



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 SISMICA DI BASE

CODICE ELABORATO

PD-R09

COORDINAMENTO

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 - Premessa	2
---------------------------	---

1

1 - SISMOLOGIA	3
1.1 – Classificazione sismica del territorio	3
1.2 – Indagini espletate in situ, problematiche geotecniche	4
1.3 - Valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni	4
1.4 - Caratteri sismologici.....	6

2

2 - CONCLUSIONI	9
------------------------------	---

Allegati

Allegato N°01 Parametri sismici secondo le NTC 2018.....	10
--	----

Premessa

La presente relazione sismica è redatta a supporto della progettazione 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) distinto al N.C.T. al Foglio 40 Mappale 204-206, committente Sarda Energy srl.

Vengono, di seguito, illustrate ed analizzate le verifiche di carattere sismico, che consentono la definizione delle interazioni opera-terreno e che devono soddisfare le verifiche di stabilità agli stati limite ultimi, in condizioni statiche e sismiche. In particolare sono presentati i criteri che hanno portato alla definizione delle azioni sismiche di riferimento secondo i dettami delle NTC 2018.

1 - SISMOLOGIA

1.1 – Classificazione sismica del territorio

La classificazione sismica prevede che tutto il territorio nazionale sia classificato sulla base della Mappa di Pericolosità Sismica.

In relazione alla pericolosità sismica – espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità (tabella 1), funzione di quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenziate per quanto concerne le costruzioni.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0,025g.

Come si evince dalla tabella, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti, le nuove Norme Tecniche per le costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali.

ZONA	a_{g475}
1	$a_{g475} \geq 0,25g$
2	$0,25g < a_{g475} \leq 0,15g$
3	$0,15g < a_{g475} \leq 0,05g$
4	$a_{g475} < 0,05g$

1.2 – 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

Pertanto sotto questo aspetto la struttura del fabbricato, la cui costruzione è risalente 1950, è in perfetto equilibrio con le sue fondazioni.

Le problematiche geotecniche principali sono:

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

1.3 – Valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni

Dalle indagini dirette (vedi allegato) con l'esecuzione di 11 saggi si è potuto accertare che il substrato 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 HVN

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

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

1.4 – Caratteri sismologici

La pericolosità sismica di base del sito è funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Da quanto detto nell'analisi geomorfologica illustrata nel capitolo precedente, l'opera è inserita in un terreno sub pianeggiante.

Le NTC 2018 prevedono che la pericolosità sismica sia calcolata in funzione della accelerazione orizzontale A_g . Il Comune di Sassari, come tutto il territorio regionale ricade in Zona sismica 4, ovvero quella meno pericolosa a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa, per il quale al parametro a_g è assegnato un valore convenzionale di **0,05 g** da adottare nella progettazione.

In ogni caso non si esclude, stante appunto la scarsa documentazione relativa a terremoti avvenuti in Sardegna in epoca storica nonché di recente, che eventi sismici di eccezionale intensità localizzati in vari settori dell'area tirrenica, possano indurre in alcuni areali dell'isola, vibrazioni i cui effetti sulle strutture potrebbero verosimilmente ritenersi di non trascurabile entità in funzione delle specifiche caratteristiche costruttivo/strutturali.

- La potenza stimata del substrato, ovvero per la porzione occidentale la formazione di Oppia Nova per la parte orientale la formazione del Rio Minore, superiore a 100 m.

Classe	Descrizione
A	Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).

- Essendo le condizioni litologiche e le proprietà dei terreni riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle N.T.C. 2018, si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. La roccia di fondazione è ascrivibile alla categoria A, così come definita dalle NTC 2018, con velocità di taglio VS >800 m/s compreso eventuale porzione di alterazione non superiore a 3 m.
- Essendo l'angolo del pendio $B > 15^\circ$, la categoria topografica è T2 e $St = 1,0$

comune	prov	Latitudine WGS84	Longitudine WGS84
Ozieri	SS	40,6242949	8,9500917

TIPI DI COSTRUZIONE		VITA NOMINALE Vn (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensione contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0,7	1,0	1,5	2,0

VITA NOMINALE	I	II	III	IV
$V_N \leq 10$ anni	35	35	35	35
$V_N \geq 50$ anni	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
$V_N \geq 100$ anni	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si assume $V_N \geq 50$ anni e una classe d'uso II.

I valori di riferimento per individuare l'azione sismica sono riportati nella tabella sottostante *Classe d'Uso*: II Affollamenti normali. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti

Vita di riferimento $V_R = 50$ anni

Parametri sismici: Zona Sardegna, Arcipelago toscano, Egadi, Pantelleria, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone

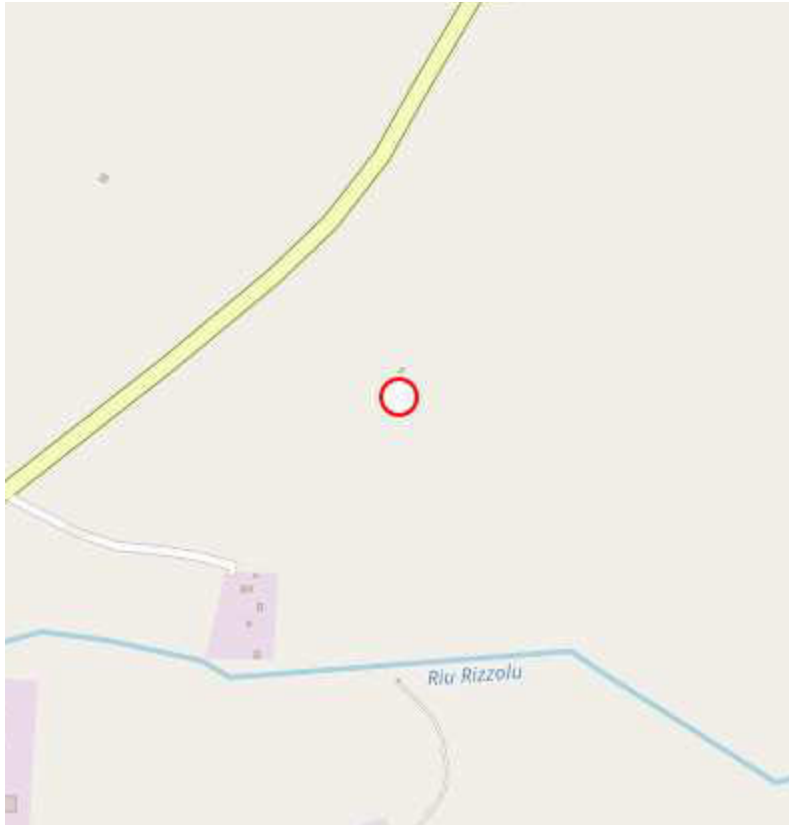
I terreni litoidi non sono liquefacibili in caso di sisma, il sito è impostato su un pendio con elevate pendenze e non esistono faglie superficiali attive segnalate come peraltro in tutto il resto della Sardegna.

Nell'allegato 01 il dettaglio dei valori ottenuti (elaborazione ProgramGeo SiCodes).

2 - CONCLUSIONI

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

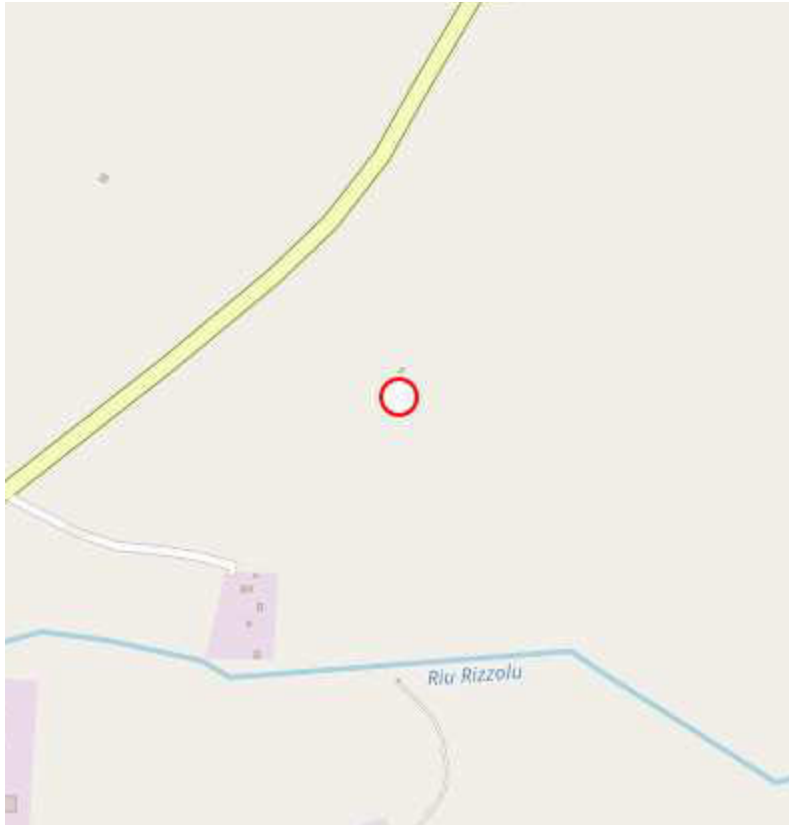
1. I parametri sismici utili alla progettazione.



Sistema:	WGS84	Legenda:	
Latitudine°	40,6242949	agh base:	Accelerazione sismica orizzontale di base;
Longitudine°	8,9500917	F0:	Max fattore di amplificazione spettrale orizzontale;
Stato limite	S.L.V.	Tc*:	Periodo inizio tratto a velocità costante;
Vita nominale opera (anni)	50	agv base:	Accelerazione sismica verticale di base;
Classe opera	II	Fv:	Max fattore di amplificazione spettrale verticale;
Coef.di smorzamento %	5,0	Tr:	Tempo di ritorno;
Fattore di struttura orizz.le q	3	Pr:	Probabilità di superamento;
Fattore di struttura vert.le qv	1,5	agh max:	Accelerazione sismica orizzontale in superficie;
Categoria sottosuolo	C	agv max:	Accelerazione sismica verticale in superficie;
Categoria topografica	T1	khs:	Coefficiente sismico orizzontale del terreno;
Altezza totale dell'opera (m):	3	kvs:	Coefficiente sismico verticale del terreno;
Tipo opera:	Altro	beta:	Coefficiente di riduzione di agh max.
Contesto geotecnico:	Fondazione	khi:	Coefficiente sismico orizzontale dell'opera;
ID nodo 1	19567	kvi:	Coefficiente sismico verticale dell'opera;
ID nodo 2	26271	T:	Periodo di risonanza dell'opera;
ID nodo 3	0		
ID nodo 4	45382		

Stato	agh base(g)	F0	Tc*	agv base(g)	Fv	Tr(anni)	Pr(%)	agh max(g)	agv max(g)	khs	kvs	beta	khi	kvi	T(s)
S.L.C.	0,0774	2,68	0,32	0,0774	1,01	975	0,05	0,1162	0,0774	0,023	0,012	0,20	0,109	0,052	0,11
S.L.V.	0,0604	2,63	0,29	0,0604	0,87	475	0,1	0,0906	0,0604	0,018	0,009	0,20	0,083	0,035	0,11
S.L.D.	0,0231	2,60	0,17	0,0231	0,53	50	0,63	0,0347	0,0231	0,007	0,003	0,20	0,086	0,012	0,11
S.L.O.	0,0175	2,62	0,17	0,0175	0,47	30	0,81	0,0263	0,0175	0,005	0,003	0,20	0,067	0,008	0,11

Parametri sismici secondo le NTC2018



Sistema:	WGS84	Legenda:	
Latitudine°	40,6242949	agh base:	Accelerazione sismica orizzontale di base;
Longitudine°	8,9500917	F0:	Max fattore di amplificazione spettrale orizzontale;
Stato limite	S.L.V.	Tc*:	Periodo inizio tratto a velocità costante;
Vita nominale opera (anni)	50	agv base:	Accelerazione sismica verticale di base;
Classe opera	II	Fv:	Max fattore di amplificazione spettrale verticale;
Coef.di smorzamento %	5,0	Tr:	Tempo di ritorno;
Fattore di struttura orizz.le q	3	Pr:	Probabilità di superamento;
Fattore di struttura vert.le qv	1,5	agh max:	Accelerazione sismica orizzontale in superficie;
Categoria sottosuolo	B	agv max:	Accelerazione sismica verticale in superficie;
Categoria topografica	T1	khs:	Coefficiente sismico orizzontale del terreno;
Altezza totale dell'opera (m):	3	kvs:	Coefficiente sismico verticale del terreno;
Tipo opera:	Altro	beta:	Coefficiente di riduzione di agh max.
Contesto geotecnico:	Fondazione	khi:	Coefficiente sismico orizzontale dell'opera;
ID nodo 1	19567	kvi:	Coefficiente sismico verticale dell'opera;
ID nodo 2	26271	T:	Periodo di risonanza dell'opera;
ID nodo 3	0		
ID nodo 4	45382		

Stato	agh base(g)	F0	Tc*	agv base(g)	Fv	Tr(anni)	Pr(%)	agh max(g)	agv max(g)	khs	kvs	beta	khi	kvi	T(s)
S.L.C.	0,0774	2,68	0,32	0,0774	1,01	975	0,05	0,0929	0,0774	0,019	0,009	0,20	0,086	0,052	0,11
S.L.V.	0,0604	2,63	0,29	0,0604	0,87	475	0,1	0,0724	0,0604	0,014	0,007	0,20	0,066	0,035	0,11
S.L.D.	0,0231	2,60	0,17	0,0231	0,53	50	0,63	0,0278	0,0231	0,006	0,003	0,20	0,072	0,012	0,11
S.L.O.	0,0175	2,62	0,17	0,0175	0,47	30	0,81	0,0211	0,0175	0,004	0,002	0,20	0,055	0,008	0,11

Parametri sismici secondo le NTC2018