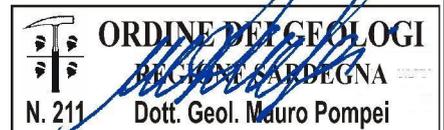


COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)	 	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
ELABORAZIONI I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP, 09122 Cagliari (CA) Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		PAGINA 1 di 30

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "GR MACOMER"

- COMUNE DI MACOMER (NU) -



OGGETTO PROGETTO DEFINITIVO	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA				
PROGETTAZIONE I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA	Gruppo di lavoro: Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Antonio Dedoni (Archeologia) Dott. Geol. Maria Francesca Lobina Agr. Dott. Nat. Nicola Manis Dott. Nat. Maurizio Medda Ing. Gianluca Melis Dott. Geol. Mauro Pompei Dott. Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Dott. Nat. Fabio Schirru Dott. Matteo Tatti				
Cod. pratica 2022/0305 Nome File: GREN-FVM-RP4 Relazione Geologica e Geotecnica.docx					
0	20/10/2022	Emissione per procedura di VIA	IAT	GF	GREN
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEG.	CONTR.	APPR.
Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.					

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>INNOVABILI</small>	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 1 di 30	

Sommario

1	GENERALITÀ	2
1.1	Premessa	2
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	2
1.3	Inquadramento topografico e territoriale	3
2	MODELLO GEOLOGICO	8
2.1	Contesto geologico dell'area vasta	8
2.2	Aspetti tettonici e strutturali	10
2.3	Assetto litostratigrafico locale	11
2.4	Assetto idrogeologico	13
2.5	Assetto morfologico e idrografico	14
2.6	Assetto idrografico	18
2.7	Stratigrafia del sottosuolo	18
2.8	Sismicità dell'area	19
2.9	Classificazione sismica	21
2.10	Pericolosità sismica	22
2.11	Categoria di sottosuolo	23
3	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	25
3.1	Pericolosità da frana	25
3.2	Pericolosità da inondazione	25
3.3	Pericolosità idrogeologica	25
3.4	Pericolosità sismica	26
4	MODELLO GEOTECNICO	27
4.1	Modello geotecnico preliminare	27
5	CONCLUSIONI	29

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy RINNOVABILI	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 2 di 30	

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Greenergy Rinnovabili 8 S.r.l.⁽¹⁾ ha in programma la costruzione di un impianto fotovoltaico in agro di Macomer (Provincia di Nuoro) nel settore occidentale della zona industriale di Tossilo.

In tale ambito, gli scriventi geologi *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA* e *Dott. MAURO POMPEI* sono stati incaricati per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti di seguito esposti si basano su dati originali in possesso degli scriventi provenienti da sopralluoghi diretti sui siti di intervento, da attività pregresse condotte nel medesimo contesto geologico di intervento, integrati da informazioni ricavate dalla miscellanea e cartografia geotematica regionale.

Si rimanda alla successiva fase progettuale l'esecuzione di indagini conoscitive dirette atte ad una più specifica analisi degli aspetti litostratigrafici e geomorfologici delle aree di intervento nonché per lo studio del sottosuolo locale a carattere geognostico e geotecnico.

Con le analisi attuate in questa sede si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'opera in progetto, nonché di aver valutato, con il necessario dettaglio, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare negativamente la fattibilità dell'intervento nel suo complesso.

Ciò al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad approfondire e meglio specificare alcuni aspetti di dettaglio necessari a supportare adeguatamente la successiva fase di progettazione in relazione alla natura dell'intervento e dell'assetto geologico e geotecnico dei luoghi.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;

⁽¹⁾ sede legale: via Borgonuovo, 9 - Milano

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 3 di 30	

- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l’obbligatorietà dell’applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n.54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n.3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n.8 dell’11.03.2005 e relative **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

L’areale che ospiterà il parco fotovoltaico in parola ricade nel territorio comunale di Macomer (Provincia di Nuoro – Sardegna occidentale). Più precisamente si svilupperà in un lotto posto nel settore occidentale dell’area industriale di Tossilo, immediatamente a sud del centro abitato.

Il sito è raggiungibile dal centro abitato di Macomer percorrendo verso sud la vecchia S.S. 131, in direzione Borore, oppure la nuova S.S. 131 in direzione Cagliari fino al km 137+800 per poi svoltare a destra verso la ZIR “Tossilo” e reimmettersi nella vecchia S.S.131.

L’accesso all’area avviene infatti agevolmente da entrambe le strade statali, dalle quale è possibile accedere alla viabilità interpodereale.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 498 “MACOMER” dell’I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 498-III “MACOMER” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 498-140 “BORORE” della C.T.R. [scala 1:10.000]

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>ENERGIE RINNOVABILI</small>	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 4 di 30



Figura 1.1 – Vista generale dell’area di intervento.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 5 di 30

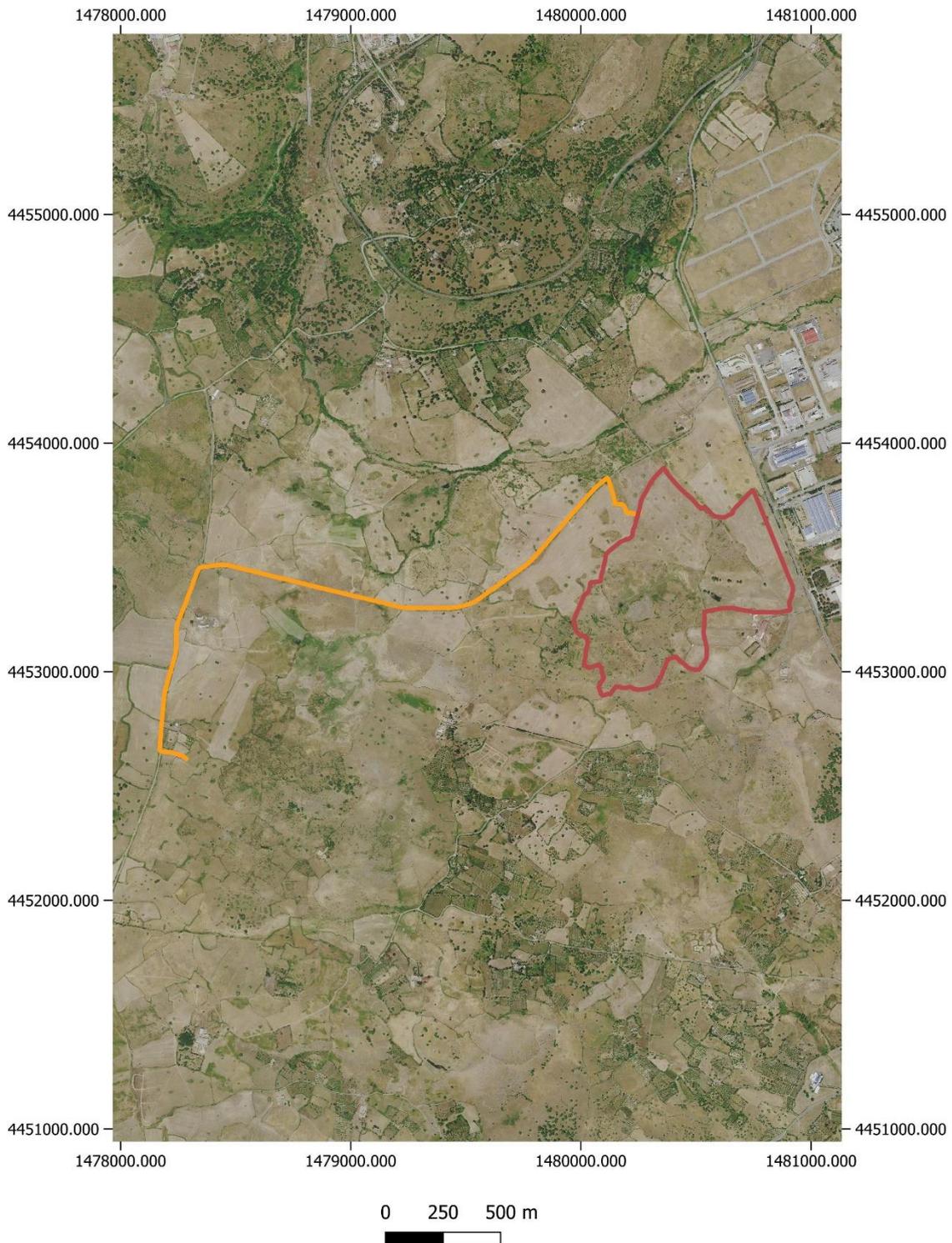


Figura 1.2 – Dettaglio dell’ubicazione degli interventi su immagine estratta da google earth, 2022

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 6 di 30

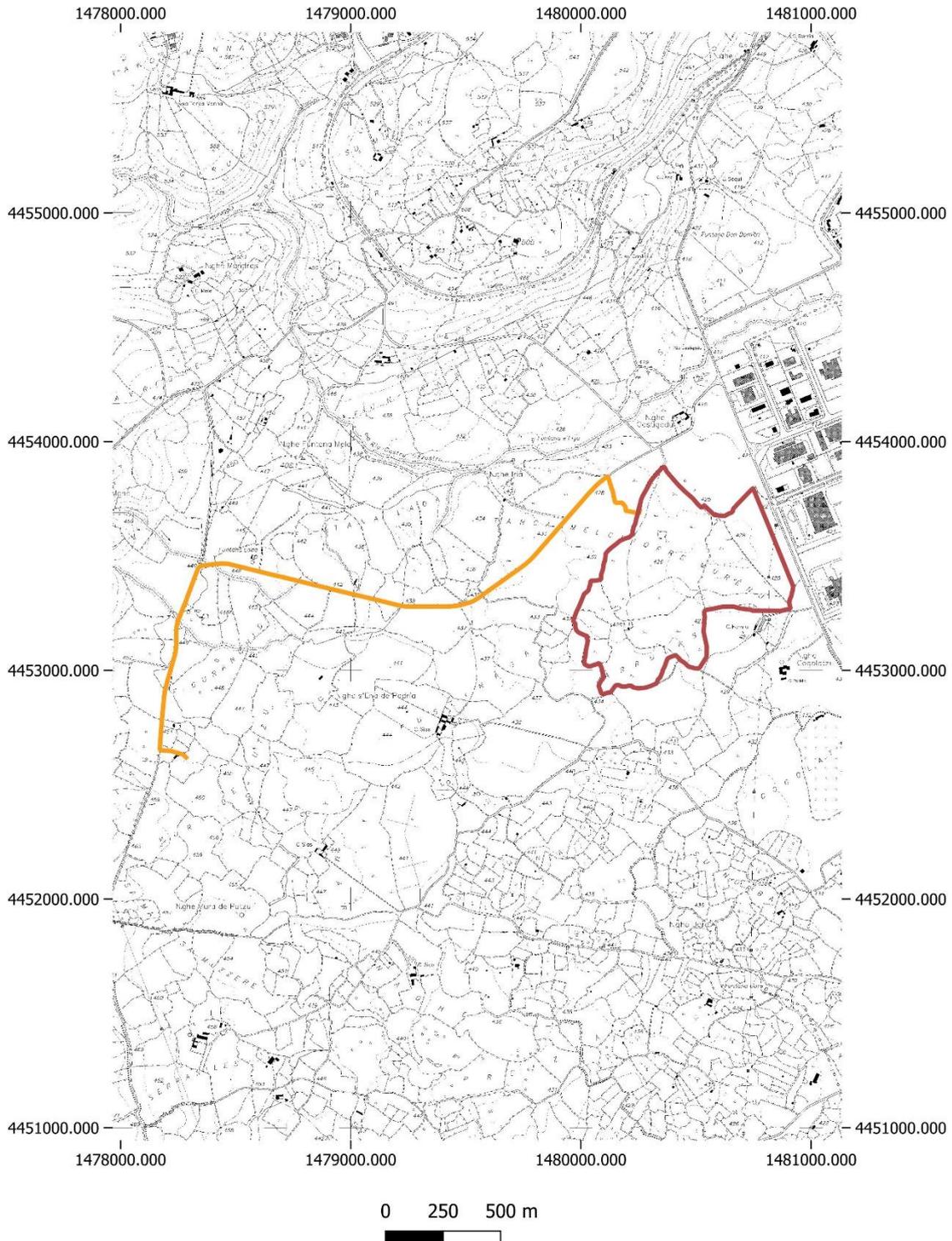


Figura 1.3 – Ubicazione dell’area di pertinenza dell’impianto su stralcio cartografia CTR in scala 1:10.000.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 7 di 30

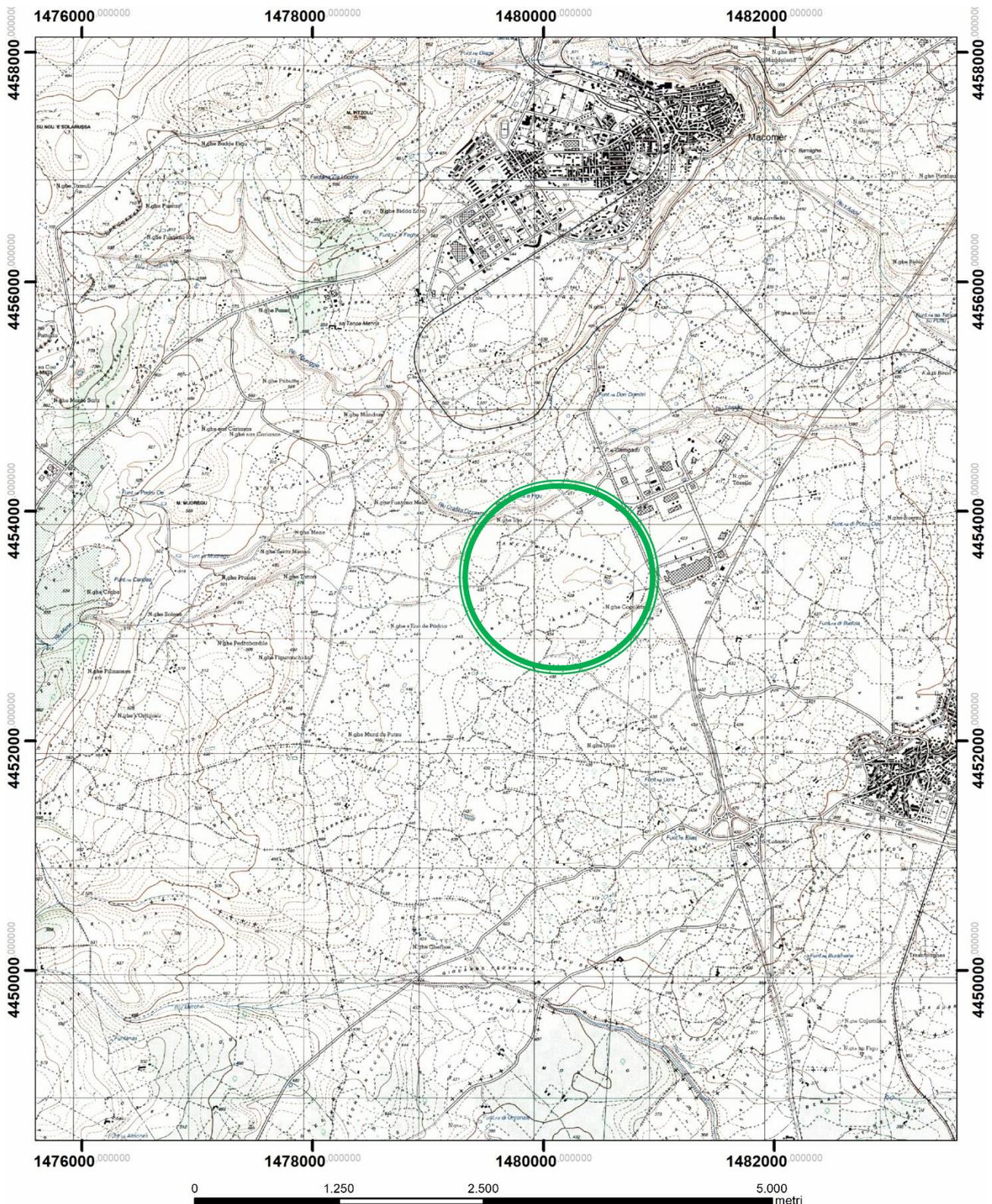


Figura 1.4 – Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su stralcio cartografia IGM in scala 1:25.000.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 8 di 30	

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico dell'area vasta

L'area in oggetto ricade nella sub-regione del Marghine: quest'area sin dal Terziario è stata interessata dai movimenti tettonici distensivi legati all'apertura del bacino balearico ed alla rotazione del blocco sardo-corso e che, in Sardegna, ha avuto come conseguenza più evidente la formazione della Fossa Sarda, una vasta fossa tettonica che si estende in direzione NW-SE dal *Golfo dell'Asinara* sino al *Golfo di Cagliari*.

Durante il Pliocene medio-superiore ed il Pleistocene, la Sardegna viene nuovamente interessata da importanti eventi tettonici distensivi come conseguenza dell'apertura del Mar Tirreno, portando ad un'intensa attività vulcanica caratterizzata da un ampio spettro compositivo, all'interno del quale dominano per abbondanza magmi basaltici ad affinità alcalina e tholeitica, messi in posto sotto forma di estesi flussi basaltici al di sopra delle litologie mioceniche. Gli edifici e le espressioni morfologiche, molto varie, connesse con questa attività si trovano disperse in gran parte della Sardegna ed in particolare nel Marghine, dove affiorano i prodotti del vulcanismo più recente, rappresentati da vasti plateaux e coni di scorie basaltici ad affinità alcalina e transizionale. I prodotti di questa attività vulcanica sono principalmente rappresentati da colate laviche che costituiscono attualmente altopiani posti a quote diverse a causa di processi erosivi che hanno determinato l'inversione del rilievo.

Il generale sollevamento recente dell'isola e l'erosione che ha significativamente interessato le coperture ignimbriche e sedimentarie oligo-mioceniche, hanno favorito la deposizione delle colate nelle paleovalli, tale per cui attualmente costituiscono i settori in rilievo, come gli altopiani basaltici di Campeda e Abbasanta, che caratterizzano il paesaggio del Marghine.

Sotto l'aspetto geologico e morfologico, quindi, la regione mostra presenta una limitata variabilità: il substrato comprende litologie esclusivamente vulcaniche, ricoperte dai depositi sedimentari riconducibili al modellamento dei versanti durante il Quaternario e dai prodotti pedogenici.

L'altopiano si trova nella parte ribassata di un importante faglia con direzione OSO-ENE responsabile della formazione della vicina catena del Marghine. Le lave basaltiche hanno la caratteristica di essere, al momento della messa in posto, molto fluide pertanto di norma vanno a colmare paleodepressioni lasciando alla sommità una morfologia tabulare. Proprio un settore nord dell'altopiano basaltico di Abbasanta, che si presenta come un vasto tavolato basaltico formatosi attraverso centri di emissione prevalentemente lineari, ospiterà l'impianto fotovoltaico in parola.

Il raffreddamento della lava basaltica, avvenuto dopo la sua messa in posto, ha prodotto una fratturazione verticale sub-ortogonale che ha isolato grossi blocchi a forma di colonne più o meno regolari, ben visibile ai bordi dell'espandimento, oppure lungo le principali incisioni vallive. Talora la fratturazione ha dato luogo a blocchi subsferoidali.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 9 di 30

Il passaggio tra colate successive, spesso, è segnato da livelli argillosi anche molto arrossati, questi sono interpretabili o come paleosuoli o più spesso come porzioni scoriacee delle parti periferiche delle colate: tali scorie sono caratterizzate da notevole bollosità per degassificazione del magma, essendo meno cristallizzate si alterano più facilmente.

Nel Quaternario recente si sono completati i fenomeni di modellamento dei versanti, con l'accumulo dei depositi detritici. Dai rilievi vulcano-tettonici appena sollevati si sono quindi innescati i fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione e i detriti così formati si sono accumulati al piede dei versanti, hanno colmato concavità del terreno oppure si sono accumulati nei fondi valle.

In linea di massima i meccanismi di accumulo nel territorio di Tossilo, ove è ubicato l'intervento in progetto, non sono stati particolarmente significativi in ragione soprattutto delle forme pianeggianti, per cui hanno interessato pressoché esclusivamente la zona montana e pedemontana.

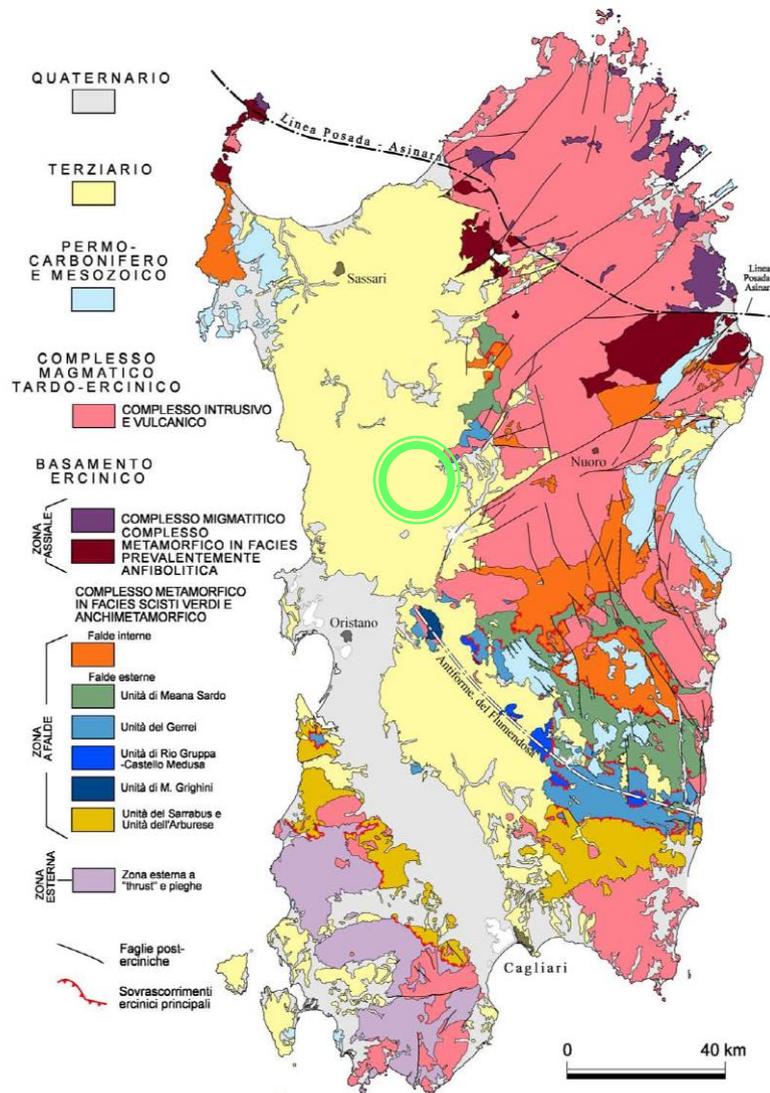
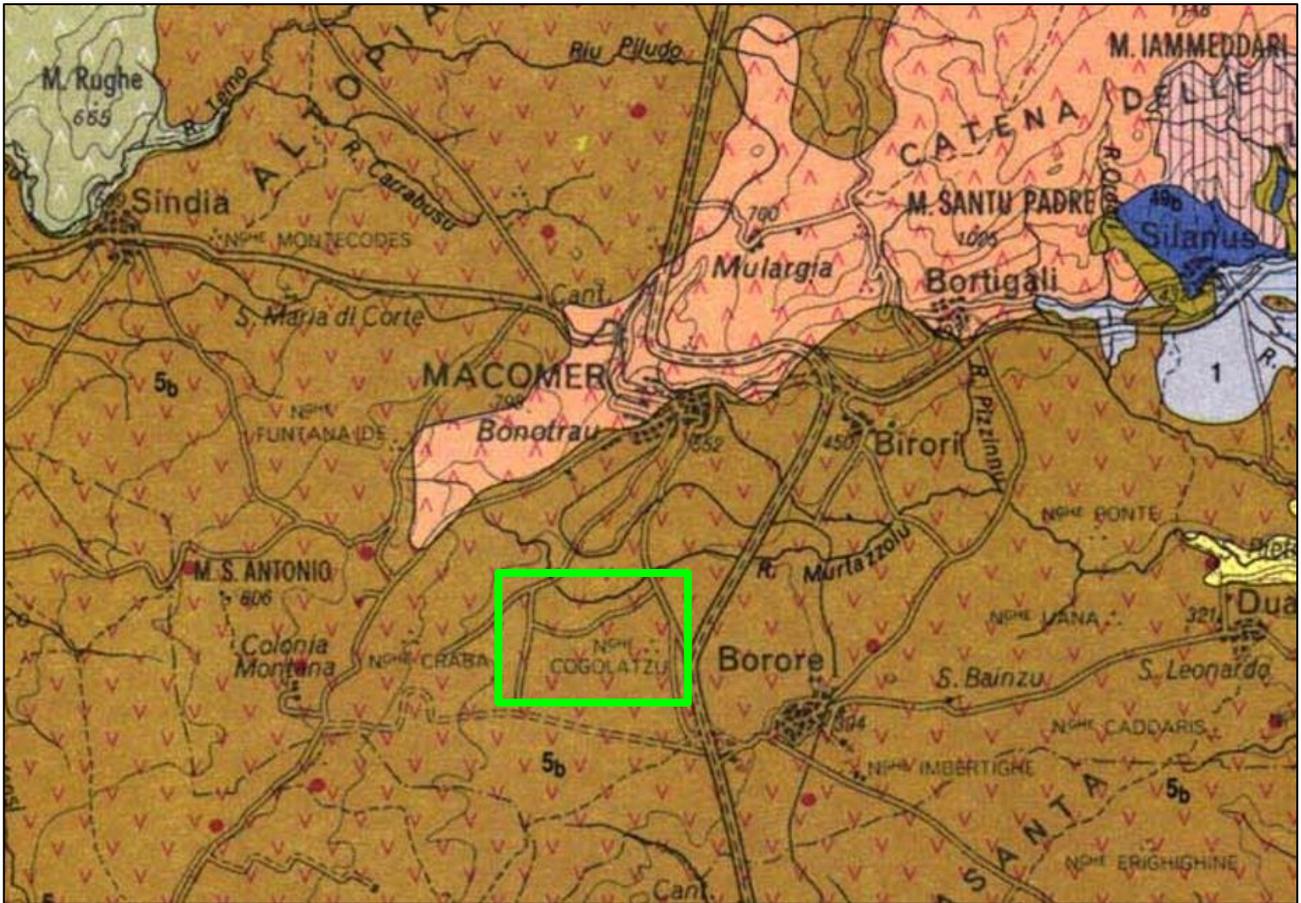


Figura 2.1 – Principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (estratto da "Guida all'escursione nel Basamento ercinico della Sardegna centro meridionale", a cura di A. Funedda e P. Conti, 2011).

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 10 di 30



- 1] Ghiaie, sabbie, limi e argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali, travertini - *Olocene*.
- 5b] Basalti alcalini e transizionali, basaniti trachibasalti e hawaiiiti, talora con noduli peridotitici; andesiti basaltiche e basalti subalcalini – *Pliocene- Pleistocene*.
- 11] Rioliti, riocaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici; talora livelli epiclastici intercalati – *Oligocene sup. Miocene inf. Medio*.
- 12] andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità thoeiilitica e calcalcalina, talora brecciati, in colate, cupole di ristagno – *Oligocene sup. – Miocene inf.*

Figura 2.2 - Inquadramento geologico del settore (fuori scala). Stralcio dalla Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 a cura del Comitato per il coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna

2.2 Aspetti tettonici e strutturali

I principali sistemi di faglie che interessano la regione in studio, con direzioni principali NE-SO, NNO-SSE e N-S, sono riconducibili fondamentalmente alle fasi distensive dell'Oligo-Miocene, e del Plio-Quaternario, collegabili rispettivamente con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e dell'area tirrenica. Queste discontinuità strutturali, avendo guidato la risalita dei magmi dei due cicli vulcanici calcalcalino e alcalino, hanno anche costituito le direttrici di allineamento e determinato le zone di massima densità dei centri eruttivi.

In particolare, la direzione NE-SO, è rappresentante dei maggiori eventi, mentre quella NNO-SSE

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 11 di 30	

mostra episodi con importanza minore. La direzione N-S, infine, è poco rappresentata in questo settore.

2.3 Assetto litostratigrafico locale

Rispetto al contesto geologico e stratigrafico sopra descritto di tutto il settore del Marghine, caratterizzato da un'elevata complessità tettonico-strutturale, l'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di imposta dell'impianto risulta semplificato in quanto si limita di fatto ad un'unica tipologia di rocce e di conseguenza ad un ampio settore monolitologico dai caratteri molto omogenei. Il sito è infatti localizzato sull'altopiano di Abbasanta, ove i basalti, che ricoprono le formazioni effusive oligo-mioceniche, sono prevalentemente affioranti o subaffioranti, costituiscono il substrato su cui poggia anche la totalità della locale viabilità di penetrazione agraria e interpodereale e sulla quale andrà posto il cavidotto.

Nel dettaglio, l'ossatura del versante SE del *M.te Pitzolu*, sino alla quota di 600-580 m s.l.m., è caratterizzato da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche, in bancate alternate a depositi piroclastici di flusso (Burdigaliano). Nella parte bassa della collina, dove si estende l'area di progetto, si distinguono tre litofacies magmatiche appartenenti al ciclo vulcanico del plio-quadernario della *Campeda-Planargia*. Quella relativamente più antica e datata Pliocene appartiene alla *Subunità di Funtana di Pedru Oe*: trattasi di lave basaltiche debolmente alcaline e trachibasaltiche, a grana minuta, in estese colate. A quest'unità si sovrappongono nella fascia pedecollinare delle rocce vulcaniche del Pliocene sup- Pleistocene, afferenti alla *Subunità di Sindia*, caratterizzate da estese colate basaltiche e trachibasaltiche e basalti alcalini olocristallini.

Nel sito di specifico intervento, affiorano gli estesi espandimenti di trachibasalti e basalti debolmente alcalini, appartenenti alla *Subunità di Dualchi* (Pliocene medio-superiore – Pleistocene inferiore) che ricoprono le litologie appartenenti alla *subunità di Funtana di Pedru Oe*. In situ è possibile osservare le diverse colate, spesse e giustapposte, ognuna riferibile a un distinto evento effusivo: alcuni livelli sono formati da roccia massiva e molto compatta, altri mostrano vacuoli e bollosità formatesi a causa dell'abbondante presenza di gas.

Accanto agli ampi areali con roccia affiorante e subaffiorante, con banchi a giacitura poco inclinata verso E-SE, in tutto il settore tabulare nel quale verrà impostato l'impianto fotovoltaico, sono presenti depositi detritici eluviali a componente argillosa, di colore rossastro, derivanti dall'alterazione in posto delle litologie basaltiche. Questi presentano spessori molto limitati, dell'ordine dei 20-30 cm, fino ad un massimo di 50 cm nelle aree leggermente più depresse: questi livelli detritici – la cui presenza è confermata dall'osservazione delle foto aeree e dal rilievo geologico – vengono attualmente utilizzati per attività agricole. Una volta superato lo spessore submetrico di alterazione corticale, che verrà meglio definito in fase di progettazione definitiva mediante specifiche indagini geognostiche, si rinviene un livello litoide compatto con proprietà litotecniche elevate ed ottimali caratteristiche di portanza e stabilità.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>ENERGIE RINNOVABILI</small>	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 12 di 30	



Figura 2.3 – Formazione basaltica litoide subaffiorante.

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia del settore, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti, con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica:

- ha** Manufatti antropici (Olocene).
- b2** Coltri eluvio-colluviali costituite da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica (Olocene).
- b** Depositi alluvionali (Olocene).

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 13 di 30	

- e5** Depositi palustri costituiti da limi e argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi (Olocene).
- a** Depositi di versante costituiti da detriti con clasti angolosi (Olocene).
- STD** *Unità di Rocca sa Pattada* – Basalti alcalini e trachibasalti debolmente alcalini, porfirici (Plio-Pleistocene).
- GUD** *Unità di Nuraghe Genna Uda* – Andesiti basaltiche subalcaline (Plio-Pleistocene).
- BPL4** *Subunità di Sindia (Basalti della Campeda-Planargia)* – Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di olivina e plagioclasio e rari xenocristalli quarzosi; in colate; trachibasalti, trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad ipocristallini, variamente porfirici per fenocristalli di olivina, plagioclasio, clinopirosseno e biotite con rari xenocristalli quarzosi; basalti alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di olivina, plagioclasio, clinopirosseno con noduli peridotitici; in colate (Pliocene superiore - Pleistocene).
- BPL3** *Subunità di Funtana di Pedru Oe (Basalti della Campeda-Planargia)* – Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di olivina, plagioclasio, pirosseno; in estese colate (Pliocene superiore).
- BPL2** *Subunità di Dualchi (Basalti della Campeda-Planargia)* – Basalti subalcalini porfirici per fenocristalli di plagioclasio, plagioclasio, ortopirosseno, olivina; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di plagioclasio, olivina, plagioclasio; in estesi espandimenti (Pliocene medio-superiore – Pleistocene inferiore?).
- BGD1** *Subunità di Thiesi (Basalti del Logudoro)* – Basaniti ad analcime, porfiriche per fenocristalli di olivina e clinopirosseno, con abbondanti noduli peridotitici, in colate; hawaiiiti olocristalline, porfiriche per fenocristalli di olivina, plagioclasio con analcime interstiziale ed abbondanti noduli peridotitici; in colate (Pliocene superiore).
- RDU** *Arenarie di Boroneddu* – Sabbie grigio-giallastre, localmente stratificate, sterili, a componente micacea abbondante, con locali intercalazioni argillose e conglomeratiche, di ambiente da litorale a fluvio-deltizio (Burdigaliano superiore? – Pliocene medio-superiore).
- OER** *Unità di Macomer* – Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche (Burdigaliano).
- OERb** *Litofacies nell’Unità di Macomer* – Livelli piroclastici di flow, fall e surge (Burdigaliano).
- BGA** *Unità di Bortigali* – Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacitico, con cristalli liberi di plagioclasio, con strutture eutaxitiche (Burdigaliano).
- PDR** *Unità di Monte Santu Padre*. Alternanza di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica saldati, a chimismo da dacitico a riolitico, con cristalli liberi di plagioclasio, sanidino, clinopirosseno, biotite, a struttura eutaxitica (Burdigaliano).
- PDRa** *Litofacies nell’Unità di Monte Santu Padre* – Piroclastiti pomiceocineritiche e livelli epiclastici alla base dell’unità PDR (Burdigaliano).

Per la distribuzione areale dei suddetti termini geologici si rimanda alla carta geologica fuori fascicolo allegata alla presente.

2.4 Assetto idrogeologico

La diffusa presenza del substrato roccioso vulcanico effusivo nel settore di intervento ne condiziona decisamente l’assetto idrogeologico: l’area è infatti costituita da un nucleo di vulcaniti

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 14 di 30	

oligo-mioceniche che si può considerare complessivamente poco permeabile. Su tale “*basamento*” poggiano le rocce basaltiche plio-pleistoceniche le quali, grazie al loro sistema fratturativo, rappresentano in modo differente degli acquiferi a medio-alto immagazzinamento idrico. Pertanto, nel territorio la maggior parte della circolazione idrica sotterranea è legata alle rocce basaltiche che presentano una “permeabilità in grande”, derivata dal sistema di fessurazioni createsi per brusco raffreddamento delle lave durante la loro emissione.

Generalmente le formazioni basaltiche sono composte dalla sovrapposizione di diverse colate, in cui s’intercalano livelli scoriacei a letto e a tetto di ciascuna colata, o dei paleosuoli. Queste variazioni litologiche e di permeabilità tendono comunemente a interferire, in senso orizzontale e verticale, sulla circolazione idrica sotterranea e dunque sulla natura idrogeologica di molte sorgenti. Pertanto possono ospitare falde sovrapposte, tra loro intercomunicanti sia attraverso le soluzioni di continuità dei livelli meno permeabili, sia attraverso il flusso di drenanza.

Sulla base delle osservazioni effettuate durante i sopralluoghi, che hanno consentito di verificare lo stato di fratturazione e alterazione della facies basaltica affiorante e sub-affiorante, e dai dati di bibliografia è possibile attribuire cautelativamente a tale litologia, appartenente alla *Subunità di Dualchi*, una permeabilità media per fratturazione, con un coefficiente di permeabilità $k \sim 10^{-6}$ cm/s.

Dall’analisi effettuata su base cartografica e dalla miscellanea regionale, nel settore le sorgenti alimentate dall’unità idrogeologica vulcanica sono esigue e limitate ad alcune fontane localizzate unicamente nel settore settentrionale, in corrispondenza dell’alveo del *Rio Tossilo*. Al momento non si hanno dati sulle portate ma si suppone che siano molto basse ed a regime stagionale.

Visti gli esili spessori e i caratteri di discontinuità della copertura detritica olocenica, di natura sostanzialmente eluviale, si esclude anche la possibilità di formazione di accumuli idrici di tipo freatico degni di nota se non quelli strettamente legati alla infiltrazione delle acque zenitali in occasione di precipitazioni abbondanti.

Per la distribuzione areale delle unità idrogeologiche si rimanda alla carta idrogeologica fuori fascicolo allegata alla presente.

2.5 Assetto morfologico e idrografico

L’impianto in progetto si svilupperà in una vasta area collinare a morfologia sostanzialmente tabulare, con quota media circa 430,00 m s.l.m, delimitata da una cornice rocciosa che mette in contatto i basalti pleistocenici con le formazioni effusive oligo-mioceniche.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>ENERGIE RINNOVABILI</small>	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 15 di 30	

Il settore è infatti caratterizzato da un’ampia gradonatura morfologica delimitata a nord dell’ampia vallata del *Riu Crastu Ozzastru*, che poco più a valle prende il nome di *Riu Tossilo*, che presenta l’impronta strutturale degli espandimenti lavici che si sono sovrapposti alla superficie pre-pleiocenica.

La morfologia è complessivamente dolce in virtù della natura degli affioramenti, la cui messa in posto è ascrivibile prevalentemente ad un processo di espansione lavico lungo le linee di frattura, e della esigua copertura eluviale di natura limo-argillosa, con rara presenza di affioramenti litoidi isolati.



Figura 2.4 – Assetto geomorfologico del sito di intervento.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 16 di 30

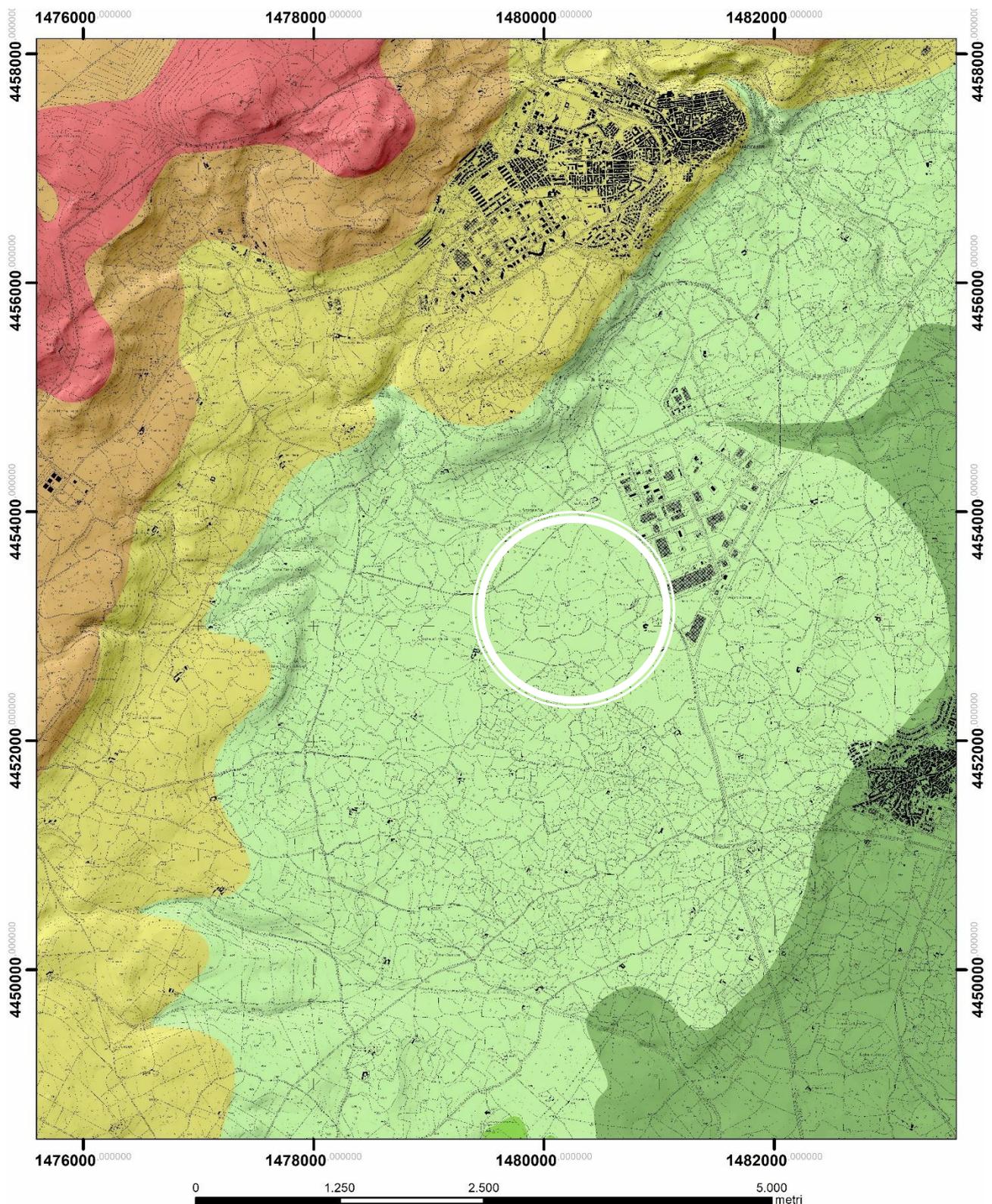


Figura 2.5 – Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su carta altimetrica in scala 1:25.000.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 17 di 30

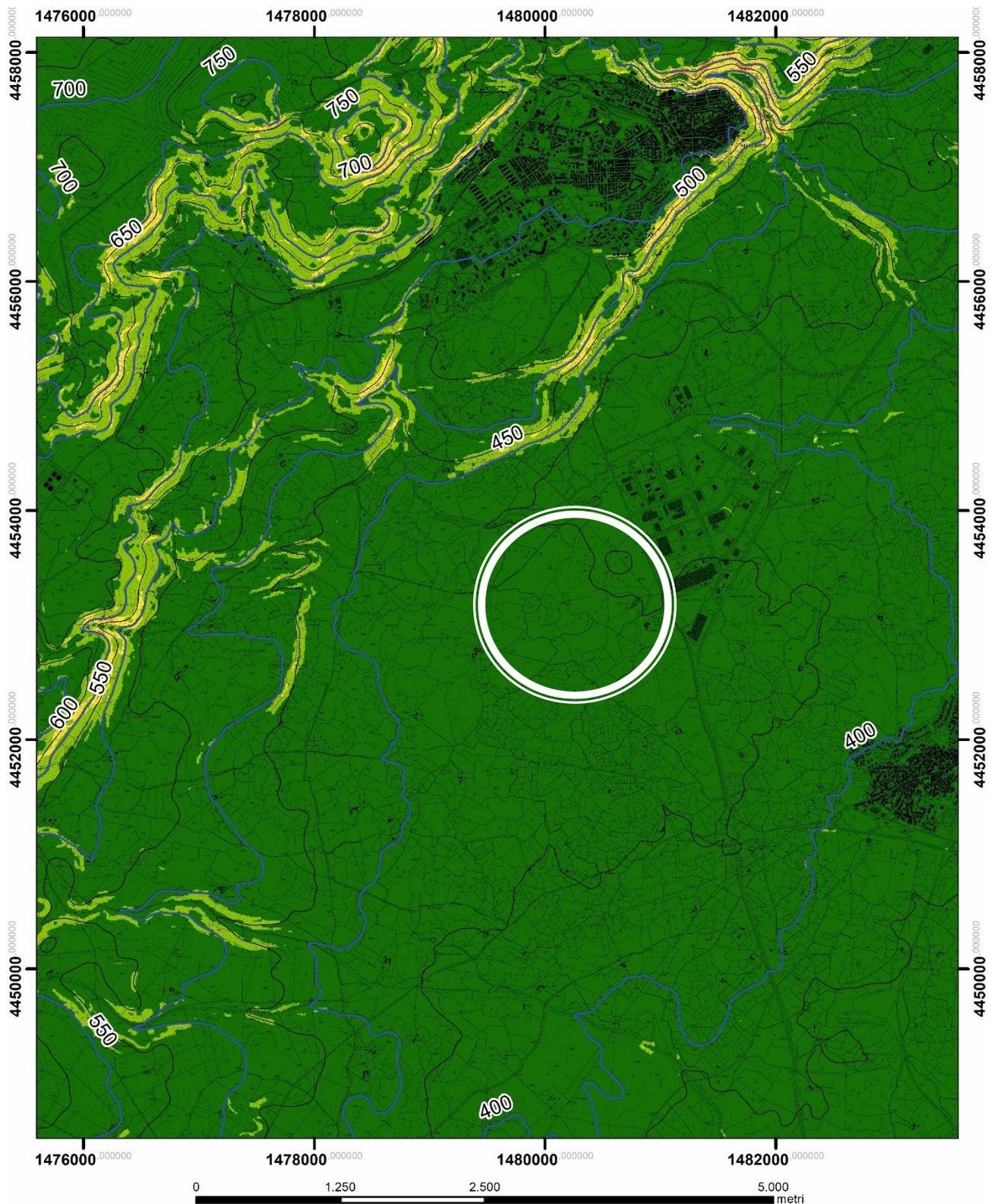


Figura 2.6 – Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su carta della clivometria in scala 1:25.000.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 18 di 30	

2.6 Assetto idrografico

L'assetto geologico-strutturale è anche il principale responsabile dell'idrografia e dell'idrogeologia dell'area e quindi dell'attuale circolazione idrica superficiale e sotterranea: infatti nell'area e nelle zone collinose circostanti, di natura vulcanica, il reticolo fluviale è di tipo sub-dendritico, con un controllo tettonico sui rami fluviali principali, che si raccordano fra di loro formando angoli di 90°.

L'idrologia generale è poco articolata con una bassissima densità di drenaggio in considerazione della scarsa ramificazione delle linee di impluvio. Gli sporadici corsi d'acqua traggono origine dalle sorgenti o "fontane" di contatto che scaturiscono dalle rocce vulcaniche.

L'asta fluviale più importante è quella del *Riu Tossilo* che scorre in direzione W-E e a cui afferiscono tutte le acque superficiali della zona industriale oggetto della presente nota. Il regime del rio è quello tipicamente mediterraneo, con le portate massime concentrate nel periodo autunnale e primaverile ed un esteso periodo di magra estivo con l'annullamento della portata nel periodo di maggiore siccità. Tale regime è parzialmente modificato dagli apporti della sorgente perenne *Funtana Don Dimitri* e soprattutto dall'apporto costante dei reflui urbani depurati, che modificano il regime idrico della parte a valle del *Rio Tossilo*.

Nel vasto lotto oggetto di intervento, la circolazione superficiale è limitata a fenomeni di ruscellamento superficiale in occasione di intensi eventi pluviometrici e da modestissime aree di drenaggio, orientate lungo le linee tettoniche principali. Le piccole depressioni nel terreno sono colmati dalle acque meteoriche che, in corrispondenza di eventi pluviometrici di grande intensità, formano dei piccoli bacini di ristagno. Il rilevamento effettuato non ha configurato una condizione idrogeologica che favorisca la presenza di emergenze idriche di rilievo nell'area di progetto o di un acquifero corticale che possa influenzare le caratteristiche dei terreni di imposta.

Il lotto di intervento non è direttamente interessato da un'idrografia naturale o artificiale che possa essere definita tale ai sensi dell'art. 54 del D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 e non è né attraversato, né in vicinanza di torrenti o canali artificiali, ai sensi dell'art. 96 del R.D. 25.07.1904 n. 523,

Le acque meteoriche sono intercettate e allontanate verso il Rio Tossilo dal sistema di raccolta dell'area industriale.

2.7 Stratigrafia del sottosuolo

Lo studio, basandosi essenzialmente sul rilevamento tecnico delle litologie affioranti nell'area e sul rilievo geomeccanico effettuato negli affioramenti presenti nell'area di sedime dell'impianto ed in quelle limitrofe, ha permesso di ricostruire la natura e lo stato di consistenza della roccia che costituirà il piano di fondazione dei manufatti. Il rilevamento geologico ha evidenziato che il sito è contraddistinto dalla presenza a breve profondità dal p.c. delle vulcaniti basaltiche o trachibasaltiche rappresentate da spesse e giustapposte colate laviche, in giacitura poco inclinata verso S-SE, localmente vescicolari, di colore grigio scuro o nerastro, in facies lapidea o litoide, prive di significanti alterazioni.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 19 di 30	

I termini scoriacei o autobrecciati delle colate basaltiche, visibili in pochi punti, non rappresentano nel settore ammassi degni di nota.

Detto substrato si presenta fratturato ma non disgregato, con fessurazioni legate generalmente a famiglie di discontinuità che si sono originate soprattutto per contrazione per raffreddamento. Gli ammassi, nonostante la fratturazione (a media spaziatura), si contraddistinguono per la notevole compattezza e durezza della matrice.

Schematicamente, la sequenza stratigrafica può essere ricondotta alla sovrapposizione dei seguenti strati a partire dal più recente:

A – Suoli e terre brune

Spessore min 0,10 m

Spessore max 0,50 m

Terre più o meno rimaneggiate dalle pratiche agricole, di colore bruno. Trattasi di materiali perlopiù sabbioso limosi e localmente argillosi derivanti dall'alterazione spinta dei basalti, poco o moderatamente consistenti, a componente organica.

B – Substrato basaltico

Spessore max ≥ 30 metri

Roccia da fratturata a massiva, poco degradata con discontinuità ossidate, dotate di buona consistenza meccanica globale a livello di ammasso, stabile e indeformabile e capace di sostenere in sicurezza carichi unitari superiori alla resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso.

Costituirà presumibilmente il piano di substrato di imposta dell'impianto in progetto.

2.8 Sismicità dell'area

Le caratteristiche di sismicità del blocco sardo-corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano: il basamento della Sardegna rappresenta infatti un segmento della catena ercinica sud-europea originatasi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore. Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola, che si protrae fino a parte del Quaternario. I principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, dall'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 20 di 30	

danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e da altri enti, utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web “DBMI04”, per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Alcuni terremoti segnalati (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001), è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 de ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

- **CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015**

Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.

- **DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015**

Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Macomer e dintorni.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 21 di 30

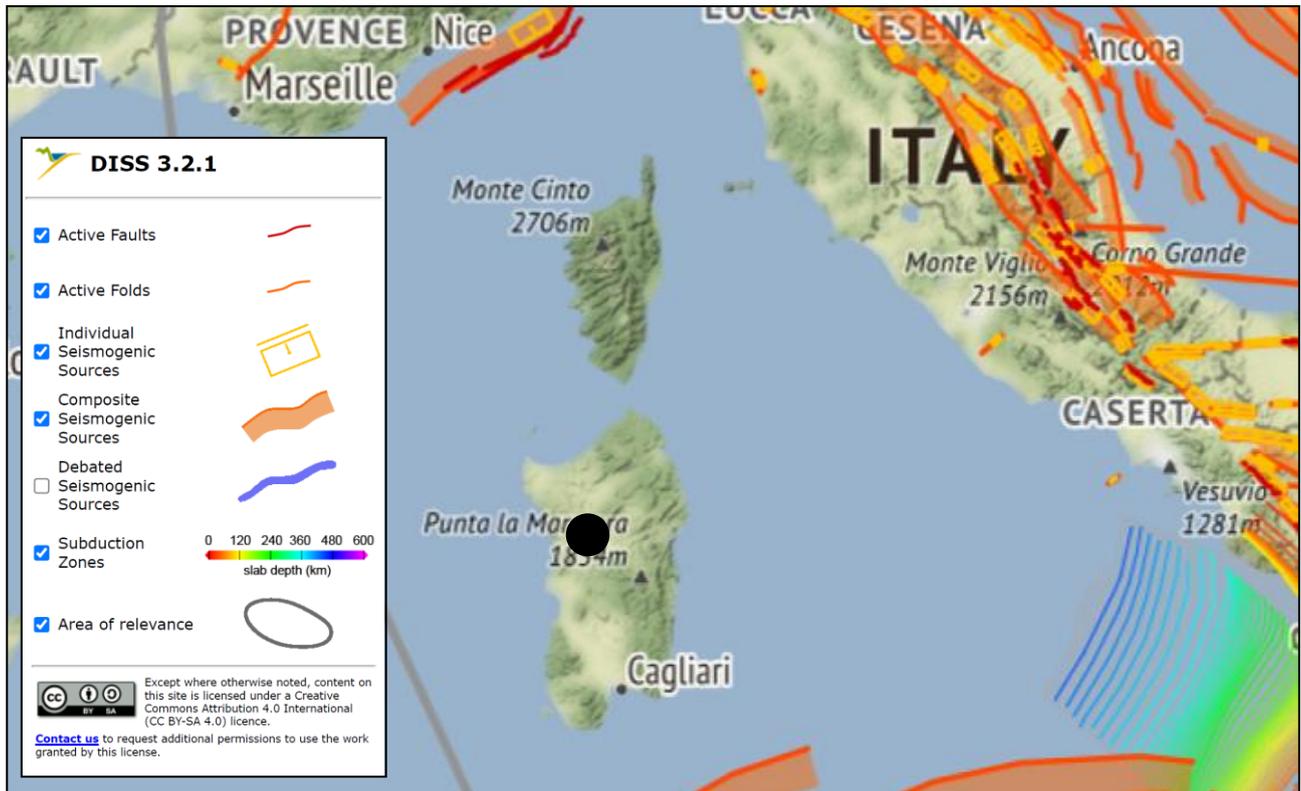


Figura 2.7 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5,5$ rispetto all’area di intervento (estratto da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

Dal database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo $> 5,5$, si evince che il settore di intervento non è direttamente gravato da potenziali faglie sismogenetiche (Figura 2.7).

2.9 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall’Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l’obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

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 in funzione di altrettanti 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 differenti le costruzioni.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 22 di 30	

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di ag_{475} con una tolleranza 0,025g a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Allo stato attuale delle conoscenze e del progresso scientifico, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento edilizio, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione. Tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

2.10 Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici di ogni maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- Tc^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C. successive. Per un periodo di ritorno $T_r = 475$ anni, detti parametri valgono:

- $a_g = 0,500$
- $F_0 = 2,88$
- $Tc^* = 0,34$

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**$I_{max/pon}$**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Dei 375 comuni della

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 23 di 30	

Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

Il *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) ha consentito di escludere la presenza di "faglie capaci", ovvero di lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

2.11 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s). Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S_{eq}}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

essendo:

h_i = spessore dello strato i -esimo,

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato,

N = numero di strati,

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali; per profondità del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{S_{30}}$ ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{S_{eq}}$ con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

- A]** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B]** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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;

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 24 di 30	

- C]** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D]** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E]** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi e sulla base delle indagini speditive effettuate nel sito di interesse, la presenza del substrato roccioso subaffiorante o sotto copertura di uno strato detritico di spessore sub metrico consente, cautelativamente, di adottare una **categoria di sottosuolo di tipo “B”**.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>INNOVATIVE</small>	OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 25 di 30	

3 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

3.1 Pericolosità da frana

Secondo la vigente perimetrazione del Piano di Assetto Idrogeologico del sub-bacino Tirso, adottata in via definitiva dal Comune di Macomer ai sensi dell’art 8 comma 2, art. 4 e art. 26 delle NTA l’area in studio non è ricompresa in zone a rischio di frana.

Infatti il sito di intervento, che si presenta omogeneo dal punto di vista litologico e morfologico, scevro da scarpate e con acclività d’insieme \leq al 10%, allo stato attuale non evidenzia elementi di criticità da frana, piuttosto che forme e processi attivi di versante dovute all’erosione e/o alla gravità. La limitata e/o nulla dinamica morfoevolutiva è garantita dalla combinazione delle caratteristiche strutturali, delle buone proprietà geo-meccaniche dei terreni e dalla bassa acclività delle limitate delle coperture eluvio-colluviali. La morfologia è da intendersi conservativa, in quanto i potenziali processi gravitativi o idrogeomorfologici sono deboli od assenti, e tendono a permanere in equilibrio, con le giuste precauzioni, anche dopo le perturbazioni derivate dalla realizzazione dell’opera.

Non sono stati ravvisati *indizi geologici e morfologici d’instabilità*, che possono predisporre a condizioni di pericolo idro-geomorfologico.

Pertanto, l’impianto in progetto sarà realizzato in un ambiente morfoevolutivo che non impone limitazioni geomorfologiche per le opere d’ingegneria civile. Gli stessi manufatti o opere interne o presenti nell’intorno del lotto, infatti, localizzati immediatamente ad est, nell’area industriale “Tossilo”, non presentano lesioni imputabili ad assestamenti o a evoluzioni morfologiche dei terreni di sedime.

Per l’entità degli interventi, i limitati scavi e la conseguente regolazione della micro-morfologia non si prevedono perturbazioni sull’equilibrio geologico, idraulico e geomorfologico del versante.

3.2 Pericolosità da inondazione

In ragione della posizione marginale rispetto al deflusso delle acque di ruscellamento concentrate, non si ravvisano pertanto elementi predisponenti a condizioni di pericolosità idraulica.

A suffragio di quanto, le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico vigente, al Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) ed al Piano delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) non indicano alcuna criticità in virtù della loro posizione plano-altimetrica non suscettibile ad eventi alluvionali (esondazioni, allagamenti con ristagni).

3.3 Pericolosità idrogeologica

L’assetto idrogeologico del settore interessato dall’impianto è condizionato dalla presenza di un substrato roccioso sostanzialmente poco permeabile e da una modestissima coltre detritica prevalentemente eluviale di spessore poco significativo, non favorevole alla formazione di una circolazione idrica sotterranea a carattere freatico.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 26 di 30	

Altri flussi idrici sotterranei possono impostarsi entro gli ammassi rocciosi a profondità decisamente maggiori rispetto alle quote direttamente influenzate dalle opere di fondazione per cui non si prevedono interazioni di quest'ultima con le opere in progetto. Per le stesse ragioni non sussistono i presupposti affinché l'opera in progetto possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

3.4 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 27 di 30	

4 MODELLO GEOTECNICO

4.1 Modello geotecnico preliminare

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica ed al rilievo geomeccanico, si ritiene utile analizzare gli aspetti geotecnici degli stessi limitatamente alle zone di imposta dell'impianto.

La semplicità dell'assetto litostratigrafico dei luoghi decritta facilita questa prima valutazione in quanto, sostanzialmente, è possibile definire una stratigrafia litotecnica con due distinte unità che hanno diretto riferimento con quelle definite nella modellazione geologica.

Non essendo stato possibile al momento eseguire alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e cautelativa, sulla base di dati provenienti dall'indagine geomeccanica speditiva e dalla letteratura tecnica coadiuvate dalle informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologici analoghi.

Coerentemente con quanto precedentemente illustrato, si richiama la successione stratigrafica rappresentativa dei luoghi di intervento, a partire dall'alto:

- A** Suoli e terre brune
- B** Substrato basaltico

A – Suoli e terre brune

Spessore min 0,10 m

Spessore max 0,50 m

Suoli detritici costituiti da terre più o meno rimaneggiate dalle pratiche agricole, di colore bruno, a componente organica fortemente alterate e localmente argillificate, derivanti dall'alterazione delle vulcaniti, con grado di pedogenesi variabile.

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni sono scarse e tendono a creare ristagni idrici superficiali.

I parametri geotecnici associabili indicativamente sono:

- Peso di volume naturale γ = 16,00÷16,50 kN/m³
- Angolo di resistenza al taglio φ' = 24÷26°
- Coesione non drenata c' = 15-30 daN/cm²
- Modulo elastico E_{el} = 130 daN/cm²
- Modulo edometrico M_d = 80 daN/cm²

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “GR MACOMER” IN LOCALITÀ “ARRULAS” DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44 MWac	COD. ELABORATO GREN-FVM-RP4
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 29 di 30	

5 CONCLUSIONI

L'analisi *geologica* eseguita a corredo del progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico limitrofa nell'area industriale di Tossilo (Macomer), ha permesso di evidenziare, in conformità alla normativa tecnica, quanto segue quanto di seguito esposto.

L'assetto geologico locale si caratterizza per la predominanza di un substrato roccioso in facies effusiva basaltica variamente fratturato (*SUBUNITÀ DI DUALCHI - BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA*). interessato nei primi 50 cm da fenomeni più o meno spinti di alterazione eluviale.

La configurazione planoaltimetria favorisce diffuse condizioni di stabilità morfologica dei luoghi. Lo studio effettuato, infatti, conferma la fattibilità dell'intervento, non essendo state rilevate situazioni ostative alla stabilità delle aree interessate e non sussistendo rischi potenziali legati ai fattori puramente geomorfologici. In particolare, le opere saranno inserite in un ambiente morfoevolutivo e geologico che non impone limitazioni per le opere d'ingegneria civile. Non si prevede altresì che l'evoluzione morfodinamica naturale delle aree coinvolte possa in qualche modo compromettere la funzionalità delle opere per dissesti di tipo idraulico in quanto il sito di intervento ricade in una posizione priva di pericolosità da inondazione/allagamento;

Non si ritiene che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale, non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d'acqua.

Non si ravvisano altresì criticità che possano predisporre il sito a fenomeni di denudazione o erosione accelerata da parte delle acque di scorrimento superficiale, crolli o frane innescate dall'arretramento dei versanti, piuttosto che alterazioni del tracciato o del regime dei corsi d'acqua, sovraescavazioni in alveo, anche in ragione della posizione ininfluente rispetto al reticolo idrografico.

Sotto il profilo idrogeologico, la presenza del substrato basaltico a permeabilità medio-bassa che permette un'infiltrazione solo ed esclusivamente attraverso la fratturazione, consente di escludere qualsiasi interazione tra le opere in programma ed i flussi idrici sotterranei se non con quelli temporanei dovuti a particolari condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare il modesto spessore detritico eluvio colluviale e lo strato di alterazione della roccia.

Escludendo la coltre sommitale, i terreni del sottostante basamento litificato sono dotati di caratteristiche geomeccaniche sufficientemente performanti in relazione alla tipologia di opere in progetto ed i previsti carichi di esercizio, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso una campagna di indagini geognostiche eseguita all'uopo, che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

Tali indagini dovranno chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare le incertezze sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo, ovvero affinare il modello geologico e idrogeologico per orientare al meglio le scelte progettuali in ordine alla tipologia fondale, nonché per individuare l'ottimale profondità per l'infissione dei sostegni degli inseguitori solari.