato posto uguale a 2,3.

La portanza di progetto calcolata è di 1,94(kg/cm^q)

Calcolo del bulbo di pressione

Il calcolo del bulbo delle pressioni indotte nel terreno dal carico fondazionale è stato condotto con il criterio di Boussinesq.

Il metodo si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semiinfinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

In pratica l'incremento di pressione netta indotta dal carico applicato dalla fondazione alla quota z sotto il piano di posa, lungo la verticale che passa per uno degli angoli dell'area $B \times L$, è dato da:

$$p_z = [Q/(4 \times \pi)] \times (m_1 + m_2);$$

$$\text{in cui: } m_1 = [2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V + 1)] / [(V + V_1) \times V];$$

$$m_2 = \text{atang}[(2 \times M \times N \times \sqrt{V}) / (V - V_1)];$$

$$\text{dove: } M = B/z;$$

$$N = L/z;$$

$$V = M^2 + N^2 + 1;$$

$$V_1 = (M \times N)^2;$$

$$\pi = \pi \text{ greco.}$$

Per stimare la diffusione del sovraccarico nel terreno lungo più verticali, si divide l'area $B \times L$ in più rettangoli o quadrati con gli spigoli coincidenti al punto di passaggio della verticale, calcolando e quindi sommando i contributi delle singole aree.

Calcolo dei cedimenti

Sulla base del bulbo delle pressioni calcolato è stato eseguito il calcolo dei cedimenti della fondazione.

Il calcolo del cedimento è riferito ad un carico massimo di esercizio di 1,94(kg/cmq).

La fondazione è stata considerata rigida.

Anche la stima dei cedimenti degli strati incoerenti è stata eseguita con la teoria della elasticità.

Di seguito sono riportati i risultati del calcolo.

Cedimento immediato strati incoerenti(mm): 3,9

Cedimento secondario strati incoerenti(mm): 0,0

Somma cedimenti strati incoerenti(mm): 3,9

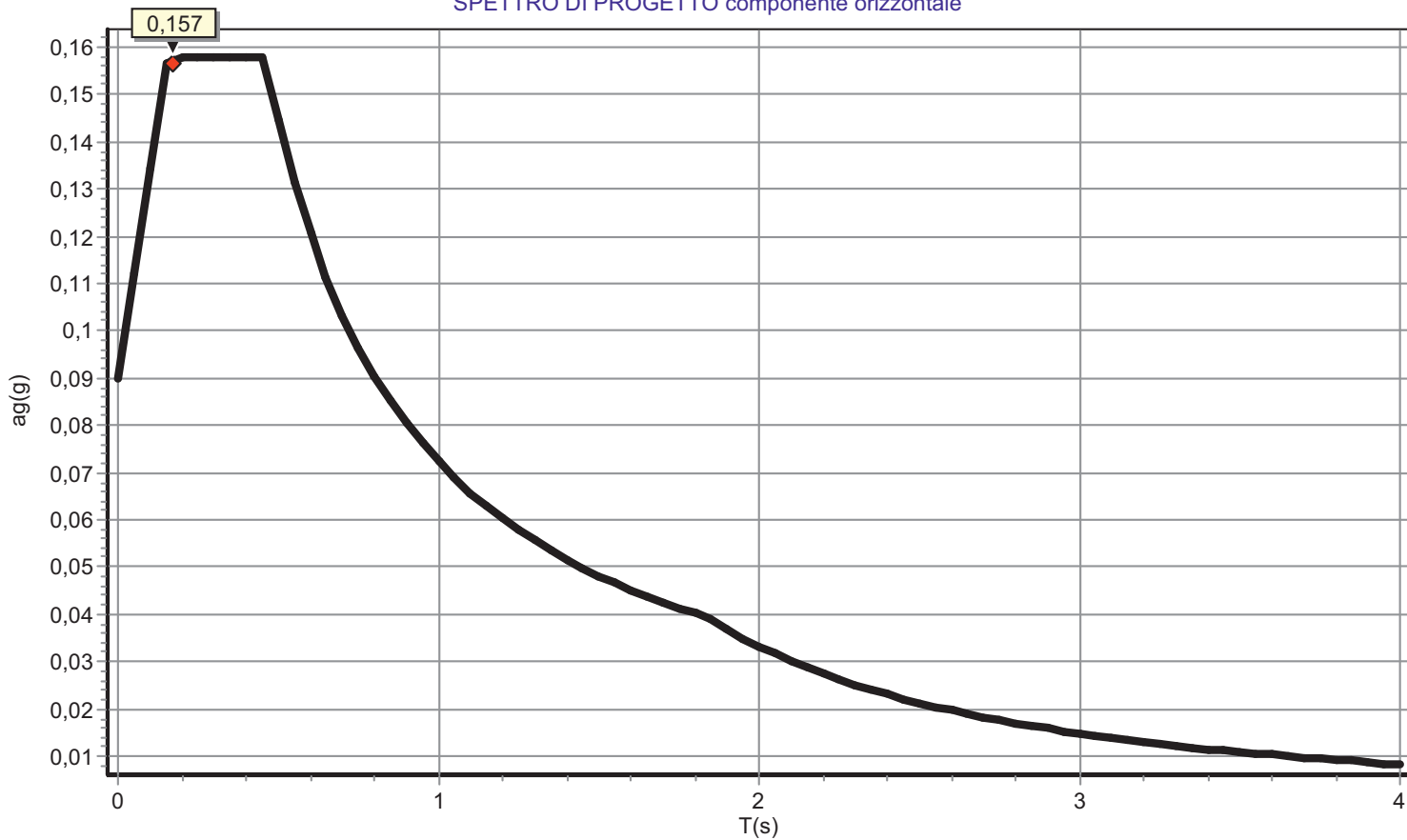
Cedimento di consolidazione strati coesivi(mm): 0,0

Cedimento secondario strati coesivi(mm): 0,0

Somma cedimenti strati coesivi(mm): 0,0

Cedimento complessivo della fondazione(mm): 3,9

SPETTRO DI PROGETTO componente orizzontale



Accel.sismica max terreno(g):0,09 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0,157 Inclinazione del carico dovuta al sisma(^):8,9
 Categoria sottosuolo:C Categoria topografica:T1 Fattore di amplificazione spettrale F0:2,63 Periodo inizio velocità costante tc(s):0,29

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Tufo

Parametri geotecnici del terreno di fondazione

Strato n.

1

Descrizione litologica:

Tufo

Angolo di attrito (°):	37
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	3,26
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1800
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	1600
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	4000
Coefficiente di Poisson:	0,25
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricomprensione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	41,44
Fattore di portanza Nc:	57,75
Fattore di portanza Ny:	37,15
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Tufo

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo NTC2008/NTC2018 App.II Combinazione: sismica

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	8,25
Lunghezza della fondazione (m):	2,9
Profondità di posa lato destro (m):	0,6
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,6

Metodo di calcolo:

Fattori di forma

Sc: Sq: Sy:

Fattori di profondità

Dc: Dq: Dy:

Fattori inclinazione carico da sisma

Ic: Iq: Iy:

Fattori inclinazione pendio

Gc: Gq: Gy:

Fattori inclinazione base

Bc: Bq: By:

Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc: Zq: Zy:

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	96,48
Profondità del cuneo efficace (m):	8,27
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,072

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Committente: Sarda Energy srl

Località: Chilivani

Data: marzo 2023

Riferimenti: Impianto fotovoltaico - predimensionamento - Tufo

Riassunto del calcolo dei cedimenti

Fondazione n. 1

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	8,25
Lunghezza della fondazione (m):	2,9
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	0,6

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0,3	0,6	0,3
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0,3	0,6	0,3

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0,3	0,6	0,3
Max cedim. differenziale(mm):	0,2		
Massima distorsione (%):	0,00523		

Fondazione rigida o flessibile: Fondazione flessibile

Verifica allo Stato Limite di Danno

Cedimento indotto dal sisma (mm):	0
-----------------------------------	---

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Fondazione n. **Verifica allo Stato Limite d'Esercizio**

Larghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="0,8"/>
Lunghezza della fondazione (m):	<input type="text" value="0,8"/>
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	<input type="text" value="0,3"/>

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	<input type="text" value="30"/>
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	<input type="text" value="n.c."/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. incoerenti (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi	<input type="text" value="Teoria dell'elasticità"/>
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	<input type="text" value="20"/>

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Cedimento secondario (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Somma ced. coesivi (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Max cedim. differenziale(mm):	<input type="text" value="0"/>		
Massima distorsione (%):	<input type="text" value="0"/>		

Fondazione rigida o flessibile: **Verifica allo Stato Limite di Danno**Cedimento indotto dal sisma (mm):

dott. Geol. Giorgio Schintu

Toscana, 20-Macomer-078570732

Fondazione n.	2	
Larghezza della fondazione (m):	0,8	
Lunghezza della fondazione (m):	0,8	
Profondità di posa lato destro (m):	0,6	
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,6	
Metodo di calcolo:	Terzaghi stato limite ultimo	
Fattori di forma		
Sc:	1,3	Sy: 0,8
Sq:	1	
Fattori di profondità		
Dc:	1	Dy: 1
Dq:	1	
Fattori inclinazione carico da sisma		
lc:	1	ly: 1
lq:	1	
Fattori inclinazione pendio		
Gc:	1	Gy: 1
Gq:	1	
Fattori inclinazione base		
Bc:	1	By: 1
Bq:	1	
Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma		
Zc:	1	Zy: 1
Zq:	1	
RISULTATO		
Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1	
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1	
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3	
Correzione di Terzaghi:	non applicata	
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	110,13	
Profondità del cuneo efficace (m):	0,8	
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,072	

Calcolo della portanza terreno di fondazione tufo

Il calcolo della portanza di progetto della fondazione è stato condotto con la formula di Terzaghi.
La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q = c N_c s_c + g_1 D N_q + 0.5 g_2 B N_g s_g;$$

in cui N_c , N_q e N_g sono fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla;

Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

per $j > 0$:

$$N_q = a^2 / [2 \cos^2(45 + j/2)] \text{ dove } a = e(0.75p - j/2) \operatorname{tg} j;$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} j;$$

$$N_g = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4j);$$

per $j = 0$:

$$N_q = 1;$$

$$N_c = 5.71;$$

$$N_g = 0;$$

Le altre grandezze presenti nella formula sono le seguenti:

c = coesione del terreno;

g_1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;

g_2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa;

B = larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);

D = profondità di posa della fondazione;

s_c, s_g = fattori di forma dati da:

fondazioni nastriformi

$$s_c = 1.0;$$

$$s_g = 1.0;$$

fondazioni quadrate

$$s_c = 1.3;$$

$$s_g = 0.8;$$

La formula di Terzaghi fornisce generalmente valori di portanza sovrastimati tranne nel caso di terreni coesivi sovraconsolidati; deve essere utilizzata solo per fondazioni molto superficiali, dove cioè sia verificata la disuguaglianza: $D < B$.

I parametri geometrici della fondazione utilizzati nel calcolo sono elencati di seguito.

Tipologia della fondazione: Platea

Larghezza della fondazione(m): 8,25

Lunghezza della fondazione(m): 2,9

Profondità di posa lato destro(m): 0,6

Profondità di posa lato sinistro(m): 0,6

Inclinazione del pendio a valle(°): 0,0

Inclinazione del pendio a monte(°): 0,0

Inclinazione della base:lato corto(°): 0,0

Inclinazione della base:lato lungo(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato corto(°): 7,24

Inclinazione del carico:lato lungo(°): 7,24

Eccentricità del carico:lato corto(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato lungo(°): 0,0

Coefficiente sismico orizzontale: 0,01

Coefficiente sismico verticale: 0,01

Il calcolo della portanza è stato condotto con il criterio dello Stato Limite Ultimo (D.M.14.01.2008 approccio 1 combinazione 2), utilizzando un coefficiente di sicurezza parziale per ϕ (angolo di attrito) di 1,0 e per c (coesione) di 1,0. Il coefficiente di sicurezza globale è stato posto uguale a 2,3.

La portanza di progetto calcolata è di 96,48(kg/cm²)

Calcolo del bulbo di pressione

Il calcolo del bulbo delle pressioni indotte nel terreno dal carico fondazionale è stato condotto con il criterio di Boussinesq.

Il metodo si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semiinfinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

In pratica l'incremento di pressione netta indotta dal carico applicato dalla fondazione alla quota z sotto il piano di posa, lungo la verticale che passa per uno degli angoli dell'area $B \times L$, è dato da:

$$p_z = [Q/(4 \times \pi)] \times (m_1 + m_2);$$

$$\text{in cui: } m_1 = [2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V + 1)] / [(V + V_1) \times V];$$

$$m_2 = \text{atang}[(2 \times M \times N \times \sqrt{V}) / (V - V_1)];$$

$$\text{dove: } M = B/z;$$

$$N = L/z;$$

$$V = M^2 + N^2 + 1;$$

$$V_1 = (M \times N)^2;$$

$$\pi = \pi \text{ greco.}$$

Per stimare la diffusione del sovraccarico nel terreno lungo più verticali, si divide l'area $B \times L$ in più rettangoli o quadrati con gli spigoli coincidenti al punto di passaggio della verticale, calcolando e quindi sommando i contributi delle singole aree.

Calcolo dei cedimenti

Sulla base del bulbo delle pressioni calcolato è stato eseguito il calcolo dei cedimenti della fondazione.

Il calcolo del cedimento è riferito ad un carico massimo di esercizio di 0,6(kg/cmq).

La fondazione è stata considerata flessibile.

Anche la stima dei cedimenti degli strati incoerenti è stata eseguita con la teoria della elasticità.

Di seguito sono riportati i risultati del calcolo.

Cedimento immediato strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 0,3
 Cedimento secondario strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti spigolo sinistro(mm): 0,3
 Cedimento immediato strati incoerenti centro fondazione(mm): 0,6
 Cedimento secondario strati incoerenti centro fondazione(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti centro fondazione(mm): 0,6
 Cedimento immediato strati incoerenti spigolo destro(mm): 0,3
 Cedimento secondario strati incoerenti spigolo destro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati incoerenti spigolo destro(mm): 0,3
 Cedimento di consolidazione strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi spigolo sinistro(mm): 0,0
 Cedimento di consolidazione strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi centro fondazione(mm): 0,0
 Cedimento di consolidazione strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Cedimento secondario strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Somma cedimenti strati coesivi spigolo destro(mm): 0,0
 Cedimento complessivo della fondazione spigolo sinistro(mm): 0,3
 Cedimento complessivo della fondazione centro fondazione(mm): 0,6
 Cedimento complessivo della fondazione spigolo destro(mm): 0,3
 Massimo cedimento differenziale(mm): 0,2
 Massimo angolo di rotazione(°): 0,0

Calcolo della portanza - terreno di fondazione tufo

Il calcolo della portanza di progetto della fondazione è stato condotto con la formula di Terzaghi.
La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q = c N_c s_c + g_1 D N_q + 0.5 g_2 B N_g s_g;$$

in cui N_c , N_q e N_g sono fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla;

Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

per $j > 0$:

$$N_q = a^2 / [2 \cos^2(45 + j/2)] \text{ dove } a = e(0.75p - j/2) \operatorname{tg} j;$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} j;$$

$$N_g = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4j);$$

per $j = 0$:

$$N_q = 1;$$

$$N_c = 5.71;$$

$$N_g = 0;$$

Le altre grandezze presenti nella formula sono le seguenti:

c = coesione del terreno;

g_1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;

g_2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa;

B = larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);

D = profondità di posa della fondazione;

s_c, s_g = fattori di forma dati da:

fondazioni nastriformi

$$s_c = 1.0;$$

$$s_g = 1.0;$$

fondazioni quadrate

$$s_c = 1.3;$$

$$s_g = 0.8;$$

La formula di Terzaghi fornisce generalmente valori di portanza sovrastimati tranne nel caso di terreni coesivi sovraconsolidati; deve essere utilizzata solo per fondazioni molto superficiali, dove cioè sia verificata la disuguaglianza: $D < B$.

I parametri geometrici della fondazione utilizzati nel calcolo sono elencati di seguito.

Tipologia della fondazione: Plinto

Larghezza della fondazione(m): 0,8

Lunghezza della fondazione(m): 0,8

Profondità di posa lato destro(m): 0,6

Profondità di posa lato sinistro(m): 0,6

Inclinazione del pendio a valle(°): 0,0

Inclinazione del pendio a monte(°): 0,0

Inclinazione della base:lato corto(°): 0,0

Inclinazione della base:lato lungo(°): 0,0

Inclinazione del carico:lato corto(°): 7,24

Inclinazione del carico:lato lungo(°): 7,24

Eccentricità del carico:lato corto(°): 0,0

Eccentricità del carico:lato lungo(°): 0,0

Coefficiente sismico orizzontale: 0,01

Coefficiente sismico verticale: 0,01

Il calcolo della portanza è stato condotto con il criterio dello Stato Limite Ultimo (D.M.14.01.2008 approccio 1 combinazione 2), utilizzando un coefficiente di sicurezza parziale per ϕ (angolo di attrito) di 1,0 e per c (coesione) di 1,0. Il coefficiente di sicurezza globale è stato posto uguale a 2,3.

La portanza di progetto calcolata è di 110,13(kg/cm^q)

Calcolo del bulbo di pressione

Il calcolo del bulbo delle pressioni indotte nel terreno dal carico fondazionale è stato condotto con il criterio di Boussinesq.

Il metodo si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semiinfinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

In pratica l'incremento di pressione netta indotta dal carico applicato dalla fondazione alla quota z sotto il piano di posa, lungo la verticale che passa per uno degli angoli dell'area $B \times L$, è dato da:

$$p_z = [Q / (4 \times \pi)] \times (m_1 + m_2);$$

$$\text{in cui: } m_1 = [2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V + 1)] / [(V + V_1) \times V];$$

$$m_2 = \text{atang}[(2 \times M \times N \times \sqrt{V}) / (V - V_1)];$$

$$\text{dove: } M = B/z;$$

$$N = L/z;$$

$$V = M^2 + N^2 + 1;$$

$$V_1 = (M \times N)^2;$$

$$\pi = \pi \text{ greco.}$$

Per stimare la diffusione del sovraccarico nel terreno lungo più verticali, si divide l'area $B \times L$ in più rettangoli o quadrati con gli spigoli coincidenti al punto di passaggio della verticale, calcolando e quindi sommando i contributi delle singole aree.

Calcolo dei cedimenti

Sulla base del bulbo delle pressioni calcolato è stato eseguito il calcolo dei cedimenti della fondazione.

Il calcolo del cedimento è riferito ad un carico massimo di esercizio di $0,3 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$.

La fondazione è stata considerata rigida.

Anche la stima dei cedimenti degli strati incoerenti è stata eseguita con la teoria della elasticità.

Di seguito sono riportati i risultati del calcolo.

Cedimento immediato strati incoerenti(mm): 0,0

Cedimento secondario strati incoerenti(mm): 0,0

Somma cedimenti strati incoerenti(mm): 0,0

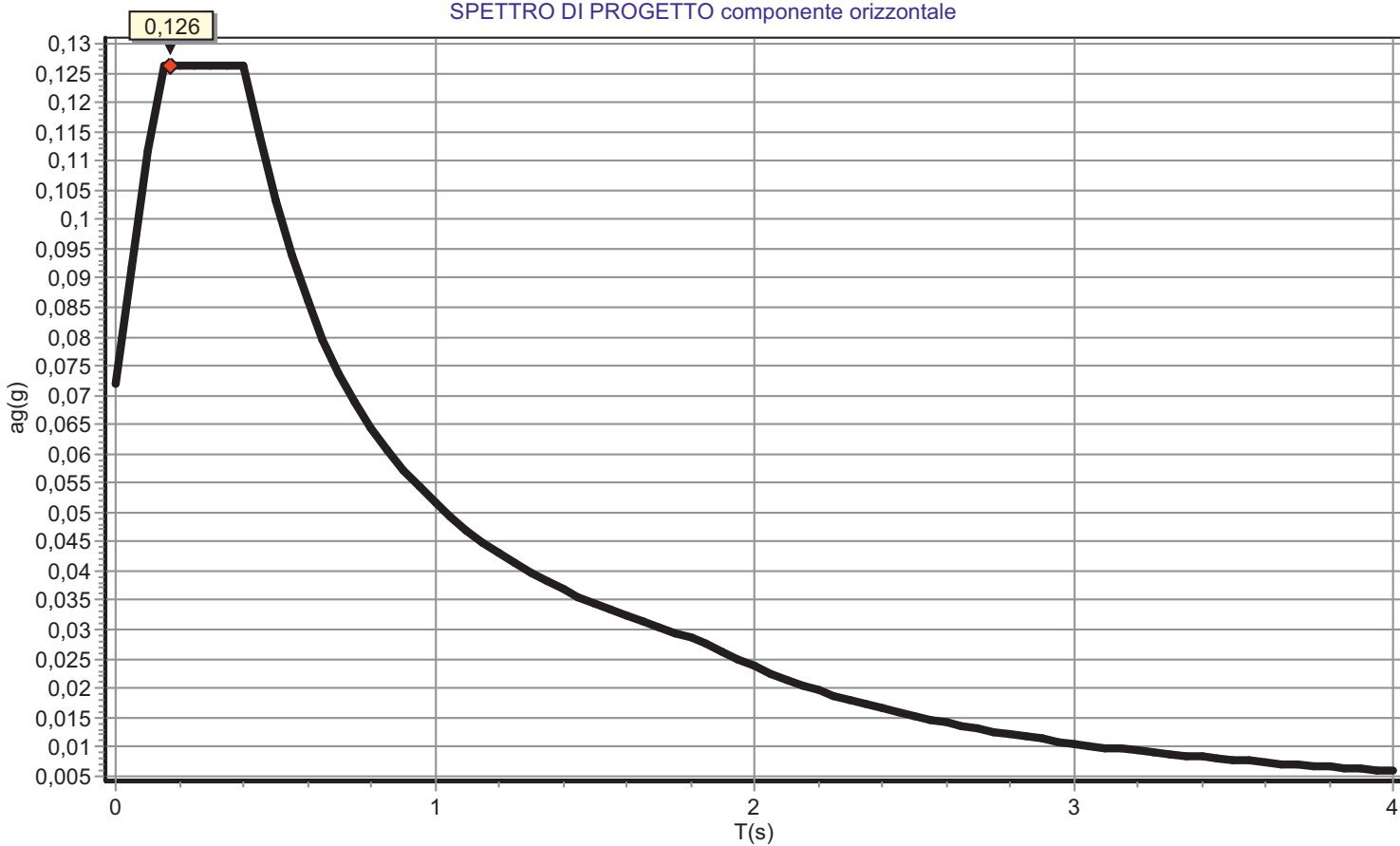
Cedimento di consolidazione strati coesivi(mm): 0,0

Cedimento secondario strati coesivi(mm): 0,0

Somma cedimenti strati coesivi(mm): 0,0

Cedimento complessivo della fondazione(mm): 0,0

SPETTRO DI PROGETTO componente orizzontale



Accel.sismica max terreno(g):0,072 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0,126 Inclinazione del carico dovuta al sisma(°):7,195
 Categoria sottosuolo:B Categoria topografica:T1 Fattore di amplificazione spettrale F0:2,63 Periodo inizio velocità costante tc(s):0,29