

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI TRAPANI

COMUNE DI TRAPANI

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO - FOTOVOLTAICO

REALIZZAZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO PER
LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE
FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA NOMINALE DI 28,85
MWp E POTENZA DI IMMISSIONE DI 27 MWp E DELLE
RELATIVE OPERE CONNESSE E DI CONNESSIONE ALLA
RETE

DESCRIZIONE ELABORATO Relazione geologica	Livello Progetto PD		Codice Elaborato RS06REL0008A0
	Scala	Formato stampa A4	Codice Progetto ITA10133

<p>PROGETTAZIONE e SVILUPPO</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>MR WIND s.r.l. Via Alessandro Manzoni n.31 - 84091 Battipaglia (SA)</p> <p>IL GEOLOGO Dott. Geol. Tullio Ciccarone Albo dei Geologi della Regione Campania n.1863</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>IL TECNICO Ing. Giuseppe Calabrese Ordine degli Ingegneri di Napoli n.17947</p> </div> </div>	<p>Proponente:</p> <p style="text-align: center;">V-RIDIUM SOLAR SICILIA 7 S.r.l. Viale Giorgio Ribotta n.21 - 00144 Roma (RM)</p>
--	---

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	VERIFICATO
00		-----		
01				
02				
03				

Sommario

1.0	PREMESSA.....	1
2.0	INQUADRAMENTO E UBICAZIONE TOPOGRAFICA DEL PROGETTO.....	1
3.0	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO.....	5
4.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	7
5.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	13
6.0	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	15
7.0	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	17
8.0	VINCOLO IDROGEOLOGICO R. D. n°3267 del 30/12/1923.....	18
9.0	RISCHIO IDROGEOLOGICO (P.A.I.).....	19
10.0	PROGRAMMA INDAGINI E PROVE PROGRAMMATE.....	22
11.0	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI.....	23
12.0	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	26
13.0	MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO.....	26
	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	28
	RISPOSTA SISMICA DI PROGETTO.....	31
	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	32
	CATEGORIA SISMICA DI SUOLO.....	35
	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA RIFERITA AL CONTESTO DELL'INTERVENTO.....	37
	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DI PROGETTO IN ALLEGATO.....	39
14.0	ZONE SUSCETTIBILI SISMICAMENTE PER LIQUEFAZIONE.....	39
15.0	ZONE SUSCETTIBILI PER CARATT. STRUTTURALI, GEOMORF. E ADDEN.....	39
16.0	CONCLUSIONI.....	40

ALLEGATI

1.0 PREMESSA

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dalle società "**V-RIDIUM SOLAR SICILIA 7 S.r.l.**", con sede in Roma (RM) Viale Giorgio Ribotta n.21, ha redatto una relazione geologica, idrogeologica e di modellazione sismica su un'area dove è prevista la progettazione di un impianto agro-fotovoltaico, della potenza nominale pari a 28,85 MWp e potenza di immissione pari a 27 MWp denominato "Trapani 29", da realizzarsi nel territorio comunale di Trapani (TP) in S.P. 35, via Neghelli.

Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale, fornire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera, determinare i parametri che condizionano la stabilità del complesso terreno-fondazione e *verificare che il progetto in esame sia compatibile con i principali processi morfologici e idrogeologici dell'area e con i vincoli imposti dal piano stralcio per l'assetto idrogeologico elaborato dall'ADB Sicilia.*

A tal scopo è stato eseguito uno studio specifico dedicato alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, ai sensi della NTC 2008 (D.M. 17/01/2018), attraverso indagini effettuate in sito.

2.0 INQUADRAMENTO E UBICAZIONE TOPOGRAFICA DEL PROGETTO

Trapani Città della Sicilia nord-occidentale (273,1 km² con 65.841 ab. nel 2020), capoluogo di provincia, sorge in parte su una lingua di terra protesa nel mare verso la più settentrionale delle Egadi, l'isola di Levanzo, in parte sul suo retroterra pianeggiante, fino alle falde del colle di Erice.

Il sito dell'impianto agro-fotovoltaico in parola ricade in tale territorio comunale, a circa 1 km dall'agglomerato urbano più vicino e 12 km dal centro abitato del comune di Trapani, ed a 15 Km rispetto al porto di Trapani, in una zona pressoché pianeggiante occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali, compreso tra i 160 e 185 m.s.l.m., l'area è accessibile dalla Strada Statale SS113 e da strade comunali limitrofe. I terreni agricoli vengono prevalentemente scelti da tali opere poiché la loro installazione permette di continuare le colture agricole o l'allevamento e che prevedono un ruolo per gli agricoltori, che vanno ad integrare il reddito aziendale e a prevenire l'abbandono o dismissione dell'attività produttiva.

L'area di intervento è collocata in una zona subpianeggiante all'interno ad una quota compresa tra 160-185 m s.l.m.m.

Con riferimento alla Cartografia Ufficiale dello Stato, rientra nell'ambito della tavoletta topografica 1:25.000 I.G.M. N.25 I-NO "UMMARI", nella tavola IGM foglio N°606 "ALCAMO", in scala 1:50.000 e nella Carta Geologica d'Italia N°257 "CASTELVETRANO" in scala 1:100.000.

Di seguito le coordinate geografiche relative alla posizione baricentrica dell'impianto fotovoltaico in questione:

Lat./ Long. [WGS84]	37.953431,12.707504
Lat./ Long. [ED50]	37.954499,12.708374

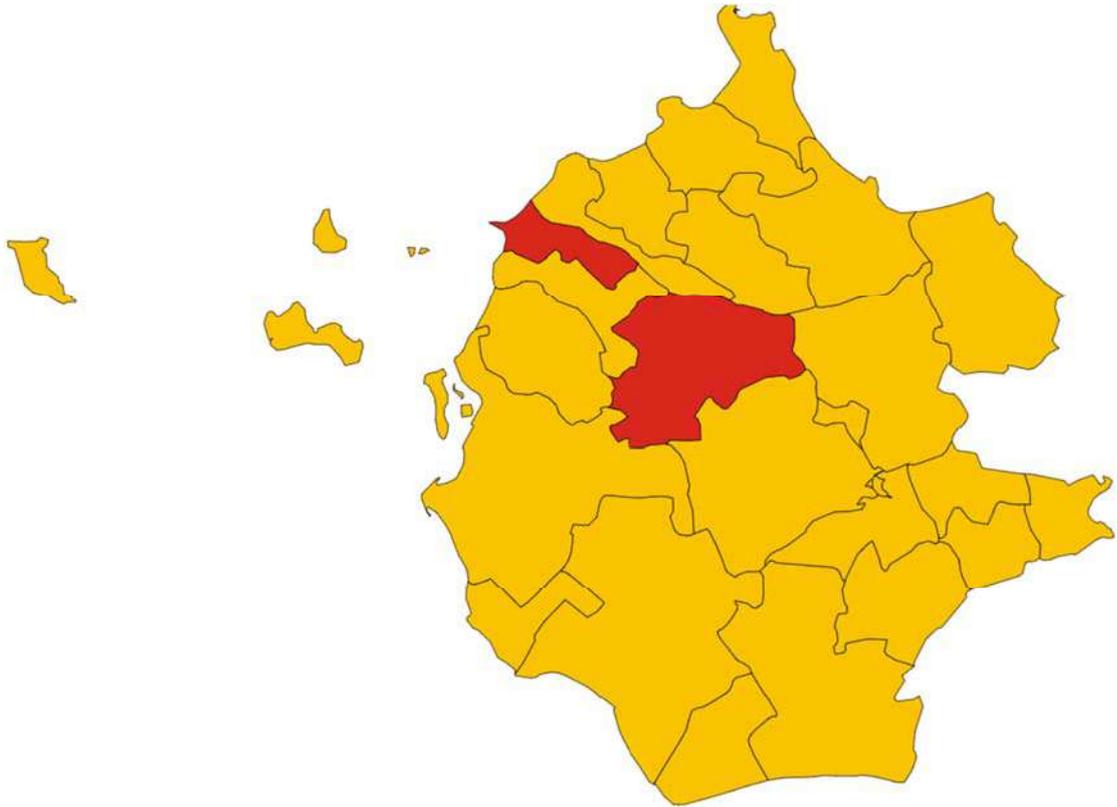


Fig. 1 - Comune di Trapani nella Provincia di Trapani

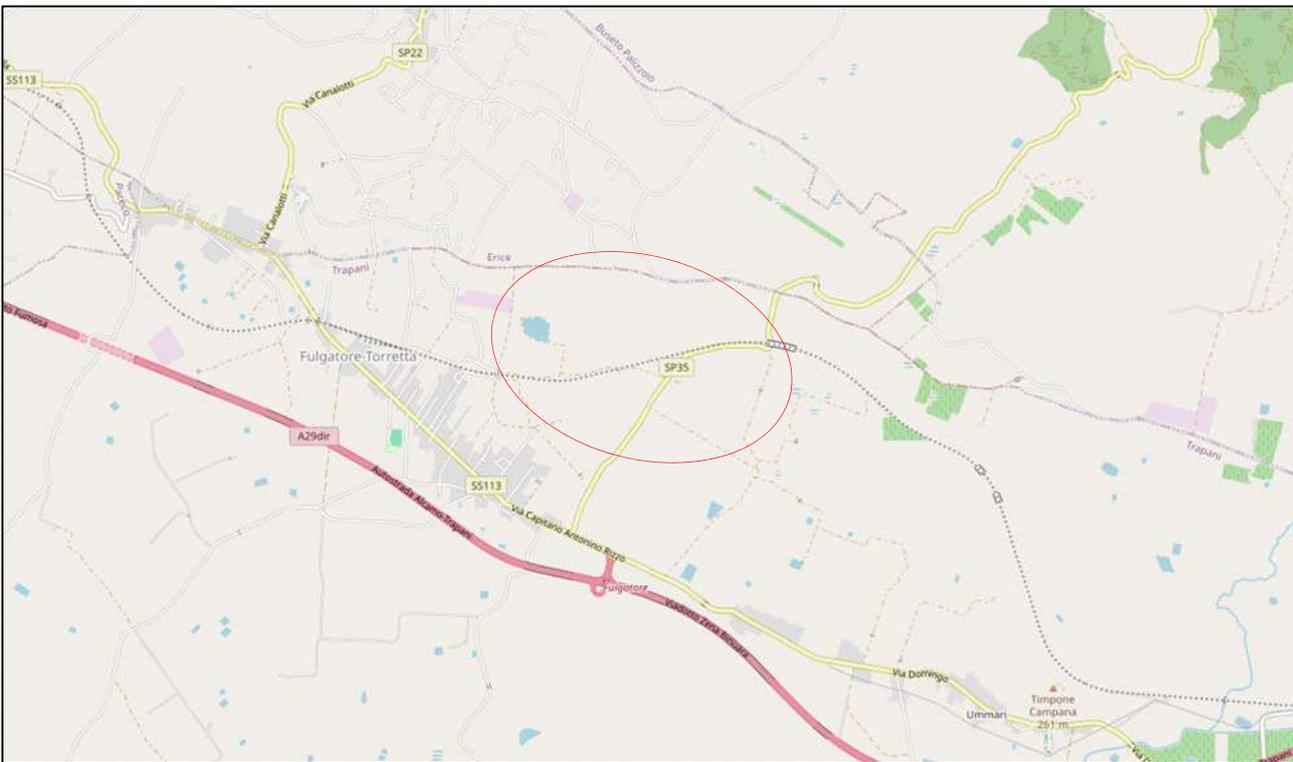


Fig. 2 - Inquadramento territoriale vasto (Open Street Map)

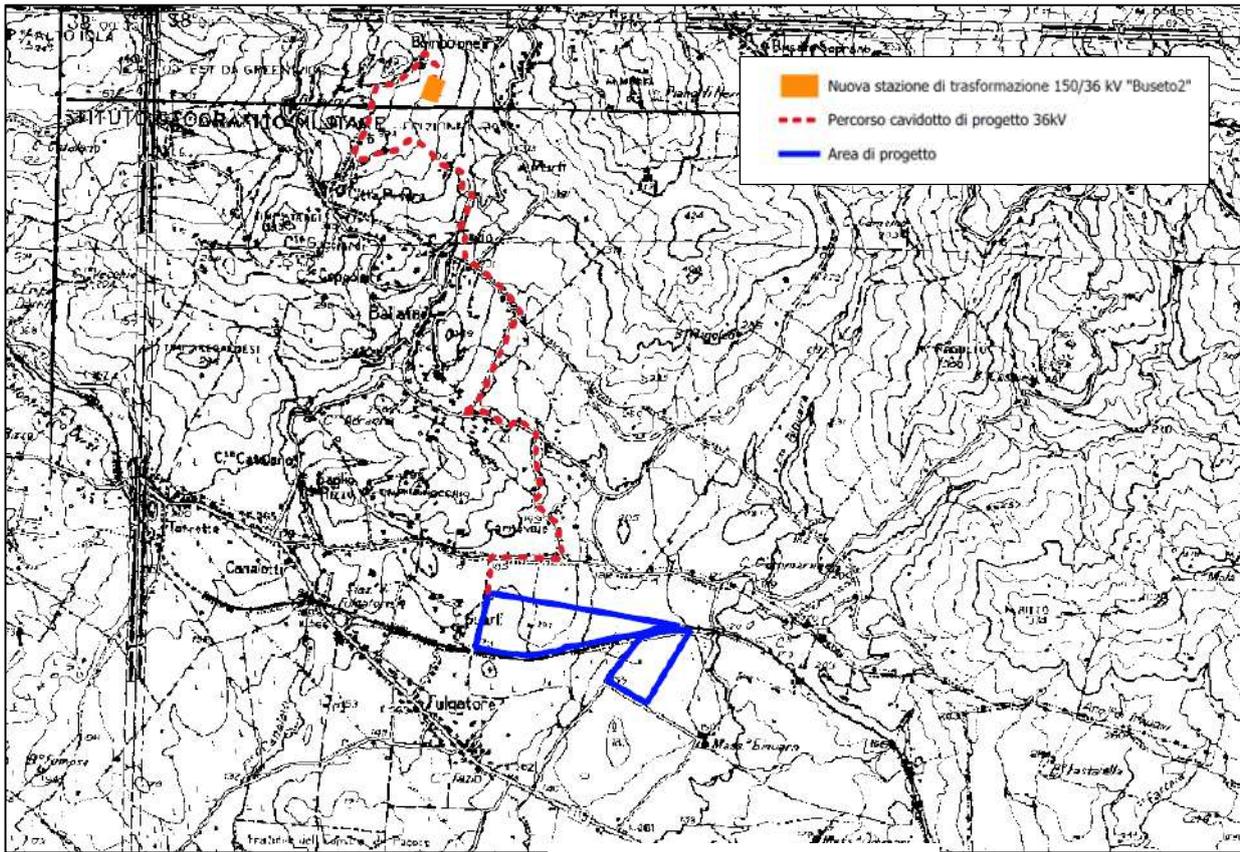


Fig. 3 - I.G.M. 1:50.000

— Area d'impianto

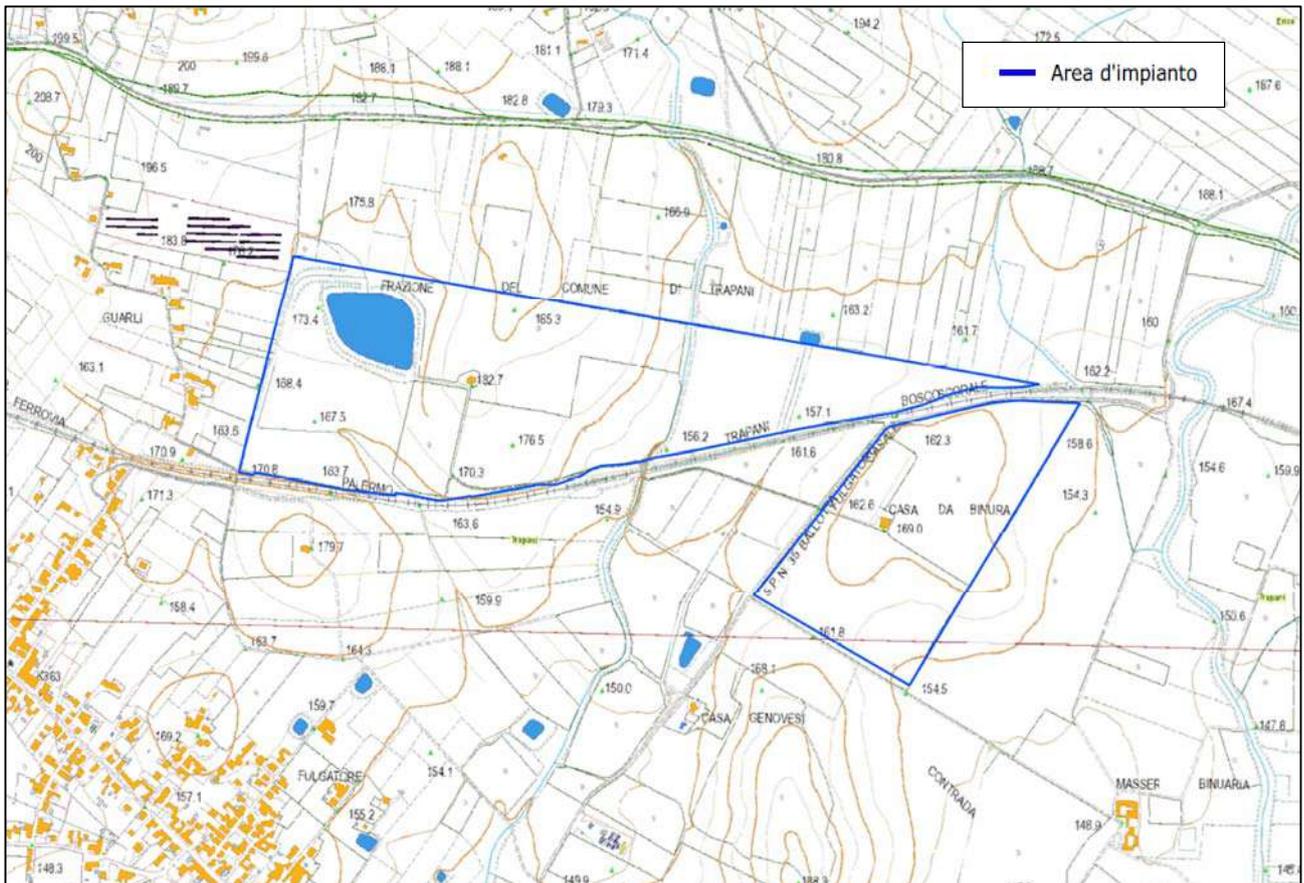


Fig. 4 - Inquadramento territoriale su CTR 5.000

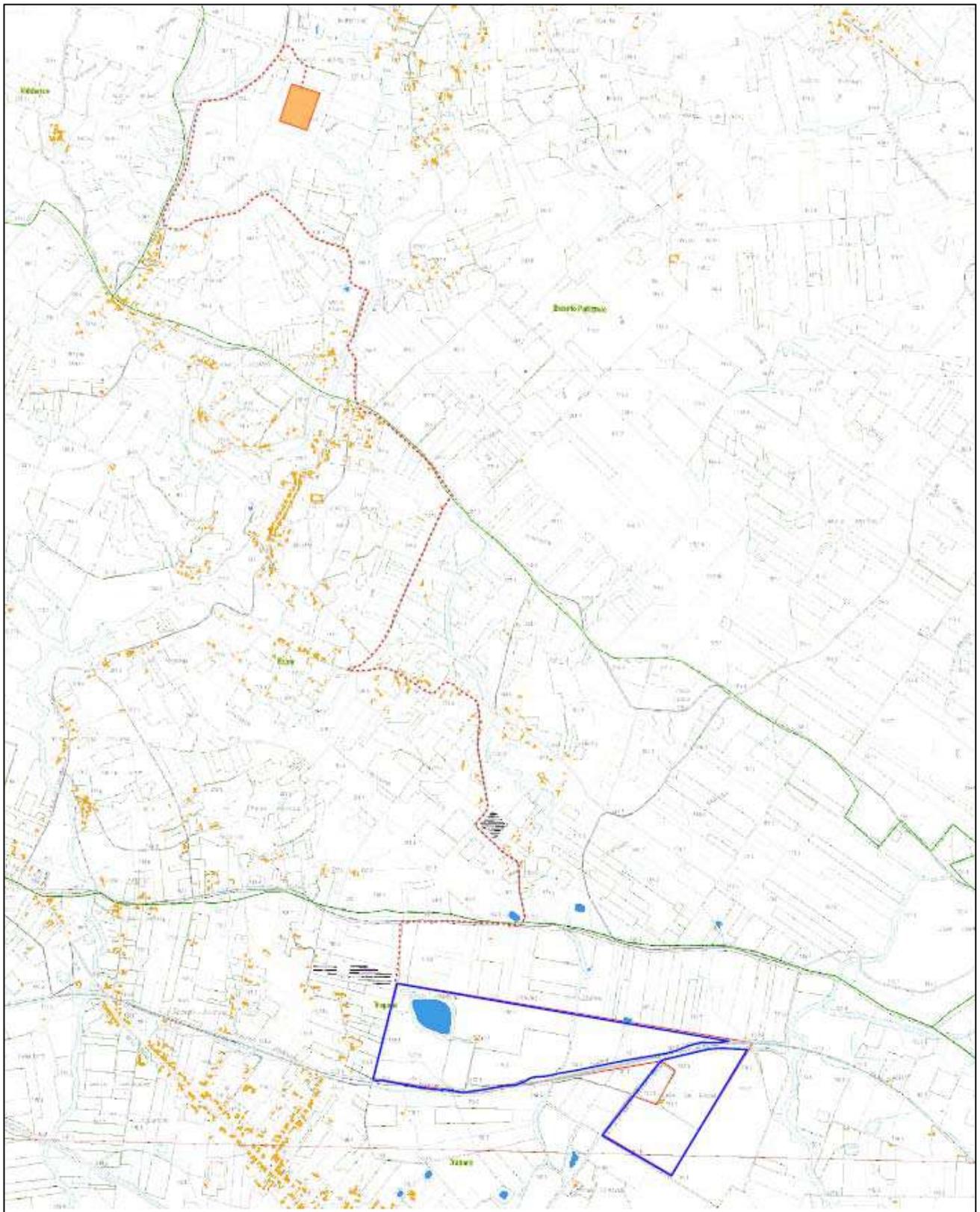


Fig. 5 - Inquadramento territoriale su CTR 10.000

Legenda

 Nuova stazione di trasformazione 150/36 kV "Buseto2"

 Percorso cavidotto di progetto 36kV

 Area di progetto

3.0 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO

L'impianto in progetto ricade nel territorio della provincia di Trapani e, nello specifico, è composto da:

- Campo agro-fotovoltaico, sito nel comune di TRAPANI (TP);
- Stazione di consegna nel comune di Busetto Palizzolo (TP);
- Cavidotto di collegamento che attraversa i comuni di Trapani, Erice e Busetto Palizzolo.

La superficie a disposizione per la realizzazione dell'impianto è pari a 66,49 Ha (664.919 m²), di cui solo una parte effettivamente occupata dai moduli e cabine. Nella fattispecie, la reale occupazione in termini di superficie fotovoltaica (pannelli, cabine di campo e di consegna) è circa 11,96 Ha.

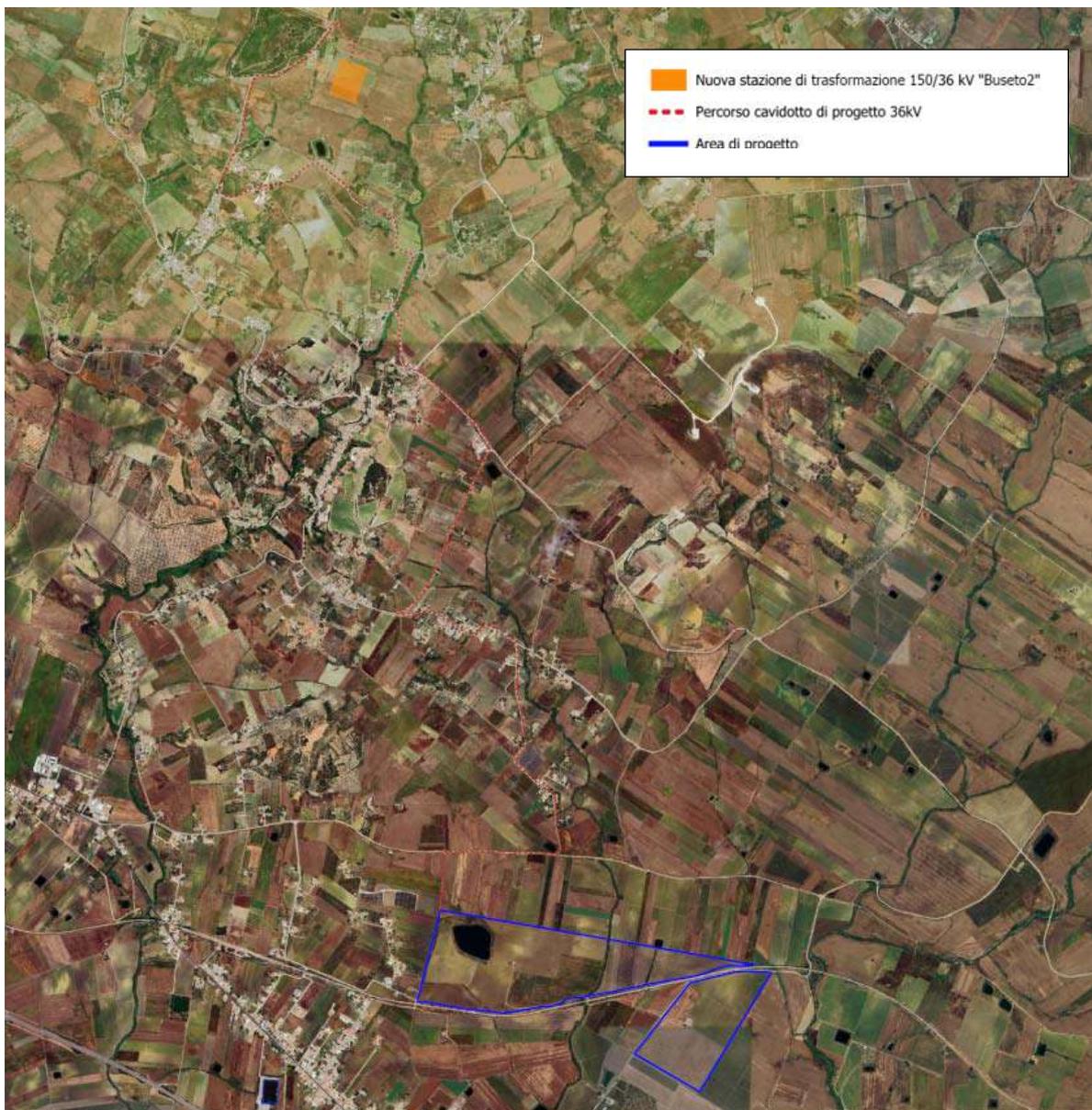


Fig. 6 - Ubicazione area impianto (Ortofoto Satellitare – Google Earth)



Da un punto di vista catastale, l'impianto di produzione interesserà le particelle di seguito riepilogate:

Foglio 194 Particelle 199,200,201,202,203,204,205,238,34,208,209,196.

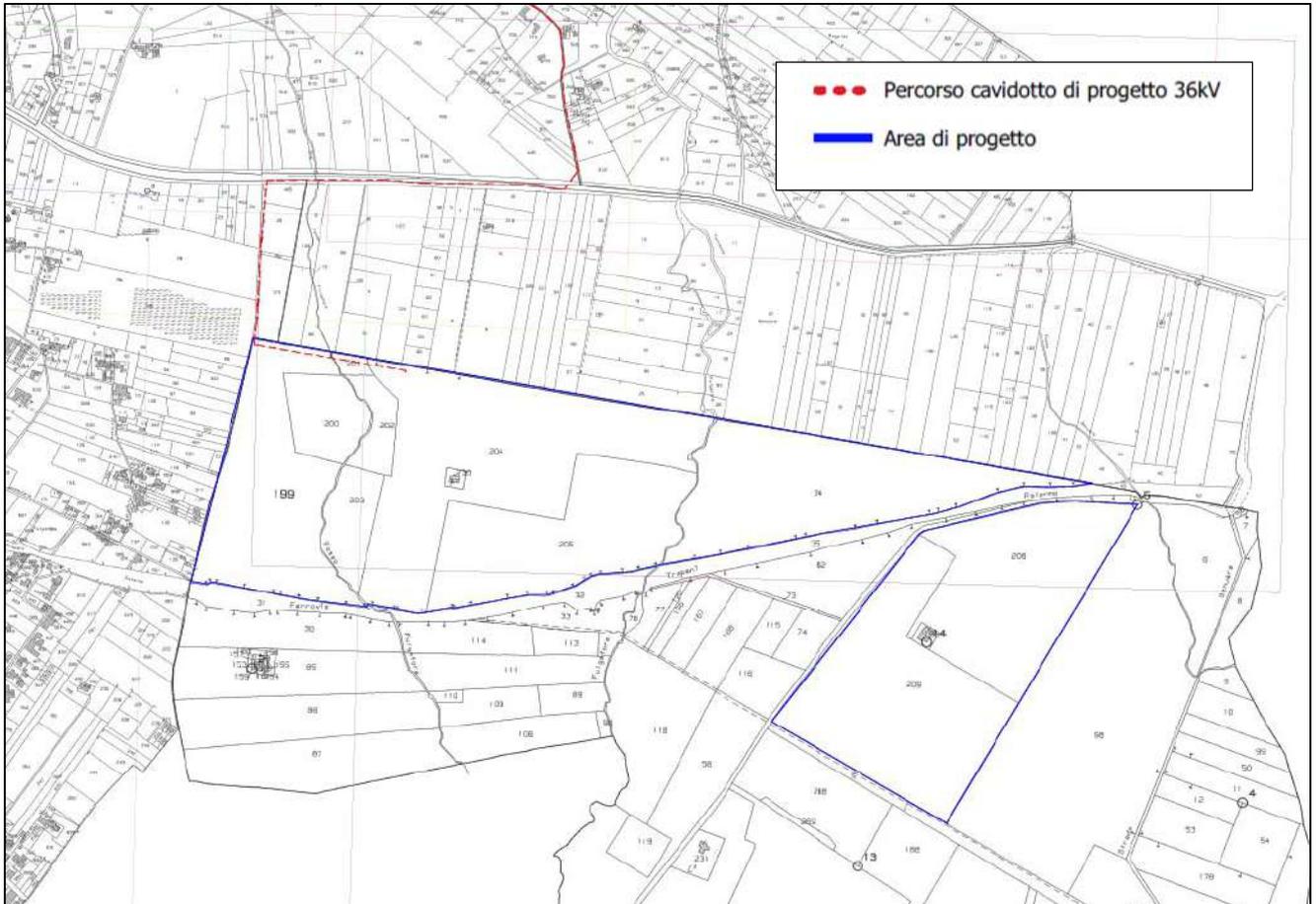


Fig. 7 - Inquadramento catastale delle particelle interessate dall'impianto fotovoltaico

L'impianto, denominato "Trapani29", è di tipo ad inseguitore monoassiale, connesso alla rete (grid-connected) in modalità trifase. I supporti, saranno in acciaio zincato e saranno opportunamente distanziati sia per evitare l'ombreggiamento reciproco, sia per avere lo spazio necessario al passaggio dei mezzi nella fase di lavorazione delle attività agricole annesse.

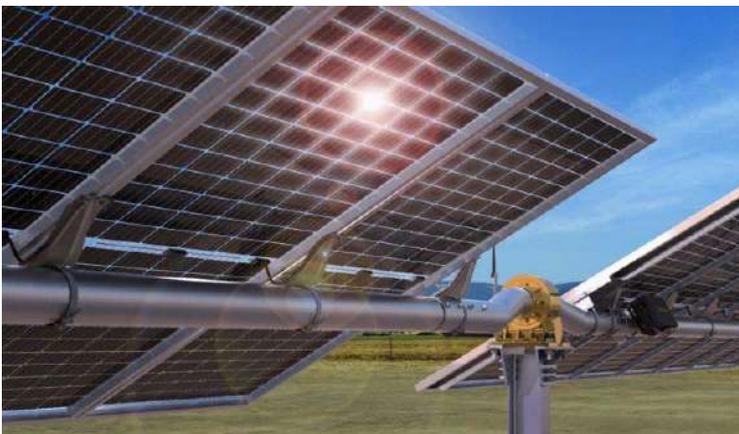


Fig. 8 - Particolare struttura metallica

- **La Catena AppenninicoMaghrebide**, affiorante nella porzione settentrionale dell'isola e costituita da sequenze Meso-Cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyshoidi mioceniche;
- **Catena Kabilo- Calabride**, affiorante nei settori nord-orientali della Sicilia e caratterizzata da un basamento metamorfico di vario grado con le relative coperture sedimentarie Meso-Cenozoiche, cui si associano le unità ofilitifere del complesso Liguride;

Nella sua complessità, il paesaggio fisico della Sicilia, è quindi, il risultato dell'interazione di diversi fattori, geologici, tettonici, geomorfologici, e climatici che, nel corso del tempo hanno interessato l'area in esame in maniera differente.

L'area di studio ricade nell' area centro orientale della penisola siciliana, vicino al margine più orientale della catena Appenninico-Magrebide.

Tale catena è costituita da un sistema a thrust pellicolare. Il sistema comprende sequenze Meso-Cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con spesse coperture flyshoidi mioceniche probabilmente appartenenti ad un paleo margine Afro-Adriatico.

La tettonogenesi che ha interessato la Sicilia nel Miocene inferiore, ad esclusione del settore peloritano nord-orientale, ha portato le principali unità tettoniche dell'area ad accavallarsi dalle zone nord- occidentali verso quelle sud-orientali, dando vita ad un sistema di thrust and fold. Le falde della catena Appenninico-Magrebide, si accavallano sull'Avampaesellbeo con modalità simili a quelle che determinano la messa in posto delle coltri appenniniche sul dominio apulo.

Durante il Giurassico con il processo di separazione continentale che porta all'apertura continentale del settore meridionale della Teide, si individua un importante bacino intra-cratonico a sedimentazione prevalentemente terrigena il Bacino di Lercara.

Tale dominio evolve successivamente in due unità paleogeografiche, rappresentate dal bacino Imerese a nord e dal bacino Sicano a sud. Questi ultimi, in particolare, risultano separati dall'interposizione della Piattaforma nord Trapanese, a sua volta sostituita verso sud dal dominio paleogeografico dei seamounts Trapanesi.

Il processo di dissezione in blocchi della piattaforma carbonatica Panormide più interna, inizia nel Giurassico e prosegue fino all' Oligocene inferiore. La deformazione dei domini paleogeografici più interni porta, quindi, alla formazione di un primordiale bacino di Avanfossa a sedimentazione prevalentemente terrigena, successivamente riconosciuto come bacino Numidico.

Tra l'Acquitano ed il Laghiano la sedimentazione nel bacino numidico si contraddistingue per il carattere regressivo delle successioni che, nelle loro porzioni sommitali, sono caratterizzate da una sedimentazione di tipo prevalentemente pelitica. Al contempo nel bacino Sicano si instaurano le condizioni per una sedimentazione di ambiente profondo.

Nel Laghiano, le aree più settentrionali del dominio Imerese subiscono un'importante fase tettonica a seguito dell'accavallamento dei terreni più estremi della piattaforma Panormide su quelli più interni del bacino Imerese che, a loro volta, si accavallano sui termini più esterni dello stesso. Su queste unità deformate si vanno a deporre in discordanza i depositi pelagici ed emipelagici del Laghiano superiore mentre contemporaneamente le unità Sicilidi si sovrappongono tettonicamente alle successioni suddette.

Alla fine del Messiniano la conformazione paleogeografica dei diversi domini individuati determina la formazione di un'area con ridotta circolazione delle masse d'acqua, che porta ad un progressivo abbassamento del livello del mare ed alla formazione di complessi sistemi di scogliera.

Questi ultimi, in seguito al verificarsi della crisi di salinità, vengono ricoperti dalla sedimentazione delle successioni gessoso – evaporitiche mioceniche.

Successivamente nel Pliocene inferiore, si instaurano nuovamente condizioni marine normali, come testimoniato dalla sedimentazione della successione dei Trubi, rocce biancastre marnoso-calcaree tipiche di un ambiente marino relativamente profondo.

Tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore si ha un sollevamento e un successivo smembramento in blocchi lungo linee tettoniche ad andamento NW-SE e NE-SW, che determinano sollevamenti differenziati da luogo a luogo.

Alla fine del Pleistocene si assiste alla definitiva emersione della catena Appenninico-Maghrebide, in concomitanza con i sollevamenti regionali che coinvolgono anche ampi settori di Avanfossa ed Avampaese.

I terrazzi quaternari, distribuiti a varie quote lungo la fascia costiera, testimoniano le oscillazioni eustatiche del livello marino e i movimenti tettonici a prevalente componente verticale in quest'ultimo periodo.

Nel complesso le unità stratigrafiche più antiche sono strutturate in una serie di thrust pellicolari verificatesi a partire dal Burdigaliano inferiore. Tali unità sono spesso ricoperte da estesi depositi quaternari di genesi detritica e alluvionale.

Con il diretto riferimento ai dati bibliografici e a quanto riportato nella carta geologica d'Italia, le successioni stratigrafiche possono essere distinte a grande scala dal basso verso l'alto in:

- **Unità Ionidi:** sono costituite da successioni meso-cenozoiche calcareo-marnose e arenaceo-marnose, di ambiente essenzialmente pelagico e di scarpata.
- **Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova** (Oligocene superiore - Serravalliano): argille marnose di colore bruno o grigio-verde, con rare intercalazioni di arenarie glauconitiche giallo-verdastre in strati da molto sottili a spessi, più frequenti verso l'alto. Gli strati sottili presentano stratificazione laminata e/o incrociata, i banconi sono generalmente massivi. Microfaune a frequenti *Catapsidrarunicavus*, *Paragloborotalia nana*, "*Globigerina*" venezuelana in basso e ad *Orbulina* universale in alto. Spessore fino a 400 m.
- **Unità Sicilidi:** sono formate da una spessa successione pelitica infra-cenozoica, di ambiente bacinale, localmente ricoperta da terreni calcareo-marnosi e arenaceo-marosi tardo-cenozoici, di ambiente di scarpata e bacino torbido.
- **Argille Varicolori Inferiori** (Paleocene- Eocene): argille di colore rosso vinaccia, verde e grigio ferro, scagliettate e a struttura caotica, con intercalazioni sottili di diaspri grigio-verdi a frattura prismatica, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi. Inglobano olistoliti di dimensione da 2 a 10 m di calcari a rudiste e calcari a macroforaminiferocenici. Nei livelli più alti, al passaggio con la Formazione di Polizzi, sono presenti modesti lembi dibasalto alterato a desquamazione sferoidale. Associazioni microfaunistiche risedimentate del Cenomaniano e del Maastrichtiano superiore, oltre a *Planorotalites pusilla*, *Globanomalina compressa*, *Morozovella angulata*, *Parasubbotinapseudobulloides* di età paleocenica. Spessore non valutabile per tettonizzazione.

- **Formazione di Polizzi** (Eocene inferiore - medio): Alternanza di calcari marnosi e marne di colore bianco, cui si intercalano livelli di brecciole calcaree di colore nocciola, gradate a macroforaminiferi e con clasti di selce e di calcari mesozoici di piattaforma. Nelle marne microfaune planctoniche a *Morozovella aragonensis*, *Igorinabroedermani*, *Acarinabulbrook*, *Planorotalites palmerae*, *Aragonia* cfr. *anana*. Nelle brecciole sono presenti *Nummulites* spp., *Fasciolites* sp., *Discocyclus* sp., *Asterveyelina* sp., *Miliolide* e resti di alghe. Spessore fino a 30 m.
- **Flysch Numidico** (Oligocene superiore - Burdigaliano): unità litostratigrafica costituita da diversi membri. Relativamente all'area di studio affiora unicamente il membro di M. Salici.
- **Membro di M. Salici** (Oligocene superiore Burdigaliano): argilliti nerastre a stratificazione indistinta, passanti verso alto ad argille brune cui si intercalano quarzareniti giallastre in grossi banchi. Le areniti hanno grana da fine a rudite grossolana e abbondante matrice silicea. Le argille nere sono caratterizzate da microfaune a *Globigerinoides primordias*, *Calapidurdissimilis*, *Paragloburoralia* cfr. *kugleri*. Nelle argille brune apicali microfaune a *Globigerinoides trilobus*, *Gbisphaericus*, *Globurindehisens Pickensis*. Spessore fino a 400 m.
- **Depositi di bacini satellite del Miocene medio e superiore**: sono costituiti da sequenze pelitiche tardo- cenozoiche, di ambiente essenzialmente marino, progressivamente passanti a depositi gessoso-solfiferi messiniani, di ambiente euxinico ed evaporitico.
- **Formazione Terravecchia** (Tortoniano superiore): marne argillose grigio-azzurre o brune e sabbie quarzose giallastre con grosse lenti di conglomerati a clasti eterometrici da piatti a sferici, arrotondati, di natura sia sedimentaria che cristallina di vario grado metamorfico, per lo più nella parte alta della formazione. Spessore fino a 300 m. Localmente si rinvengono intercalazioni di argille brecciate di colore bruno, inglobanti olistoliti eterometrici e poligenici di quarzareniti numidiche e lembi di argille varicolori. Lo spessore delle argille brecciate, difficilmente valutabile per caoticità, raggiunge una potenza di circa 200 m.
- **Tripoli** (Messiniano): diatomiti bianche laminate con abbondante sostanza organica e resti di pesci Teleostei o alternanze di diatomiti ricche di Coccolitoforidi e Dinoflagellati, marne ad abbondanti foraminiferi planctonici e peliti fogliettate, bituminose. Localmente si intercalano sottili livelli di torba. Microfaune a *Globigerinoides extremus*, *Turborotalita multiloba*, *Globorotalia acostaensis*, *Bulimina aculeata*, *B. echinata* e *Brizalina dentellata*. La formazione è localmente presente alla base dei sedimenti evaporitici. Spessore massimo 40 m.
- **Formazione di Cattolica** (Messiniano inferiore): formazione costituita da tre membri: Calcarea di Base, Selenitico e Salifero. Nell'area di studio affiorano solo i primi due membri, rappresentati prevalentemente da carbonati e solfati, con abbondanti gessi e minori anidriti, cui si intercalano a diverse altezze stratigrafiche olistostromi di argille brecciate.
- **Membro Selenitico**: gessi microcristallini laminati (ritmiti) e gessi massivi in grossi cristalli geminati, talora alternati e gessoclastiti, per lo più argille gessose e gessosiltiti, con intercalazioni di olistostromi di argille brecciate con clasti evaporitici di gesso. Spessore variabile da 0 a 50 m.
- **Membro Calcarea di Base**: calcarea cristallino bianco-grigiastro da massivo a laminato, a luoghi con fantasmi di cristalli selenitici, e brecce calcaree con intercalazioni di argille brecciate, caratterizzati da clasti evaporitici di tipo calcareo. Spessore variabile da 0 a 40 m.
- **Depositi di bacini satellite del Pliocene inferiore**: sono costituiti da una successione calcarea-marnosa tardo-cenozoica di ambiente essenzialmente pelagico.

-Trubi (Pliocene inferiore): marne calcaree e calcari marnosi bianchi a frattura concoide, in strati di 20-70 cm, intensamente fratturati, Microfaune delle biozone MP12 e MP13 e nannoflore delle zone MNN12 e MNN13. La formazione è discordante su vari termini del substrato. Spessore fino a 70 m.

• **Depositi continentali quaternari:** sono formati da sedimenti clastici pleistocenici e olocenici, di genesi detritico-colluviale, alluvionale e lacustre.

- Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore - Olocene): ghiaie prevalenti con locali passaggi di sabbie, limi sabbiosi e limi ghiaiosi; ghiaie e ghiaie sabbiose con locali ciottoli poligenici e passaggi di sabbie limose. Formano terrazzi morfologici più o meno estesi, distribuiti su vari ordini. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale.

- Depositi alluvionali recenti (Olocene): limi argillosi, più raramente limi sabbiosi di colore bruno; con ciottoli quarzareniti di diametro tra 2 e 25 cm; sabbie a grana da fine a grossolana, sabbie limose e sabbie ghiaiose; ghiaie poligeniche ed eterometriche in abbondante matrice sabbiosa, con blocchi angolosi e intercalazioni sabbioso-ghiaiose; sabbie da grossolane a fini, localmente limose, in strati da sottili a molto spessi, alternate a limi sabbiosi e limi argillosi, in strati molto sottili e sottili. Depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile.

- Depositi alluvionali attuali (Olocene): ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari arrotondati e ghiaie sabbiose, con locali livelli di limi argillosi di colore grigio. Depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile.

- Depositi palustri (Olocene): limi e limi argillosi di colore nerastro, laminati o sottilmente stratificati, con abbondante frazione organica vegetale e locali intercalazioni limoso-sabbiose. Depositi di palude d'acqua dolce.

La Catena Appenninico-Maghrebide è un thrust and foldbeltsystem sviluppatosi a partire dal Miocene inferiore, essenzialmente costituito da successioni sedimentarie Meso-Cenozoiche di ambiente marino. L'intero sistema è caratterizzato, quindi, dalla presenza di numerose faglie inverse e transpressive.

Nello specifico il settore occidentale è caratterizzato da un sistema di faglie con direzione all'incirca E-W e cinematica trascorrente e inversa che tagliano i contatti di ricoprimento delle maggiori unità tettoniche stratigrafiche, anche essi ad orientazione circa E-W.

In particolare, la deformazione strutturale che ha interessato l'area in esame può essere schematizzata attraverso tre distinte fasi tettoniche:

- fase transtensiva (Cretacico - Eocene);
- fase compressiva (Oligocene superiore - Messiniano);
- fase deformativa finale (Pliocene - Quaternario).

Quest'ultima fase, in particolare, vede la riattivazione delle principali faglie preesistenti con movimenti normali ed è connessa ad importanti sollevamenti differenziali, come testimoniato dalla presenza di numerosi bacini peri-tirrenici.

La propagazione del sistema M.Kumeta-Alcantara ha interessato il dominio di Avampaese fino al raggiungimento dell'area di Sciacca, che risulta probabilmente caratterizzata da una importante zona di debolezza crostale.

Il raccorciamento crostale, che è perdurato fino al Pliocene inferiore, si è verificato a mezzo della sincrona attivazione di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti. Quest'ultime, in particolare, risultano spesso di modesta entità e mostrando un'età più recente man mano che ci si sposta a sud del sistema M.Kumeta-Alcantara.

Nel complesso, i rigetti di tali faglie sono difficilmente quantificabili, poiché la profondità cui avviene lo scollamento delle falde non è ben nota, ma comunque ipotizzabile al di sopra delle rocce terrigene triassiche. La profondità dei piani di scollamento tettonico, secondo i recenti studi a livello crostale, dovrebbe essere compresa entro i primi 30 km e tendenzialmente in aumento verso Nord.

Nello specifico, il piano principale dei thrust che caratterizzano la Catena Appenninico-Maghrebide si estende a partire dal settore posto a NW del Canale di Sicilia, formando un arco convesso che attraversa il mare e rientra in prossimità di Sciacca-Gela, proseguendo quindi fino a Catania.

Il settore dell'Avanfossa Gela-Catania è, dal punto di vista strutturale, una depressione tettonica delimitata da un sistema di faglie orientate circa NE-SW, che si individuano tra Comiso-Chiaramonte, Monterosso-Pedagaggi e Lentini-Agnone.

La copertura neogenico-quadernaria presente all'interno del bacino, tuttavia, non è originata unicamente da apporti detritici delle zone di catena, ma mostra caratteri litologici simili a quelli delle successioni plio-quadernarie delle aree di Avampaese.

Una parte della successione Plio-Pleistocenica di Avanfossa è sepolta al di sotto delle coltri alloctone del sistema frontale dell'orogene appenninico-maghrebide, denominato Falda di Gela, mentre un'altra porzione si è depositata al tetto dell'alloctono durante le ultime fasi di migrazione verso sud.

Ancora verso ovest, il suddetto fronte affiora in superficie in contatto tettonico con i depositi di Avanfossa, secondo una faglia trascorrente sinistra orientata all'incirca N-S. Verso nord, infine, le successioni alloctone sono interessate da una serie di scaglie embriciate a vergenza meridionale (Unità di M. Judica), messe in posto su rampe di thrust orientate circa E-W e caratterizzate da movimenti obliqui destri.

Tali scaglie tettoniche sono ritagliate, a loro volta, da sistemi di faglie trascorrenti che deformano depositi marini del Pliocene medio-superiore, riferibili al Bacino di Centuripe, e depositi marini terrazzati del Pleistocene medio.

Le strutture trascorrenti si associano a zone di taglio coniugate orientate rispettivamente NE-SW e NW-SE, quest'ultime caratterizzate da movimenti essenzialmente sinistri con una limitata componente verticale.

Una Formazione importante per la definizione geodinamica del Dominio Orogenetico è il Flysch Numidico. Il F.N. è caratterizzato da quarzareniti giallastre del Aquitaniano-Burdigaliano, forma un orizzonte strutturale inferiore più o meno autoctono, denominato Membro Geraci Siculo, è considerato come Flysch Numidico Esterno. Questa formazione era originariamente la copertura delle Ionidi e della Piattaforma Carbonatica Panormide, mentre il sovrastante orizzonte, le Subunità di Nicosia e M.Salici, rappresenta il termine esterno del Flysch Numidico, e può essere interpretato come parte dell'originaria copertura della Tetide Alpina. La sedimentazione quarzosa, tipica del Flysch Numidico, cessa ovunque alla fine del Burdigaliano, e le argille marnose della Formazione Taverna (Unità Imerese) o le argille limose della Formazione delle Marne di Castelbuono (Unità Panormide), si depositano.

5.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

L'abitato di Trapani rientra nel complesso geologico della Sicilia occidentale, caratterizzato da tratto di Catena Maghrebide Auct. affiorante nella Sicilia occidentale, il quale si è strutturato tra il Miocene ed il Pliocene mediante la sovrapposizione di tre gruppi principali di unità tettoniche con geometrie di tipo ramp-flat generalmente vergenti verso i quadranti meridionali..

Il più basso dei suddetti gruppi deriva dalla deformazione di successioni carbonatiche e silicoclastiche meso-cenozoiche con caratteristiche di piattaforma carbonatica, riferibili al Dominio Trapanese Auct., quello intermedio dalla deformazione di successioni carbonatiche meso-cenozoiche con caratteristiche di piattaforma carbonatica, di margine di piattaforma e terrigene di scarpata, riferibili al Dominio Panormide Auct., mentre quello più elevato dalla deformazione di successioni carbonatiche e silicoclastiche cretacico-mioceniche con caratteristiche di bacino e di margine di piattaforma, riferibili al Dominio Prepanormide Auct.

L'area in studio è costituita dai terreni appartenenti alle Successioni Meso-Cenozoiche del dominio Prepanormide, in particolare dai depositi clastico-carbonatici, costituiti di marne, calcari, biocalcareni con passaggi ad intervalli arenacei. Depositi recenti ed attuali si rinvengono, invece, nelle aree di fondovalle rappresentati da depositi alluvionali.

Secondo l'ordine di sovrapposizione stratigrafica la serie dei terreni presenti nel territorio di interesse, dal basso verso l'alto, è data da:

- Litofacies marnose-calcaree-arenacee: Si tratta di marne e calcilutiti, con intercalazioni di arenarie, banchi di calcareniti e calciruditi glauconifere e bioclastiche a base generalmente erosiva. Il contenuto fossilifero (foraminiferi planctonici tra cui *Globigerina binaiensis*, *Globorotalia opima nana*, *Globorotalia opima opima...*) è indicativo dell'intervallo Oligocene Superiore – Miocene Medio. Ambiente deposizionale compreso tra piattaforma esterna e la base della scarpata.
- Depositi alluvionali: Comprendono i depositi alluvionali attuali, ubicati lungo gli alvei dei corsi d'acqua principali, i depositi alluvionali recenti terrazzati siti poco al di sopra degli attuali alvei principali. Si tratta di rocce prevalentemente sciolte costituite di limo, limo sabbioso, sabbia, sabbia limosa e ghiaia poligenica a spigoli arrotondati con giacitura sub-orizzontale ed assetto lenticolare embricato.

In particolare, nell'area di stretto interesse l'area ricade in una formazione formata da depositi alluvionali recenti terrazzati. La coltre superficiale che intereressa il volume significativo progettuale, come dimostrano i sondaggi effettuati, è rappresentata prevalentemente da una coltre limo argillosa a luoghi debolmente sabbiosa.

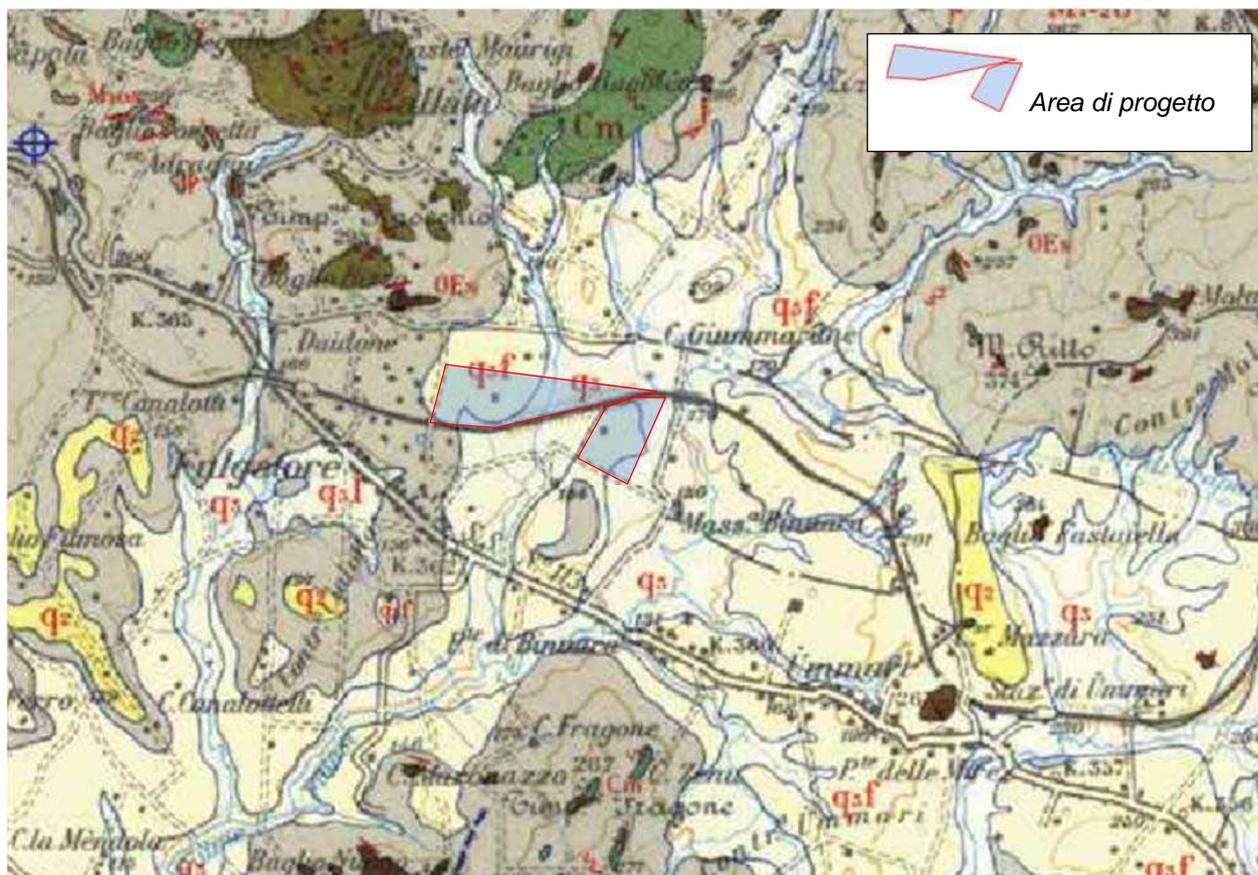
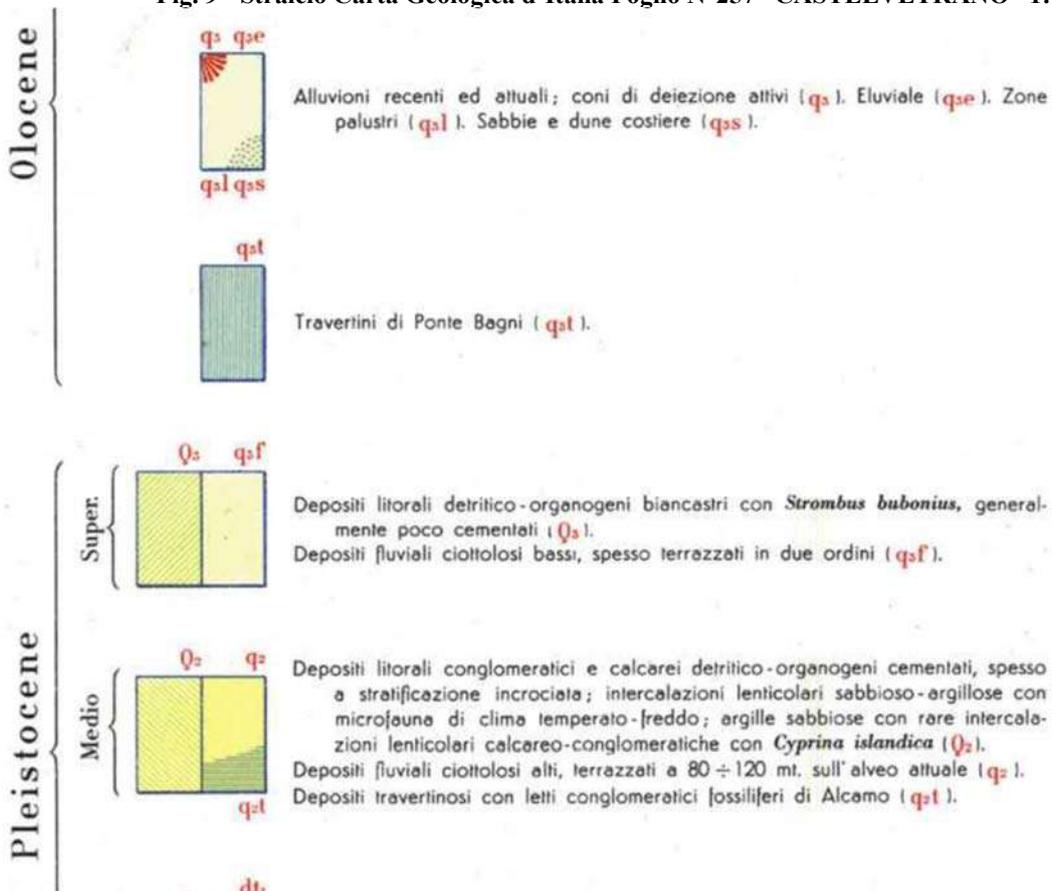


Fig. 9 - Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio N°257 "CASTELVETRANO" 1:100.000.



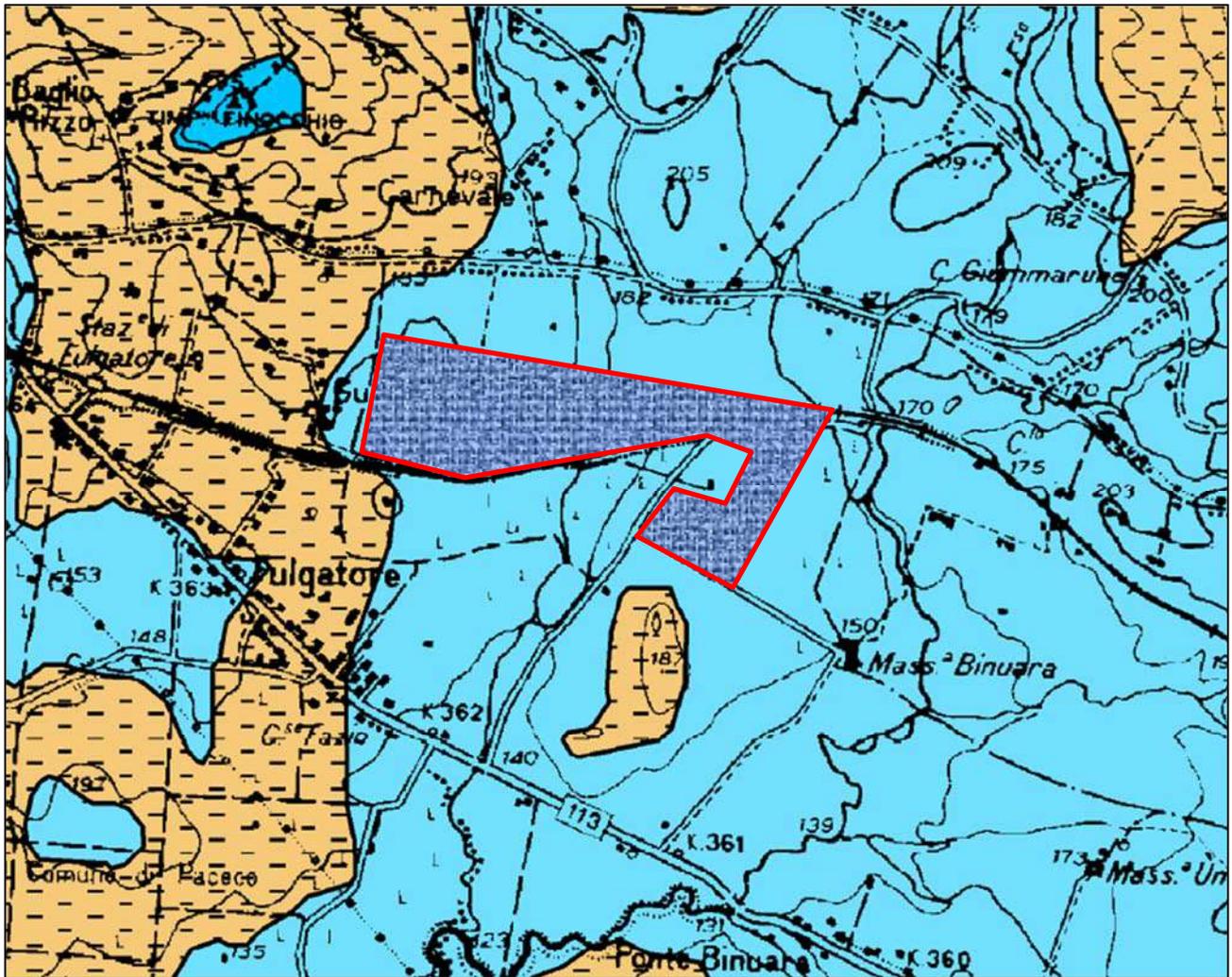
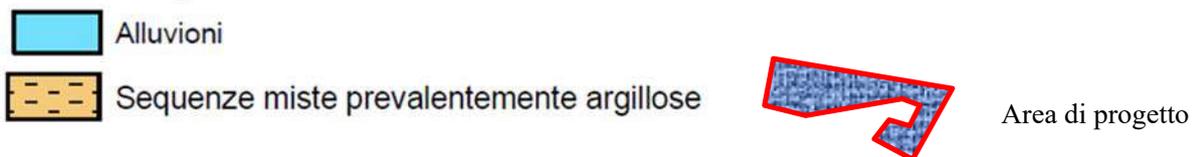


Fig. 10 - CARTA LITOLOGICA P.A.I. BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BIRGI



6.0 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

In linea generale, la configurazione geomorfologica dell'ambito territoriale in cui ricade il sito è contraddistinta da pochi e semplici elementi morfotipici: modeste distese alluvionali pianeggianti corrispondenti agli alvei, ondulazioni collinari che delimitano le litologie marnoso-arenacee e che si elevano generalmente nell'ordine di qualche centinaia di metri.

I processi morfodinamici prevalenti nell'area in studio vedono come agente dominante l'acqua, sia per quanto riguarda i processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque selvagge, che per i processi di erosione e/o sedimentazione operate dalle acque incanalate. Sono essenzialmente i processi fluviali e quelli di versante, quindi, quelli che hanno esplicitato e tutt'ora esplicano un ruolo fondamentale nell'evoluzione geomorfologica dell'area.

Per quanto i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta organizzato in maniera abbastanza indipendente da discontinuità iniziali, con un pattern molto articolato di tipo dendritico, come desumibile dal rilievo aerofotogrammetrico. Tale quadro è indicativo, infatti, di una prevalente presenza di materiali fini omogenei ed, in genere, impermeabili, tenuto conto che le linee di

drenaggio si sviluppano in massima parte su terreni di natura argillosa.

Le incisioni fluviali presentano una sezione trasversale a V piuttosto allargata essendo preponderanti i fenomeni di versante rispetto all'erosione di fondo.

L'area in esame è praticamente subpianeggiante caratterizzata da una pendenza di circa 2-3%, tale caratteristica conferisce una totale stabilità idrogeologica e geomorfologica, infatti, l'area risulta stabile, anche dalla cartografia reperita (Fig.10-11) e non è classificata a rischio idraulico e a rischio frane; i processi morfogenetici si limitano solo all'azione erosiva di tipo areale esercitata dalle acque meteoriche, le quali, vengono drenate e convogliate nei recapiti naturali e dai canali presenti su tutta la zona circostante.

Tuttavia, durante le precipitazioni gli orizzonti pelitici superficiali possono generare accumuli freatici modificando le caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali, per cui, si consiglia di realizzare un adeguato sistema di regimazione delle acque intorno a tutte le strutture di progetto con canali e drenaggi affinché le acque possono essere convogliate nei reticoli principali di deflusso naturale.

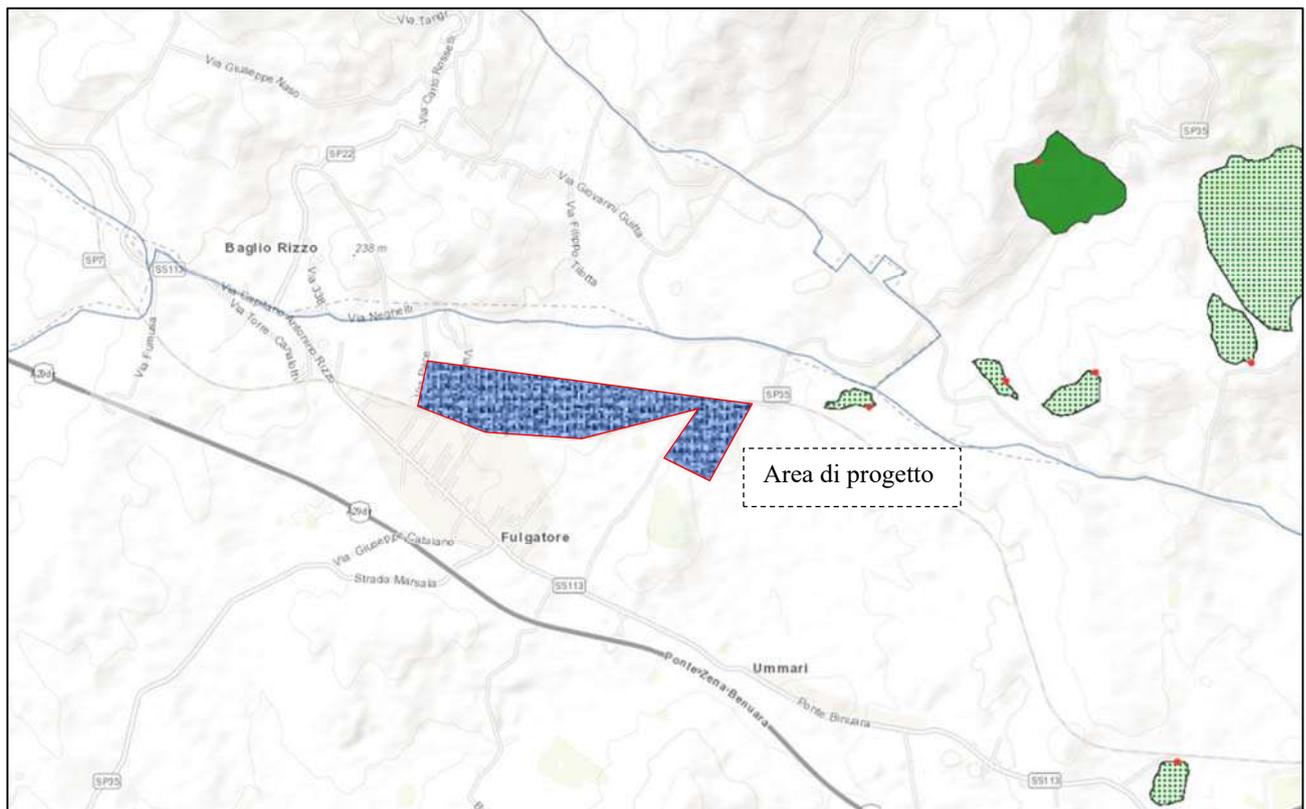
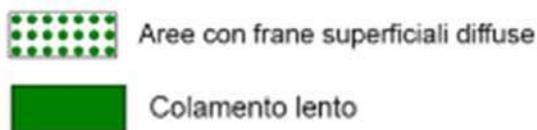


Fig. 11 - Stralcio piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico – Carta Inventario Fenomeni Franosi IFFI



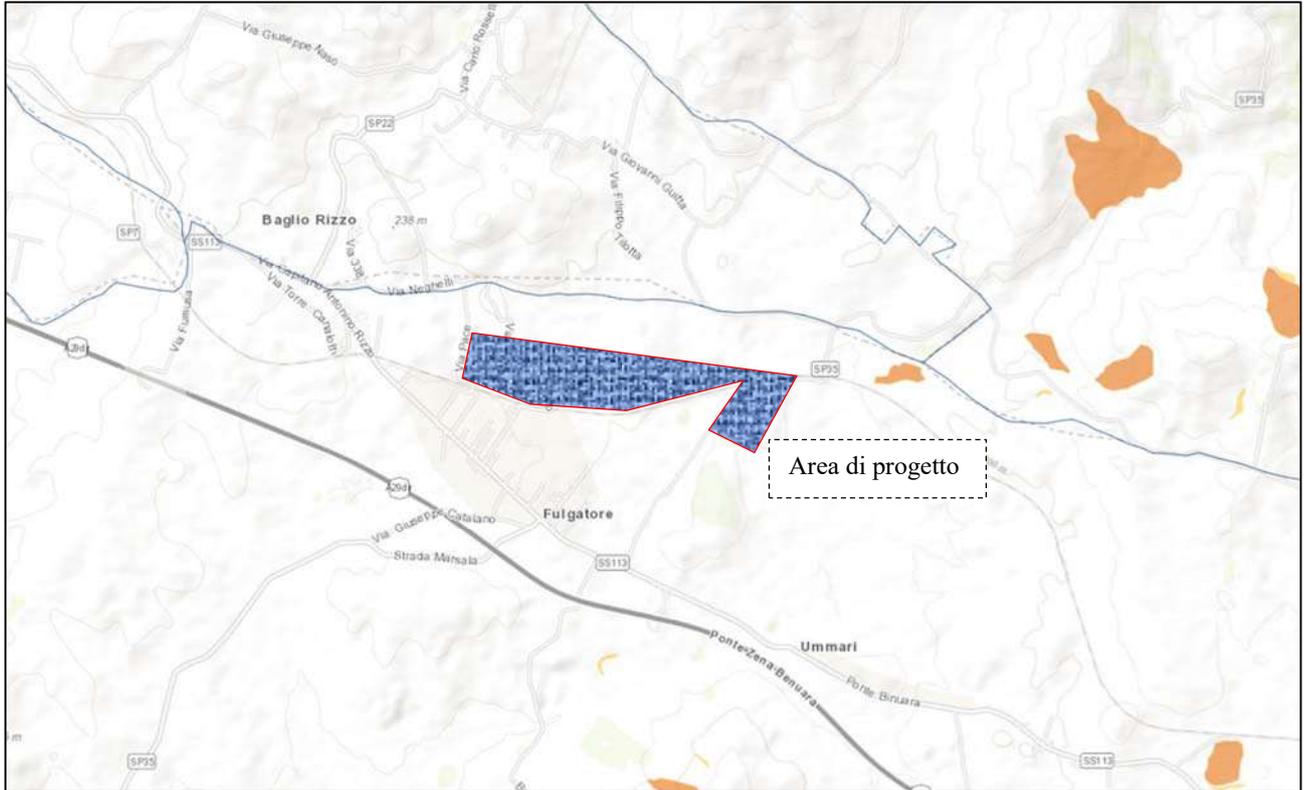


Fig. 12 - Stralcio piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico – Pericolosità e Rischio Frane e Alluvione

Frane	TERRITORIO
Molto Elevata P4	0,005 (0,013 %)
Elevata P3	0,128 (0,331 %)
Media P2	0,45 (1,162 %)
Moderata P1	0,321 (0,829 %)
Aree Attenzione AA	0,006 (0,015 %)
P4 + P3	0,133 (0,343 %)

Alluvioni*	TERRITORIO
Scenario P3 Tr. 20-50 anni	0 (0 %)
Scenario P2 Tr. 100-200 anni	0 (0 %)
Scenario P1 Tr. 300-500 anni	0 (0 %)

7.0 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrografia si sviluppa con brevi e rade aste che delineano dei pattern di tipo dendritico poco gerarchizzati. I corsi d'acqua si sviluppano in un territorio caratterizzato da piccoli dislivelli e da un basamento marnoso-arenaceo, difficilmente erodibile. Per tale motivo essi non hanno potuto divagare generando valli molto ampie. I numerosi tributari dell'area confluiscono nel corso d'acqua principale: il Fiume Lenzi, che comunque è un corpo idrico di modesta entità e portata.

I sottili livelli sabbiosi ed arenacei contenuti nelle sequenze argillose costituiscono soltanto dei limitatissimi orizzonti permeabili e non sono in grado di modificare il comportamento impermeabile in grande della formazione pelitica. Nell'area in studio l'unico acquifero che può rivestire una certa importanza è rappresentato dalle più rare litologie arenaceo-calcaree.

Dai sondaggi effettuati le caratteristiche idrogeologiche dei terreni in disamina possono generare accumuli freatici superficiali sospesi durante le precipitazioni meteoriche che drenate dalla coltre superficiale vengono tamponate dal substrato sottostante argilloso relativamente

meno permeabile. Tale condizione, in assenza di un adeguato sistema di regimazione, i parametri geomeccanici di questi terreni vengono aggravati dalla stessa acqua di percolazione, la quale, penetrando tra i granuli della coltre e dei litotipi sottostanti, favorisce l'aumento della tensione capillare e l'asportazione della frazione fine con conseguente diminuzione della coesione e dell'angolo di attrito interno, parametri indispensabili al mantenimento della loro stabilità. Pertanto è indispensabile che la progettazione preveda un adeguato sistema di regimazione intorno a tutte le strutture di progetto con canali e drenaggi affinché le acque possano essere convogliate nei reticoli naturali di deflusso. Tale sistema eviterà così anche risalite di umidità per capillarità e darà maggiore stabilità all'intera opera di progetto.

8.0 VINCOLO IDROGEOLOGICO R. D. n°3267 del 30/12/1923

L'area interessata dall'intervento è classificata in aree dove non persiste il vincolo idrogeologico in ottemperanza al R. D. n°3267 del 30/12/1923, alla L. R. n°13 del 28/02/1987 ed alla L. R. n°11 del 07/05/1996.

L'intervento, comunque, risulta di modesta entità, non prevede movimenti di terreno, la topografia dell'area non verrà modificata e può, sicuramente, essere considerato, non come fattore alterante ma, bensì, come elemento di integrazione controllata che non modifica gli equilibri idrogeologici e geomorfologici attuali, inoltre, la circolazione idrica superficiale sarà convogliata nei reticoli naturali a valle attraverso un adeguato sistema di regimazione idraulica e i terreni non subiranno denudazioni o perdita di stabilità, per cui, l'area risulta garantire un regolare convogliamento delle acque meteoriche anche verso i terreni sottostanti mantenendo inalterato l'attuale equilibrio idrogeologico.

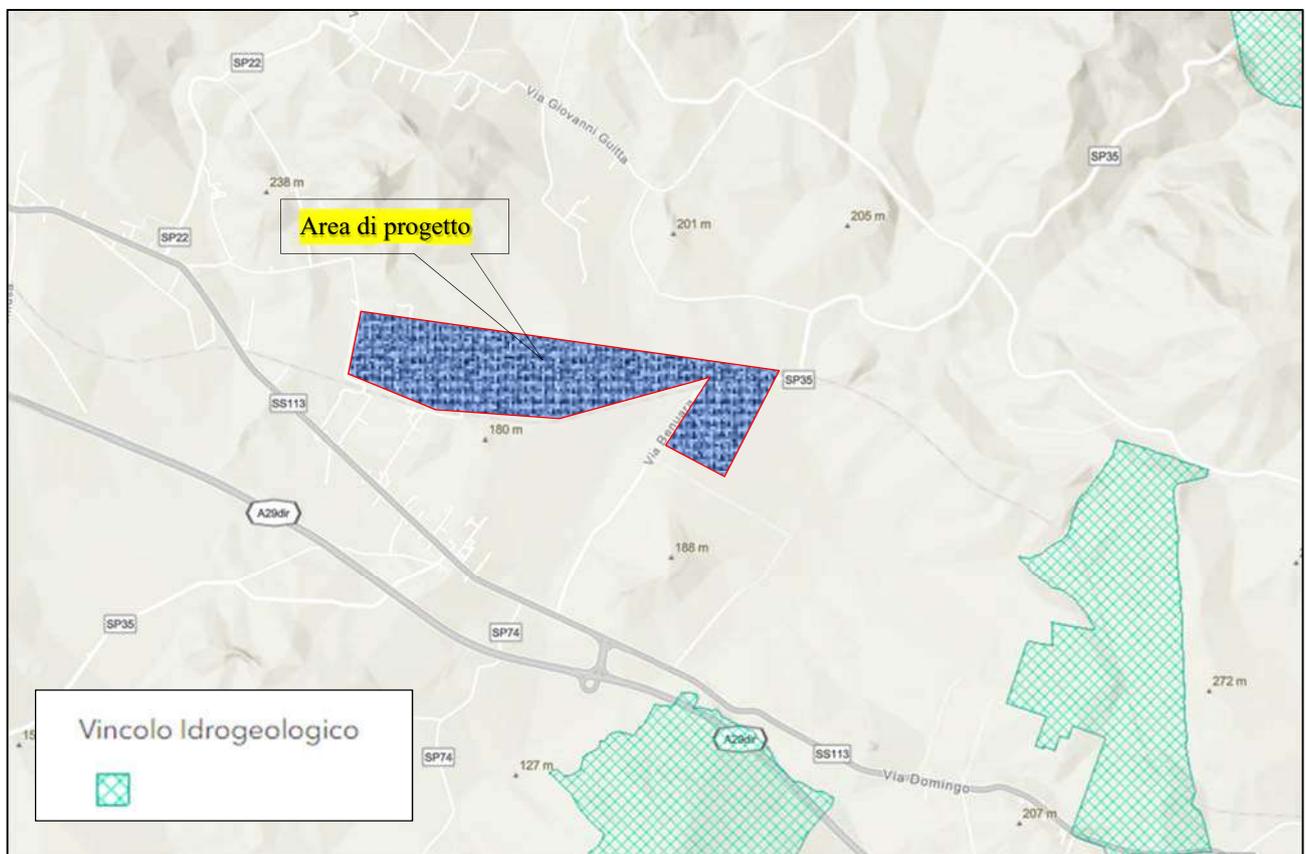


Fig. 13 - Carta del vincolo Idrogeologico R. D. n. 3267 del 30 dicembre 1923 e con il R. D. n. 1126 del 16 maggio 1926

9.0 RISCHIO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico è stata avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Così con il P.A.I. viene effettuata la perimetrazione delle aree a rischio, in particolare, dove la vulnerabilità si connette a gravi pericoli per le persone, le strutture ed infrastrutture ed il patrimonio ambientale e vengono altresì definite le norme di salvaguardia. Tutto ciò al fine di pervenire ad una puntuale definizione dei livelli di rischio e fornire criteri e indirizzi indispensabili per l'adozione di norme di prevenzione e per la realizzazione di interventi volti a mitigare od eliminare il rischio.

Dal rilevamenti geologico e dalle consultazioni delle carte del PAI Sicilia si evince che l'area indagata appartiene al bacino idrografico del fiume **Birgi** e, nello specifico, dove saranno disposti i moduli fotovoltaici, non è classificata ad alto rischio idrogeologico e gli interventi, di modesta entità, non andranno a modificare l'attuale equilibrio idrogeologico non rientra in nessun rischio o pericolosità da frana e/o idraulico.

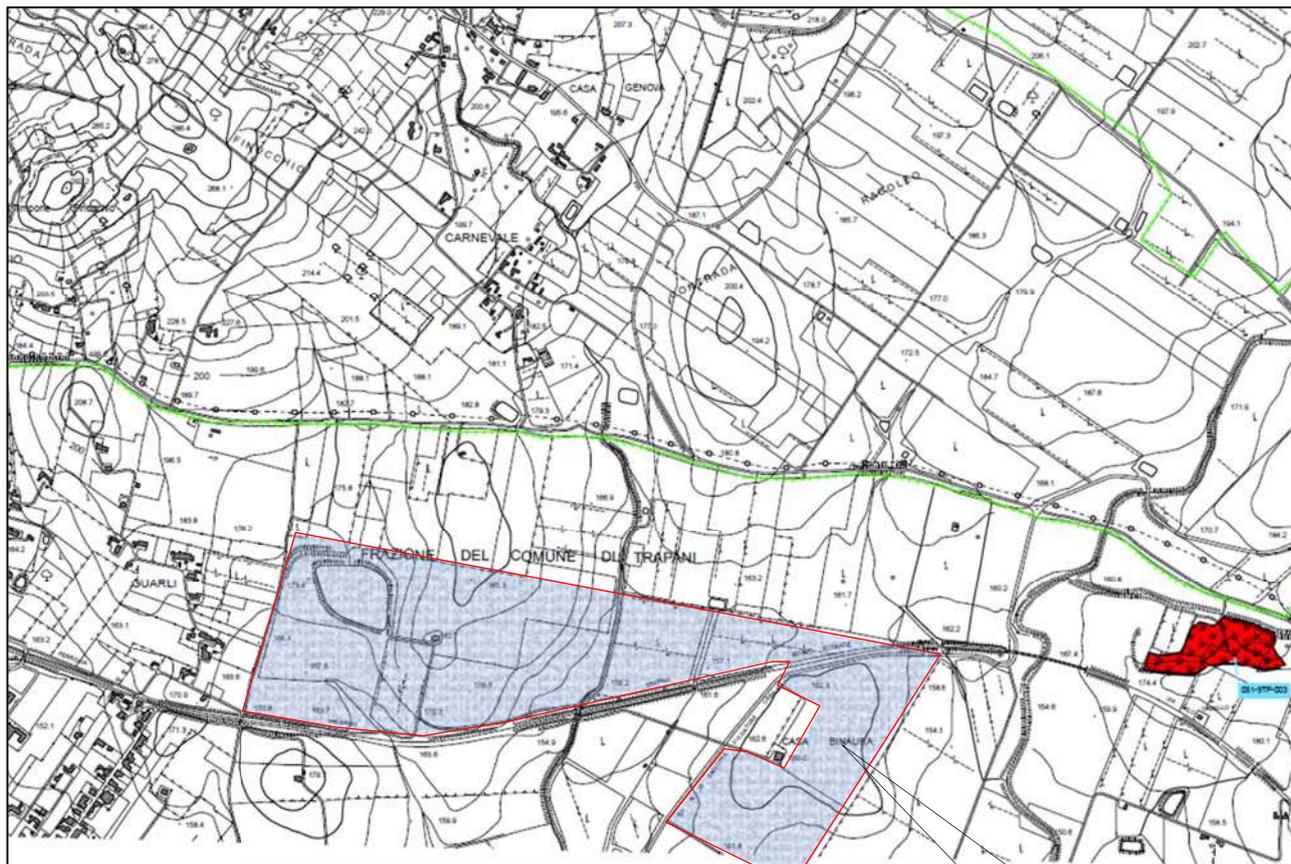
Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051)



Dalla consultazione della cartografia delle aree a rischio idrogeologico si evince che l'area di progetto non ricade in nessun rischio e/o pericolosità sia da frana che idraulico.

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	<i>AREA NON A PERICOLOSITA' E RISCHIO GEOMORFOLOGICO</i>
CARTA GEOMORFOLOGICA DEI DISSESTI	<i>AREA NON PERIMETRATA</i>
PERICOLOSITA' IDRAULICA	<i>AREA NON PERIMETRATA</i>
RISCHIO IDRAULICO	<i>AREA NON A RISCHIO IDRAULICO</i>
SITI DI ATTENZIONE IDRAULICA	<i>AREA NON PERIMETRATA</i>
ESONDAZIONE IDRAULICA	<i>AREA NON PERIMETRATA</i>

CARTA DEI DISSESTI AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME BIRGI



Area di progetto

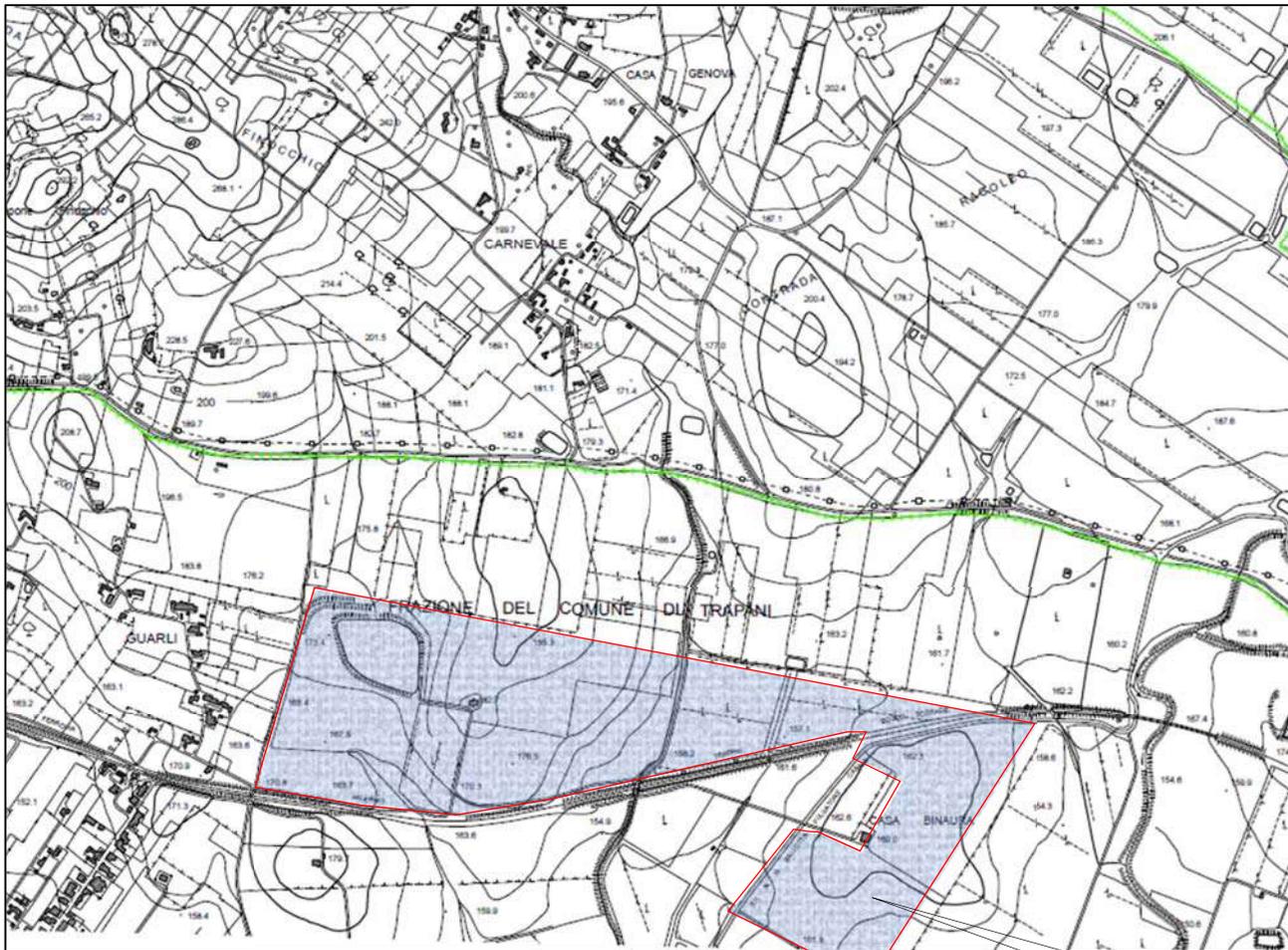
FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata

STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente
- Limite bacino idraulico
- Limite bacino idrografico
- Limite comunale

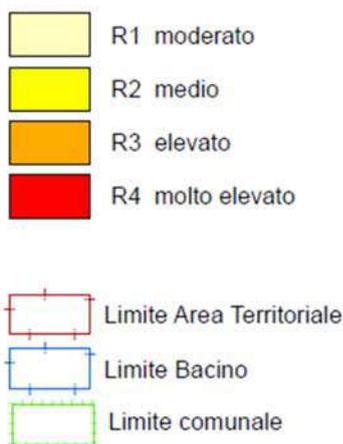
CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME BIRGI



LIVELLI DI PERICOLOSITA'



LIVELLI DI RISCHIO



Area di progetto

10.0 PROGRAMMA INDAGINI E PROVE PROGRAMMATE

Le indagini sono state effettuate per avere informazioni sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni oggetto d'intervento. Essi consistono in n.5 sondaggi penetrometrici dinamici DPSH, entro cui sono stati prelevati n.2 campioni di terreno per le analisi da laboratorio, e n.1 prospezioni sismiche M.A.S.W. per la caratterizzazione sismica dei terreni (NTC2018). Si precisa che la tipologia e il numero di indagini effettuate è da ritenersi idoneo all'opera a farsi in quanto hanno fornito un quadro completo sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione.



Sondaggio DPSH – P1



Sondaggio DPSH – P2



Sondaggio DPSH – P3



Sondaggio DPSH – P4



Sondaggio DPSH – P5



Prelievo campioni di terreno



Prospezione sismica MASW 1



Prospezione sismica MASW 2

UBICAZIONE SONDAGGI SU ORTOFOTO

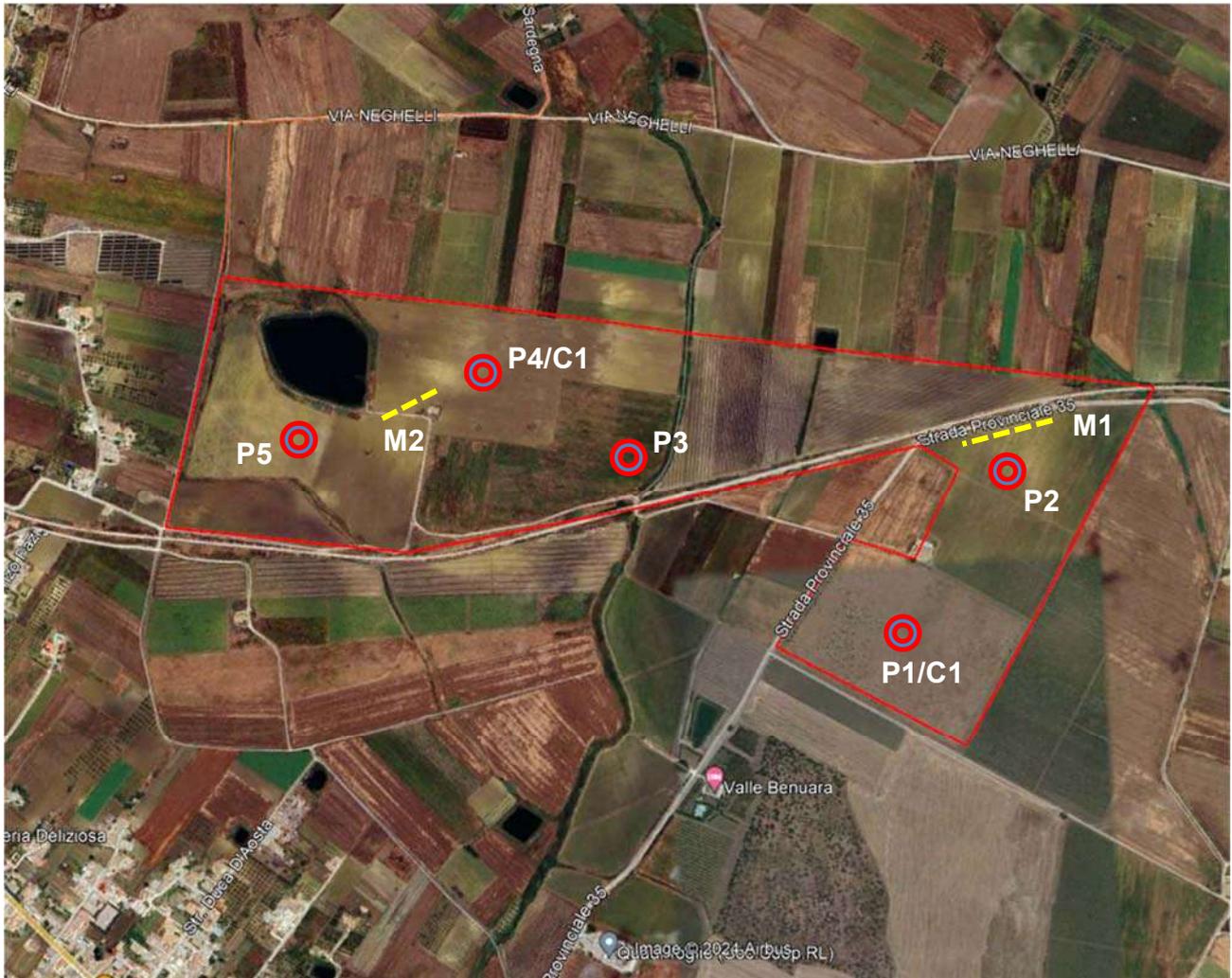


Fig. 14 - Ubicazione sondaggi DPSH (Ortofoto Satellitare – Google Earth)

11.0 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

I sondaggi penetrometrici DPSH sono stati spinti fino a un massimo di circa 7.00 metri di profondità rispetto al piano campagna. La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati.

CARATTERISTICHE TECNICHE D.P.S.H. GEO DEEP DRILL 63

MARCA GEO DEEP DRILL MODELLO DPSH63-75 MATR. 02/2022/124 Costruzione Febbraio 2022			
Rif. Norme	DIN 4094	Peso aste a metro	5,5 Kg/m
Peso Massa battente	63,5 Kg	Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Altezza di caduta libera	0,75 m	Avanzamento punta	0,20 m
Peso sistema di battuta	0,6 Kg	Numero colpi per punta	N(20)
Diametro punta conica	50,96 mm	Coeff. Correlazione	1,479
Area di base punta	20,4 cm ²	Rivestimento/fanghi	No
Lunghezza delle aste	1m	Angolo di apertura punta	90°

L'interpretazione delle prove penetrometriche ha permesso di individuare, dunque, nell'ambito del volume di terreno investigato (volume significativo), i relativi profili litostratigrafici di seguiti descritti

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, il profilo penetrometrico è stato suddiviso in tratti a carattere omogenei distinti e, per ciascun tratto, sono state valutate le rispettive caratteristiche fisico-meccaniche valutando i parametri desunti dall'elaborazione dei dati acquisiti.

La coltre di terreno vegetale arato non è stato considerato nei calcoli ed è inglobato nel primo strato.

Durante i sondaggi i clasti rocciosi hanno mostrato numeri di colpi elevati, ma sono stati esclusi nella media stratigrafia NSPT.

SONDAGGIO PENETROMETRICO P1

<u>STRATO 1 0,00 – 3.20</u>	Limo argilloso con presenza di strati limo argillosi debolmente sabbiosi
<u>STRATO 2 3.20 – 3.80</u>	Sabbia in matrice limosa con ghiaia poligenica ed eterometrica

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI P1

STRATO	NSPT Media	Spessore (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	5.66	3.20	1.79	1.88	27.2	0.14	0.28	56.60	59.52	0.38
2	16.27	0.80	2.08	2.29	31.4	0.03	0.06	162.70	167.74	0.31

SONDAGGIO PENETROMETRICO P2

<u>STRATO 1 0,00 – 3.20</u>	Limo argilloso con presenza di strati limo argillosi debolmente sabbiosi
<u>STRATO 2 3,20 – 4.40</u>	Sabbia in matrice limosa con ghiaia poligenica ed eterometrica

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI P2

STRATO	NSPT Media	Spessore (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	6.26	3.20	1.82	1.89	28	0.16	0.31	62.60	65.64	0.37
2	22.48	1.20	2.11	2.16	33.5	0.02	0.05	224.80	231.07	0.30

SONDAGGIO PENETROMETRICO P3

<u>STRATO 1 0,00 – 5.20</u>	Limo argilloso con presenza di strati limo argillosi debolmente sabbiosi
<u>STRATO 2 5.20 – 7.40</u>	Sabbia in matrice limosa con ghiaia poligenica ed eterometrica

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI P3

STRATO	NSPT Media	Spessore (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	5.65	5.20	1.79	1.88	24	0.14	0.28	56.50	59.42	0.39
2	11.24	2.20	2.00	2.20	29.3	0.04	0.08	112.40	116.43	0.33

SONDAGGIO PENETROMETRICO P4

<u>STRATO 1 0,00 – 4.20</u>	Limo argilloso con presenza di strati limo argillosi debolmente sabbiosi
<u>STRATO 2 4.20 – 6.00</u>	Sabbia in matrice limosa con ghiaia poligenica ed eterometrica

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI P4

STRATO	NSPT Media	Spessore (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	7.57	4.20	1.88	1.90	25.4	0.19	0.38	75.70	79.00	0.37
2	14.58	1.80	2.06	2.27	30.7	0.03	0.06	145.80	150.50	0.32

SONDAGGIO PENETROMETRICO P5

<u>STRATO 1 0,00 – 3.60</u>	Limo argilloso con presenza di strati limo argillosi debolmente sabbiosi
<u>STRATO 2 3.60 – 5.00</u>	Sabbia in matrice limosa con ghiaia poligenica ed eterometrica

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI P5

STRATO	NSPT Media	Spessore (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	6.12	3.60	1.82	1.89	25.4	0.15	0.31	61.20	64.21	0.37
2	12.08	1.40	2.02	2.22	29.7	0.04	0.08	120.80	125.00	0.33

12.0 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'analisi ed il confronto dei dati così conseguiti, dalla campagna geognostica, hanno permesso, in particolare, di delineare l'assetto geologico strutturale dell'area, le varie successioni litostratigrafiche e le condizioni fisico-meccaniche dei terreni nell'ambito geomorfologico significativo. Analizzando i dati desunti dai sondaggi, le analisi di laboratorio, accorpando terreni con simili caratteristiche litologiche e geomeccaniche, sono stati individuati i principali strati rappresentanti il volume geotecnico del sottosuolo relativo all'area oggetto dei lavori. La tabella seguente rappresenta un modello geotecnico dove sono stati inseriti i dati delle analisi di laboratorio effettuati sui campioni prelevati e i valori minimi riscontrati in tutti i sondaggi effettuati.

STRATO	DH (m)	Gam [t/m ³]	Gams [t/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni
1	Min. 3.20 Max 5.20	1.84	1.9	26.61	0.133	0.28	56.50	59.42	0.39
2	>2.20	2.00	2.20	29.3	0.04	0.08	112.40	116.43	0.33

(in rosso corrispondono i dati elaborati del laboratorio geotecnico) – certificato del laboratorio in allegato.
DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito;
c: Coesione drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; cu: Coesione non drenata.

13.0 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Questo capitolo tratta la modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito su cui è prevista la realizzazione del progetto di cui in premessa e quello della valutazione dell'effetto della risposta sismica di progetto mediante specifiche analisi.

La classificazione sismica dell'Italia è la suddivisione del territorio della Repubblica Italiana in specifiche aree, caratterizzate da un comune rischio sismico.

Attualmente la classificazione sismica del territorio italiano in zone è rimasta esclusivamente per aspetti statistici e amministrativi. Con la normativa entrata in vigore nel 2009 (NTC08), all'indomani del terremoto che interessò la città dell'Aquila, ai fini della progettazione antisismica, si usa una nuova metodologia di calcolo basata su un approccio statistico puntiforme. Ogni punto del territorio italiano è caratterizzato da un preciso valore di accelerazione al suolo (PGA o Accelerazione di picco al suolo) in funzione di un tempo di ritorno (ossia un valore probabilistico).

Secondo il provvedimento del 2003, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base alla PGA (*Peak Ground Acceleration*, cioè il picco di accelerazione al suolo) e per frequenza e intensità degli eventi, inoltre la classificazione dei comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi territoriali dalla regione di appartenenza o per variazioni statistiche significative nel lungo periodo:

- **Zona 1:** sismicità **alta** (PGA oltre 0,25 g);
- **Zona 2:** sismicità **medio-alta** (PGA fra 0,15 e 0,25 g);
- **Zona 3:** sismicità **medio-bassa** (PGA fra 0,05 e 0,15 g);
- **Zona 4:** sismicità **bassa** (PGA inferiore a 0,05 g).

L'Italia è una regione **altamente sismica**. Ad eccezione della Sardegna, di parte della Puglia, di parte della Val Padana e delle Alpi centro- occidentali, dove il rischio sismico è basso, l'intero territorio nazionale è soggetto a fenomeni medio-alti di sismicità.

Per individuare il rischio sismico delle diverse aree si effettua la zonazione del rischio sismico. Principalmente, tramite la zonizzazione vengono determinati i parametri per la progettazione degli interventi strutturali e sismici. Inoltre, dal punto di vista fiscale, le zone 1,2 e 3 permettono di accedere al **Sismabonus**, anche legato al **Super Sismabonus**. Gli edifici costruiti in **zona 4** non accedono alle detrazioni fiscali.

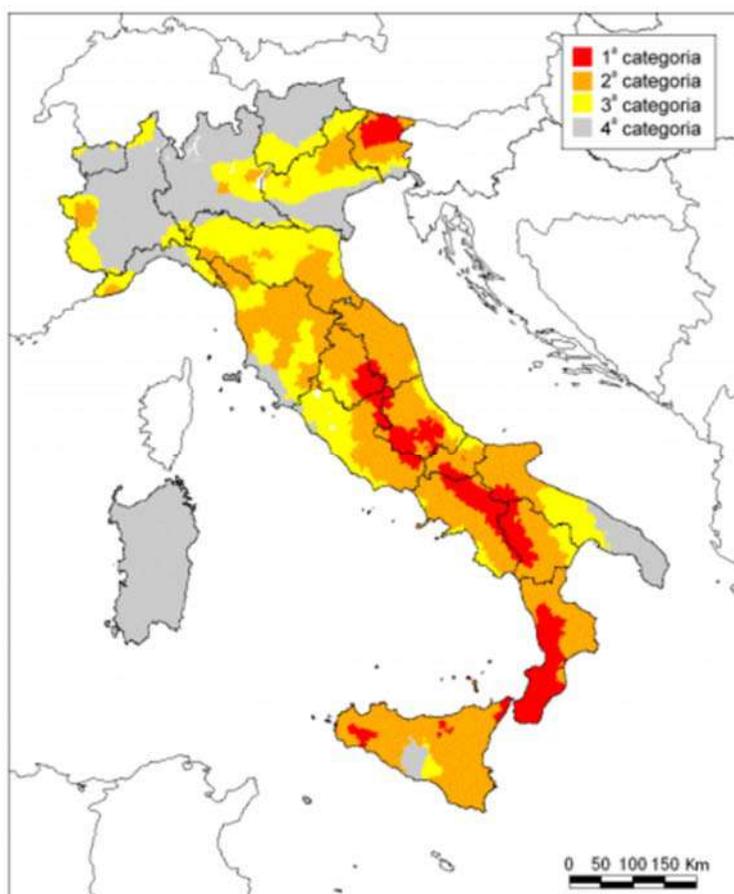
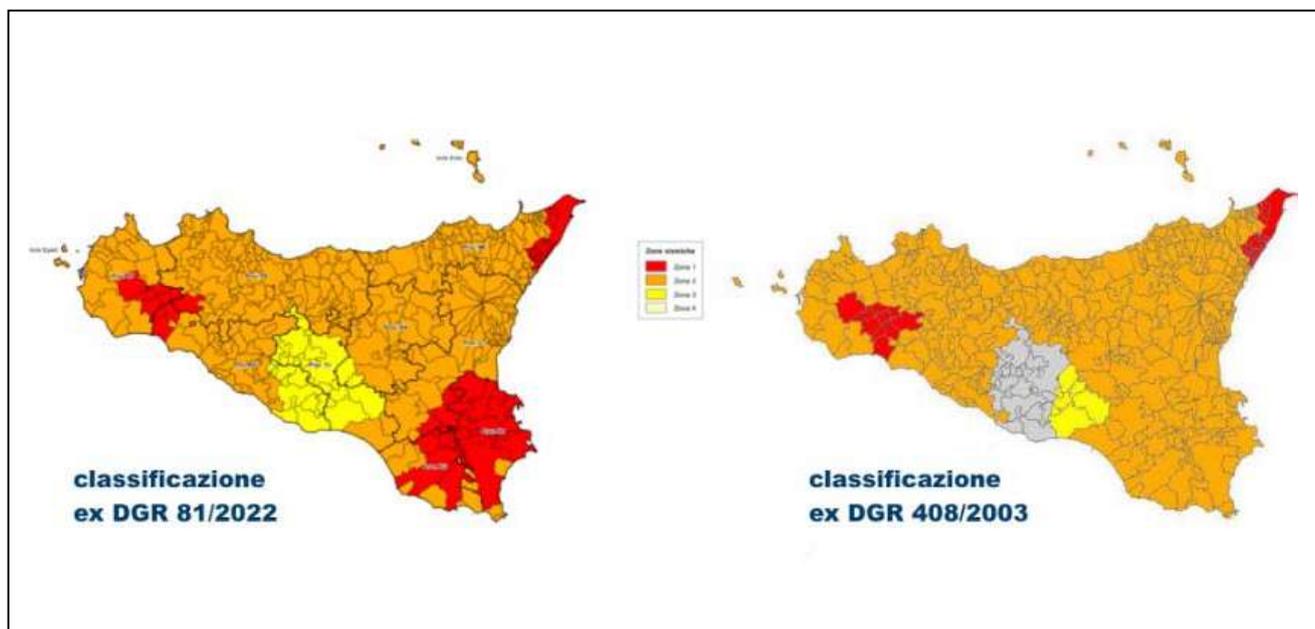


Fig. 15 - Zone sismiche 1, 2, 3, 4: classificazione nazionale agg. 2024

La corrispondenza fra queste diverse definizioni è riportata di seguito:

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S=12	prima categoria	zona 1
S=9	seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
non classificato	NC	zona 4

Zone sismiche	Rischio	Considerazioni
Zona 1	Alto	possono verificarsi forti terremoti;
Zona 2	Medio	possono verificarsi terremoti abbastanza forti;
Zona 3	Basso	possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4	Molto basso	possibilità di danni sismici sono basse.



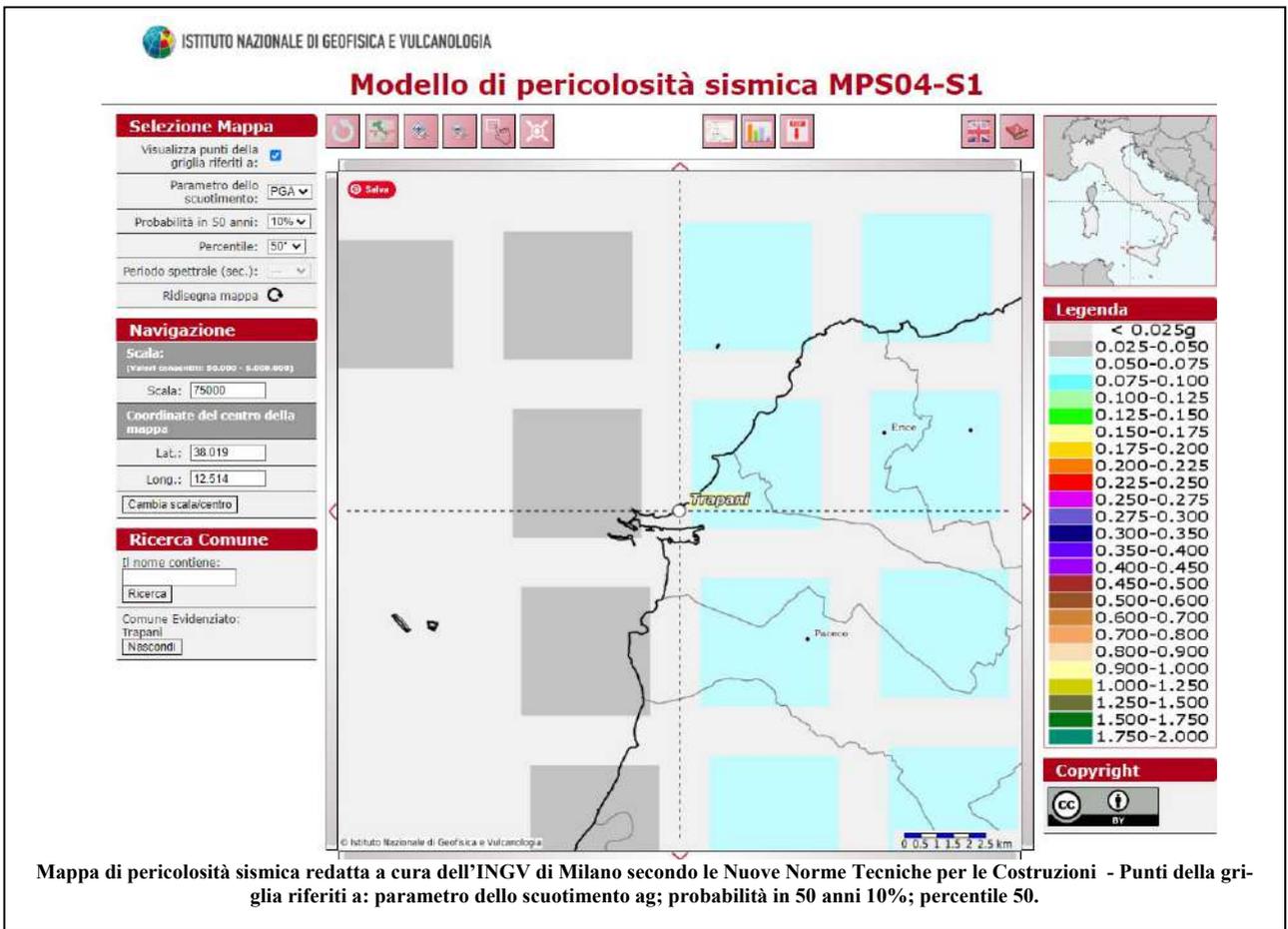
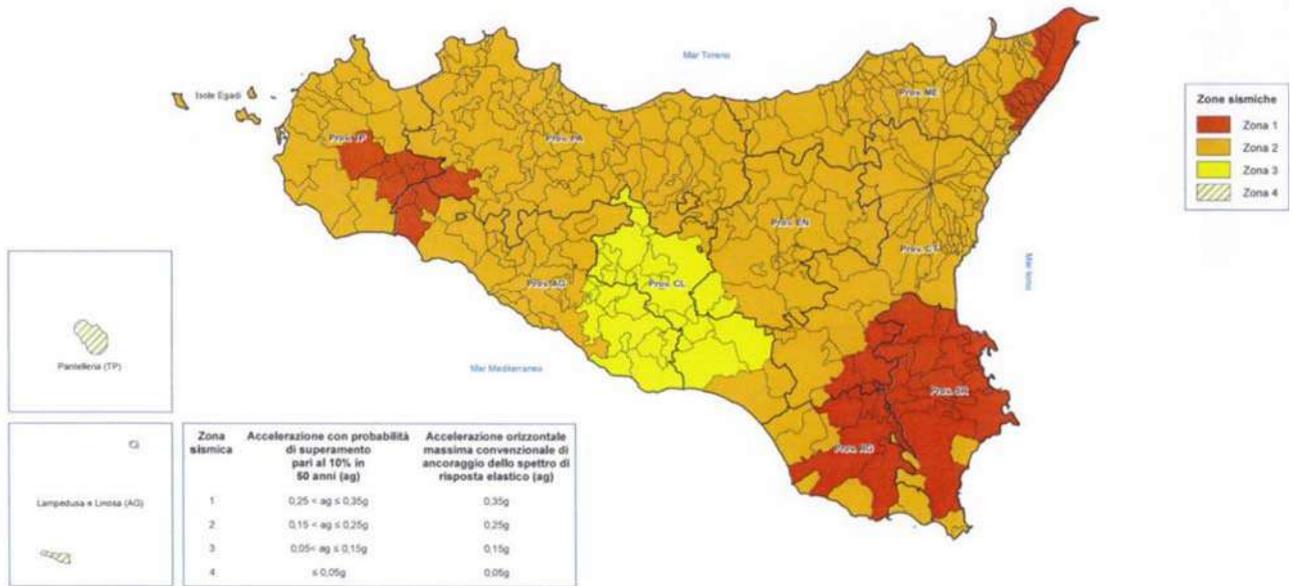
RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il territorio comunale di Trapani (TP) ricade in zona sismica (nuova classificazione) “zona 2” così come risulta dalla carta della macrozonazione sismica indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002.

ZONA SISMICA 2 ag=0.25g	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti
--	--

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, indica che il territorio comunale di Trapani rientra nelle celle contraddistinte da valori di ag di riferimento compresi tra 0.075 e 0.100 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



Coordinate (ED50) latitudine:37,954499

longitudine:12,708374

Punti di riferimento della griglia

Sito 1 ID: 46052

Lat: 37,9318 Lon: 12,6692 Distanza: 4269,597

Sito 2 ID: 46053

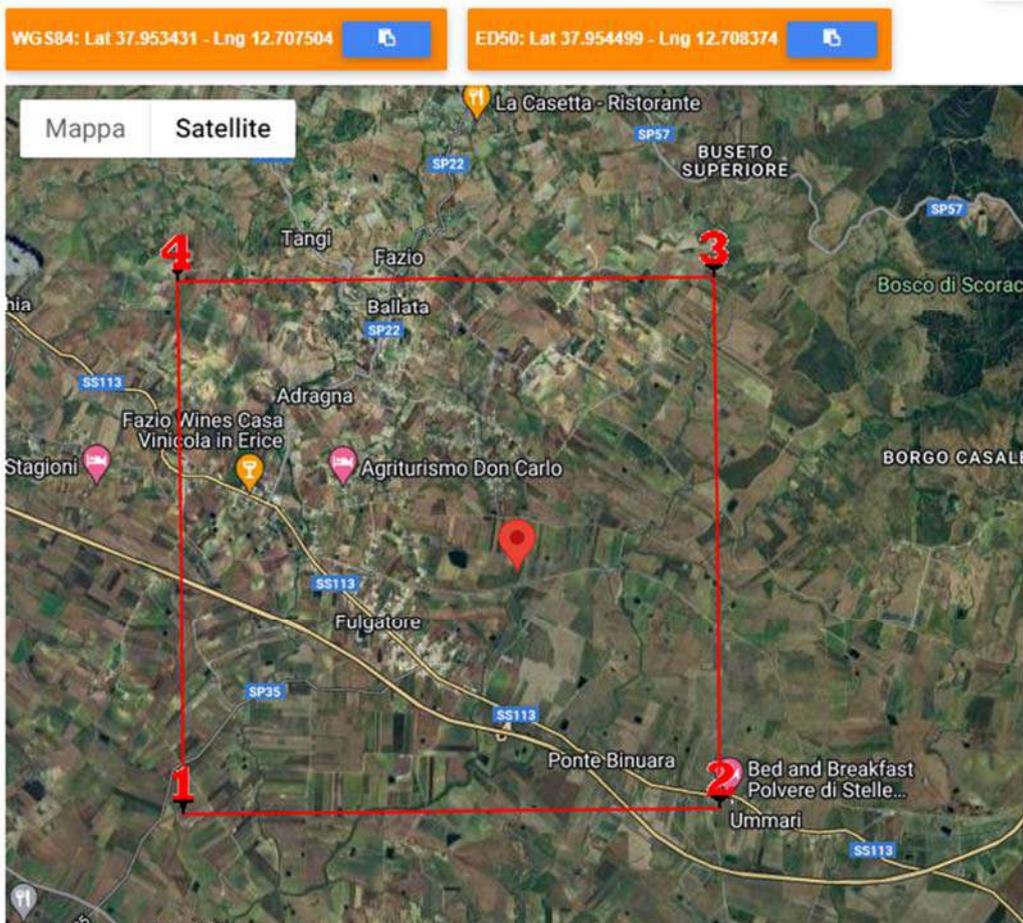
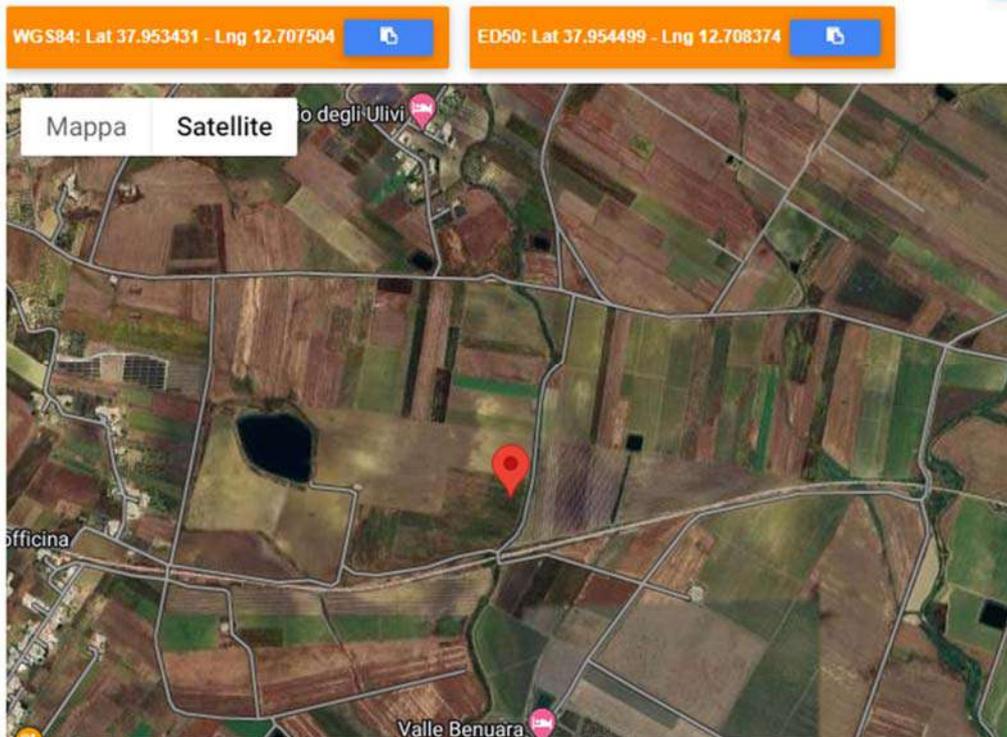
Lat: 37,9322 Lon: 12,7323 Distanza: 3247,519

Sito 3 ID: 45831

Lat: 37,9822 Lon: 12,7317 Distanza: 3699,912

Sito 4 ID: 45830

Lat: 37,9818 Lon: 12,6685 Distanza: 4625,980



RISPOSTA SISMICA DI PROGETTO

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_c(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vr} , nel periodo di riferimento V_r . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag: accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo: 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.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limiti di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella successiva tabella.

Stati limite		P _{vr} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _r
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In sito sono state effettuate due prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh), mediante l'utilizzo di sismografo **PASI GEA 24** matricola 18297 (24 bit 24 canali), con 12 geofoni elettromagnetici a bobina mobile con frequenza 4,5 hz, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa. È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

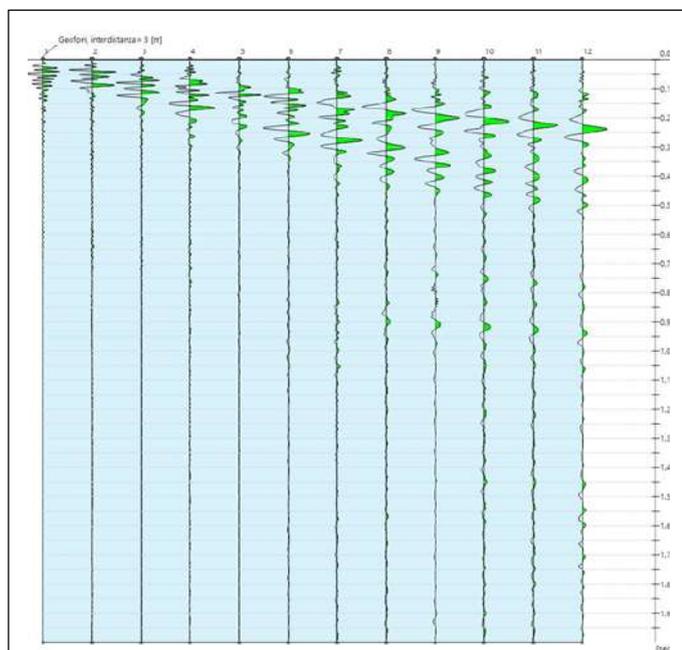
La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra quadrata in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 10Hz, posto in prossimità della piastra. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (4.5Hz) posizionati ogni 3 metri lungo il profilo di indagine per una lunghezza complessiva di 36 metri.

La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stato sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di oltre 30m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati utilizzando il software EASY MASW lite della Geostru, con numero di attivazione HW8EH-HLOL8-L1X9E-43PXS, che consente di analizzare i dati sismici acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

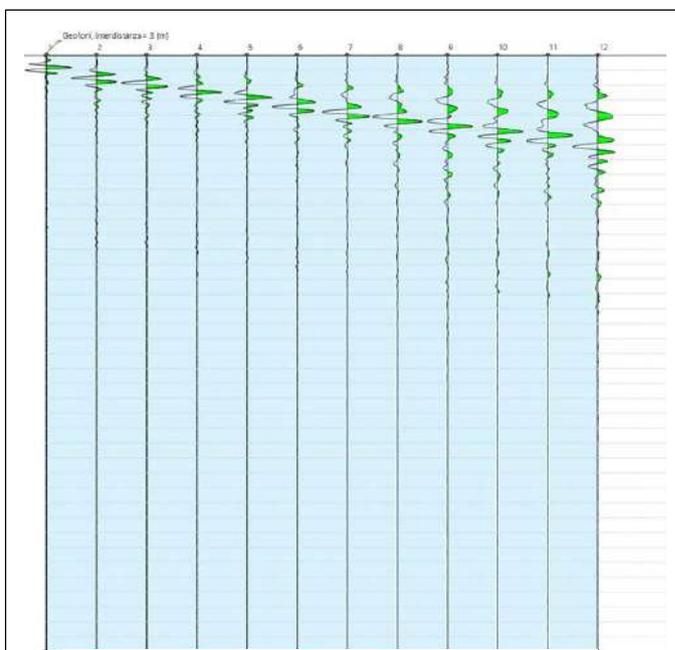
Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare, basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.1 e M.A.S.W.2



N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Tracce dei Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1



N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Tracce dei Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 2

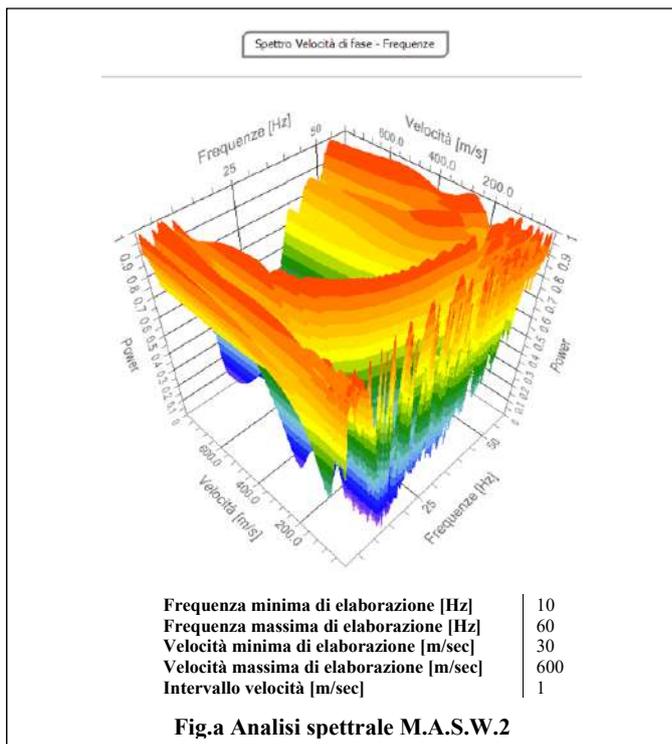
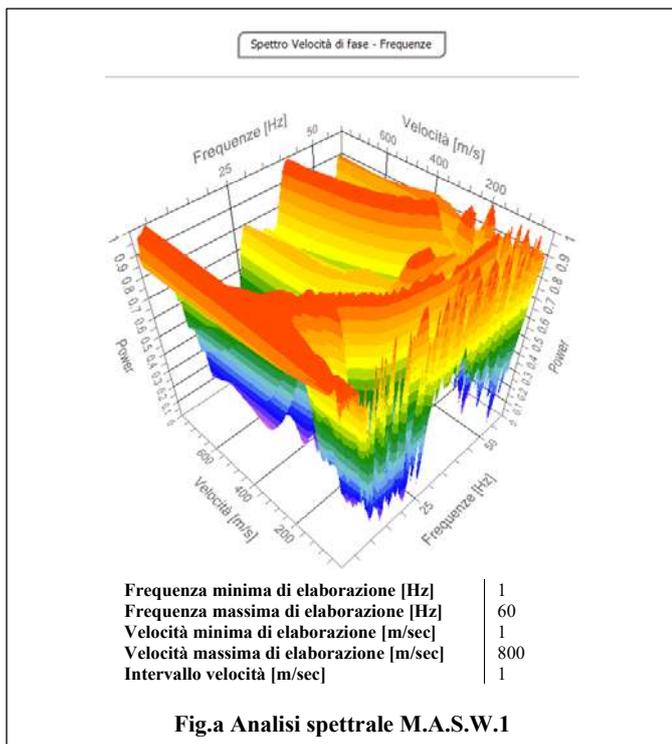
L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità (fig. a) dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

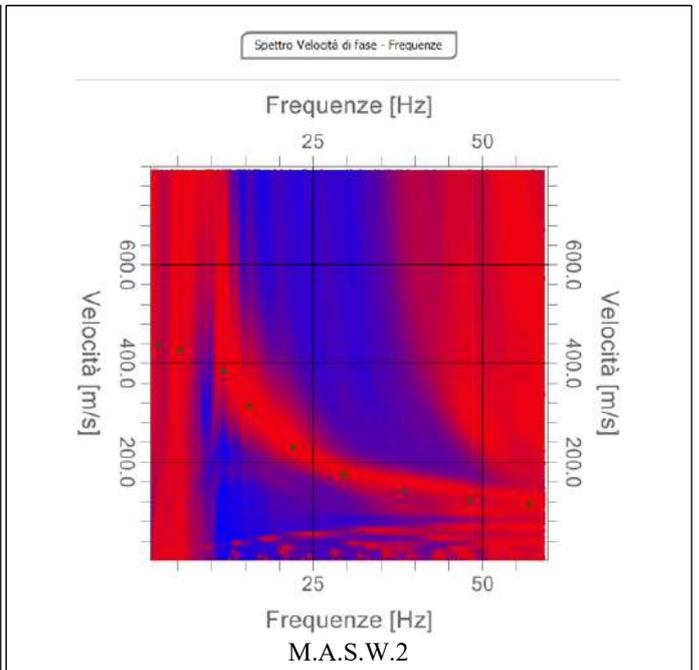
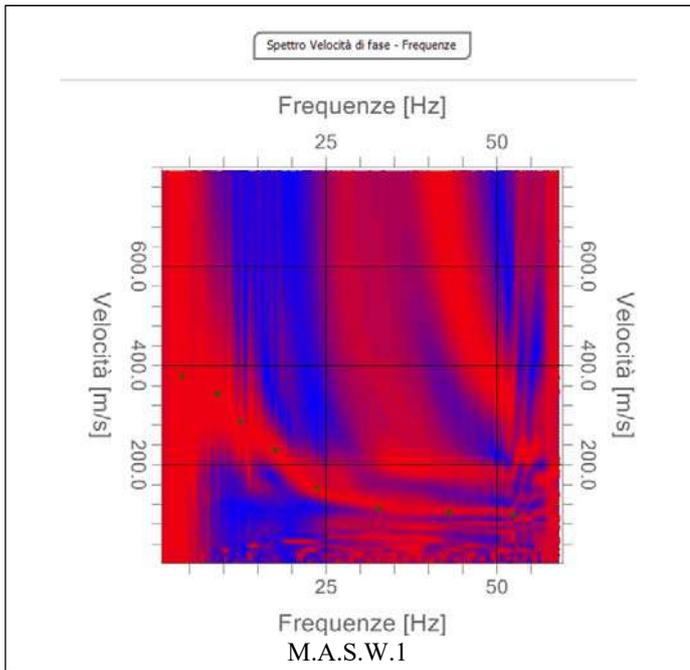
Curva di dispersione M.A.S.W.1

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	3.4	326.9
2	8.1	317.0
3	12.5	285.5
4	17.6	229.3
5	23.6	154.8
6	32.7	113.5
7	43.1	103.6
8	52.5	98.6

Curva di dispersione M.A.S.W.2

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	2.3	439.4
2	5.5	426.1
3	11.8	383.1
4	15.6	313.7
5	22.2	230.9
6	29.6	174.7
7	38.7	141.6
8	48.2	121.8
9	57.1	113.5



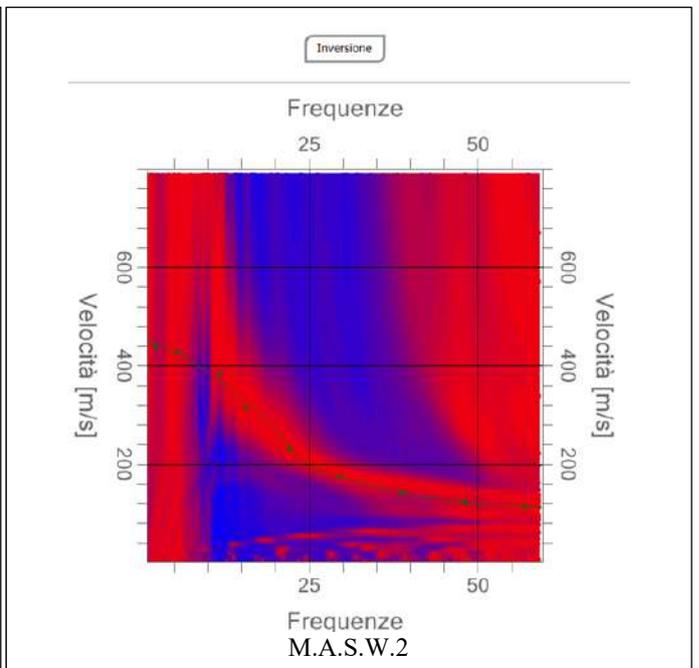
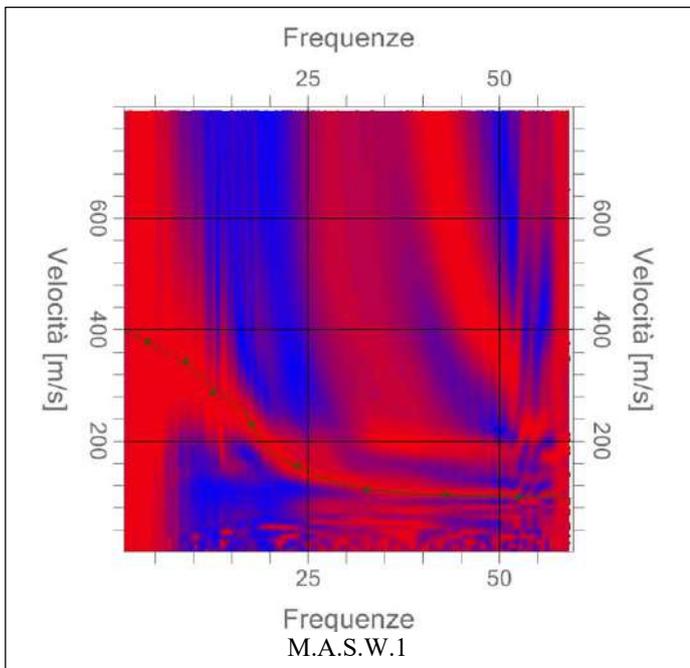


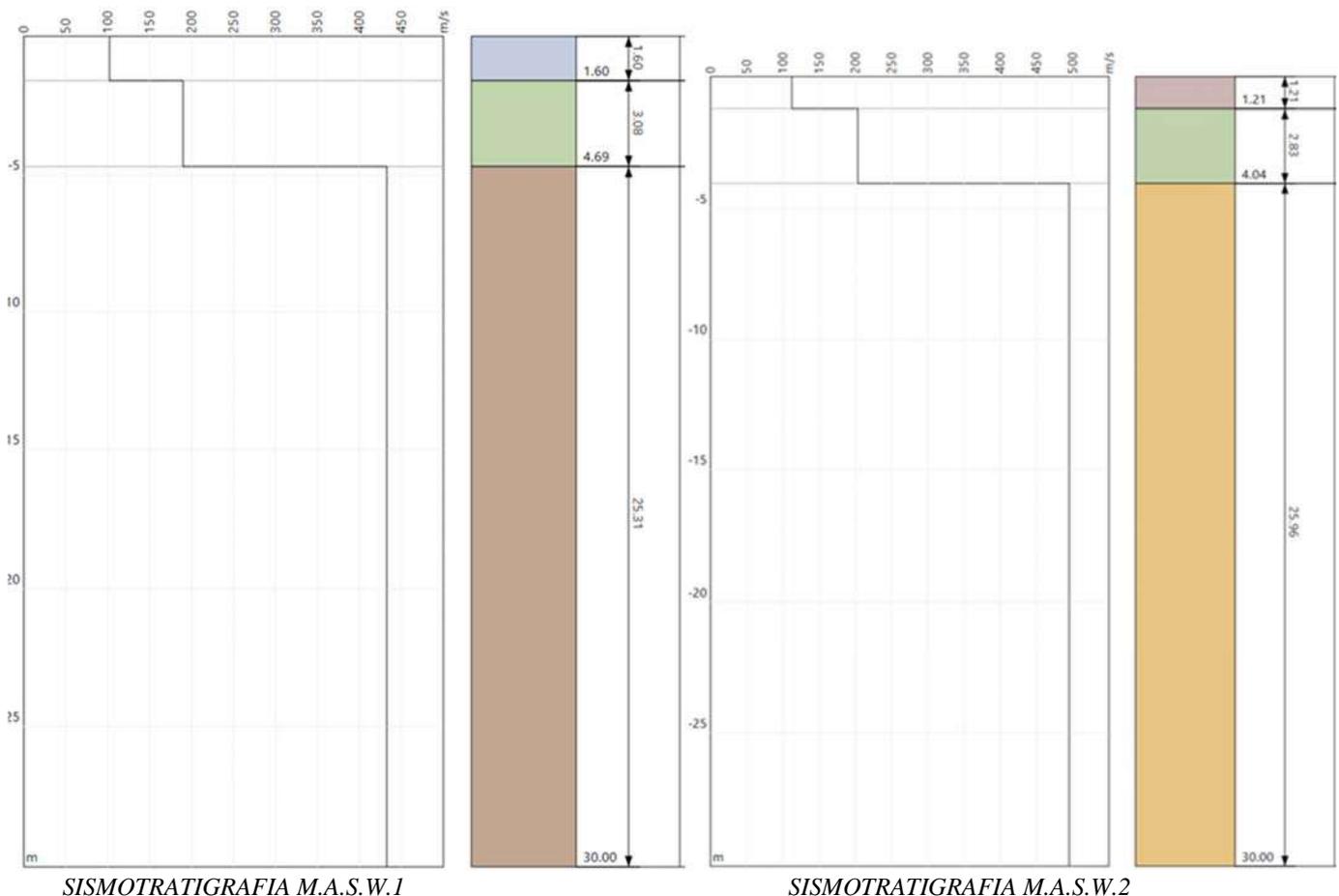
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.60	1.60	0.42	275.2	102.2
3	4.69	3.08	0.35	394.8	189.7
3	∞	∞	0.30	809.3	432.6

Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.21	1.21	0.39	264.3	112.2
3	4.04	2.83	0.31	387.8	203.5
3	∞	∞	0.27	882.2	495.2





CATEGORIA SISMICA DI SUOLO

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{S30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri do sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata.

Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (NSPT,30) nei terreni a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente (CU,30) nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30} è definita dall'espressione:

$$V_{S30} = 30 / \sum h_i/v_{si}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{spt30} è definita dall'espressione:

$$N_{SPT30} = \sum h_i/h_i / NSPT_i$$

La resistenza non drenata equivalente $Cu30$ è definita dall'espressione:

$$C_{u30} = \sum h_i/h_i / C_{ui}$$

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- Determinare NSPT30 limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- Determinare C_{u30} limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- Individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri NSPT30 e C_{u30} ;
- Riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

ELABORAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Per la determinazione della categoria di sottosuolo è stata elaborata la sismografia dello stendimento sismico M.A.S.W. effettuata in sito, calcolando la velocità delle onde V_s che adesso si chiama $V_{s,eq}$ vale a dire la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio e non più come si chiamava prima V_{s30} la quale era la velocità media di propagazione di tali onde nei primi 30 metri del sottosuolo.

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

h_i spessore dell'i-esimo strato (in m);

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (in m/s);

N numero di strati;

H profondità del **substrato sismico** (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Dalle analisi risulta che il substrato è posto ad una profondità superiore a 30 metri.

Categoria di suolo	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categorie di Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018)

Prospezione sismica	VSeq (m/s)	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)	CATEGORIA TOPOGRAFICA
MASW_1	361.50	B	T1
MASW_1	388.96	B	T1

Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA RIFERITA AL CONTESTO DELL'INTERVENTO

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag**, riferibile allo spettro di risposta elastico **Se(T)**, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria **A**) con superficie topografica orizzontale e con riferimento a prefissate probabilità di accadenza **P_{VR}** nel periodo di riferimento **VR**.

L'indagine sismica M.A.S.W. effettuata ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in **categoria B** del D.M. 17 gennaio 2018 e proprio in funzione della suddetta categoria e della **categoria topografica T1**, in aggiunta dei parametri di progetto dell'opera, (a cura dello strutturista), vengono ricavati i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta e di progetto elastico, di seguito riportati, affinché il progettista e/o strutturista verifichi il comportamento ante e post operam dell'opera da realizzare nelle seguenti fasi di calcolo:

- Fase1 (Individuazione della pericolosità del sito)
- Fase 2 (Scelta della strategia di Progettazione)
- Fase 3 (Determinazione dell'azione di progetto)

In relazione alla tipologia di costruzione e alle prestazioni richieste per questa nel suo complesso, non essendo previste espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- Nei confronti dei tutti gli stati limite di esercizio, rispettando le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI DANNO (SLD), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel perioro di riferimento pari al 63%
- II. Nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, rispettando le indicazioni costruttive e progettuali riportate nelle norme e le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel perioro di riferimento pari al 10%.

In particolare, per le verifiche si assume che la struttura abbia un comportamento NON DISSIPATIVO, adottando come spettro di progetto lo spettro elastico (non introducendo alcun fattore di struttura).

Di seguito si riportano i parametri considerati.

COEFFICIENTI SISMICI DI PROGETTO [N.T.C.]

Normativa	NTC 2018
Tipo opera:	Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Coefficiente Cu	1.0
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]
Fattore di struttura [q]:	3
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Lat./ Long. [WGS84]	37.953431,12.707504
Lat./ Long. [ED50]	37.954499,12.708374

Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,020 g Fo: 2,471 Tc*: 0,159 [s]			Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,067 g Fo: 2,558 Tc*: 0,316 [s]		
Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,027 g Fo: 2,429 Tc*: 0,197 [s]			Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,086 g Fo: 2,619 Tc*: 0,336 [s]		

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,590	Cc: 1,520	Cc: 1,390	Cc: 1,370
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,005	Kh: 0,007	Kh: 0,016	Kh: 0,021
Kv: 0,002	Kv: 0,003	Kv: 0,008	Kv: 0,010
Amax: 0,239	Amax: 0,323	Amax: 0,788	Amax: 1,007
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200

14.0 ZONE SUSCETTIBILI SISMICAMENTE PER LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i **depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti**, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi, in cui, durante una sollecitazione sismica, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione. (LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE – Sebastiano G. Monaco – EPC LIBRI); Il DM 17.012018 punto 7.11.3.4 prescrive che il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, sulla base delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area. *Dallo studio geologico effettuato, sul sito d'interesse, i terreni di fondazione non possiedono una tessitura uniforme e non sono intercettati da diffusi stati di saturazione, per cui, per tali caratteristiche, i terreni non sono soggetti a fenomeni di liquefazione in concomitanza di un evento sismico.*

15.0 ZONE SUSCETTIBILI PER CARATT. STRUTTURALI, GEOMORF. E ADDEN.

Dai sondaggi effettuati e dal rilevamento geologico sul sito si evince che i terreni, su cui saranno effettuati gli interventi, possiedono buone caratteristiche di addensamento, non sono stati riscontrati livelli cedevoli o cavità interagenti e le opere fondali non apporteranno alcun mutamento agli equilibri naturali ed alla circolazione idrica sotterranea.

16.0 CONCLUSIONI

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dalle società "**V-RIDIUM SOLAR SICILIA 7 S.r.l.**", con sede in Roma (RM) Viale Giorgio Ribotta n.21, ha redatto una relazione geologica, idrogeologica e di modellazione sismica su un'area dove è prevista la progettazione di un impianto agro-fotovoltaico, della potenza nominale pari a 28,85 MWp e potenza di immissione pari a 27 MWp denominato "Trapani 29", da realizzarsi nel territorio comunale di Trapani (TP) in S.P. 35, via Neghelli.

Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale, fornire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera, determinare i parametri che condizionano la stabilità del complesso terreno-fondazione e verificare che il progetto in esame sia compatibile con i principali processi morfologici e idrogeologici dell'area e con i vincoli imposti dal piano stralcio per l'assetto idrogeologico elaborato dall'ADB Sicilia.

I terreni all'interno dell'area di interesse appartengono alla formazione dei depositi alluvionali recenti terrazzati. In particolare la coltre superficiale, che interessa il volume significativo progettuale, come dimostrano i sondaggi effettuati, è rappresentata da terreni limo argillosi a luoghi debolmente sabbiosi.

L'area in esame è praticamente subpianeggiante caratterizzata da una pendenza di circa 2-3%, tale caratteristica conferisce una totale stabilità idrogeologica e geomorfologica, infatti, l'area risulta stabile, anche dalla cartografia reperita e non è classificata a rischio idraulico e a rischio frane; i processi morfogenetici si limitano solo all'azione erosiva di tipo areale esercitata dalle acque meteoriche, le quali, vengono drenate e convogliate nei recapiti naturali e dai canali presenti su tutta la zona circostante.

Per quanto riguarda il rischio idrogeologico, l'area di progetto ricade nel **Bacino Idrografico del fiume Birgi**, non è classificata a rischio frana ed è esente da altri vincoli idrogeologici, in particolare, gli interventi non prevedono movimenti di terreno e/o sbancamenti significativi, le linee di quota e la geometria naturale dell'area non verrà modificata, per cui, i lavori possono essere considerati non come fattore alterante, ma, bensì, come elemento di integrazione controllata che non modifica gli attuali equilibri idrogeologici e geomorfologici; Pertanto l'intervento può essere considerato di basso impatto ambientale è del tutto compatibile con le norme di salvaguardia del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana. Altrettanto può dirsi per il tracciato del cavidotto che si sviluppa nella sua quasi totalità lungo strade di campagna e/o tratturi già esistenti, oltre che strade provinciali, e con pendenze longitudinali e trasversali alquanto blande.

Dai sondaggi effettuati le caratteristiche idrogeologiche dei terreni in disamina possono generare accumuli freatici superficiali sospesi durante le precipitazioni meteoriche che drenate dalla coltre superficiale vengono tamponate dal substrato sottostante argilloso relativamente meno permeabile. Tale condizione, in assenza di un adeguato sistema di regimazione, i parametri geomeccanici di questi terreni vengono aggravati dalla stessa acqua di percolazione,

la quale, penetrando tra i granuli della coltre e dei litotipi sottostanti, favorisce l'aumento della tensione capillare e l'asportazione della frazione fine con conseguente diminuzione della coesione e dell'angolo di attrito interno, parametri indispensabili al mantenimento della loro stabilità. Pertanto è indispensabile che la progettazione preveda un adeguato sistema di regimazione intorno a tutte le strutture di progetto con canali e drenaggi affinché le acque possano essere convogliate nei reticoli naturali di deflusso. Tale sistema eviterà così risalite di umidità per capillarità e darà maggiore stabilità all'intera opera di progetto.

Dalle indagini sismiche effettuate risulta che il sito di interesse ricade in categoria di suolo **B** (NTC 2018) e il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs superiore a 800 m/s, è posto ad una profondità superiore a 30 metri.

Pertanto, dallo studio geologico effettuato, si evince che le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dei terreni rendono fattibile la realizzazione del progetto in disamina in quanto:

1. Si escludono fenomeni di liquefazione in concomitanza di un evento sismico;
2. La permeabilità e la circolazione idrica sotterranea non verrà modificata;
3. Gli interventi sono compatibili tra la previsione urbanistica e la caratterizzazione geomorfologica dell'area;
4. L'attuale equilibrio idrogeologico non verrà modificato;
5. I terreni possiedono buone caratteristiche di addensamento e non sono stati riscontrati livelli cedevoli o cavità interagenti.

Si precisa che la tipologia e il numero di indagini effettuate è da ritenersi idoneo all'opera a farsi in quanto hanno fornito un quadro completo sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione.

Dunque visto che l'entità e la tipologia degli interventi realizzati sono del tutto irrilevanti sull'equilibrio idrogeologico del sito, si può affermare che tali interventi garantiscono la sicurezza del territorio in coerenza a quanto disposto dagli articoli 3, 17 e 31 della legge quadro sulla difesa del suolo L. 183/89 e s.i.m.

IL GEOLOGO

Dr. TULLIO CICCARONE

ALLEGATO I

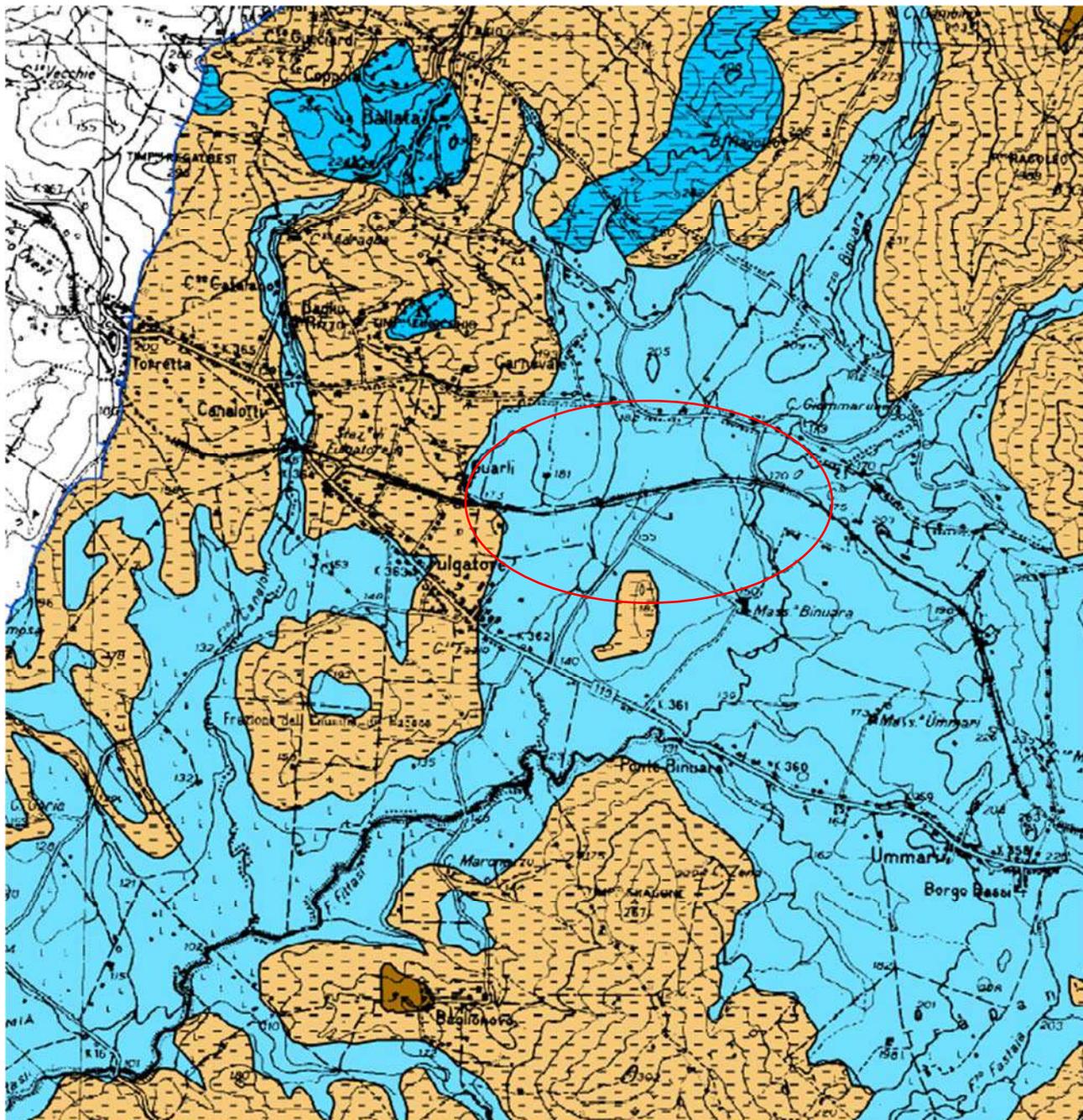
INQUADRAMENTI CARTOGRAFICI

CARTA GELITOLOGICA

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 e ss. mm. ii.)

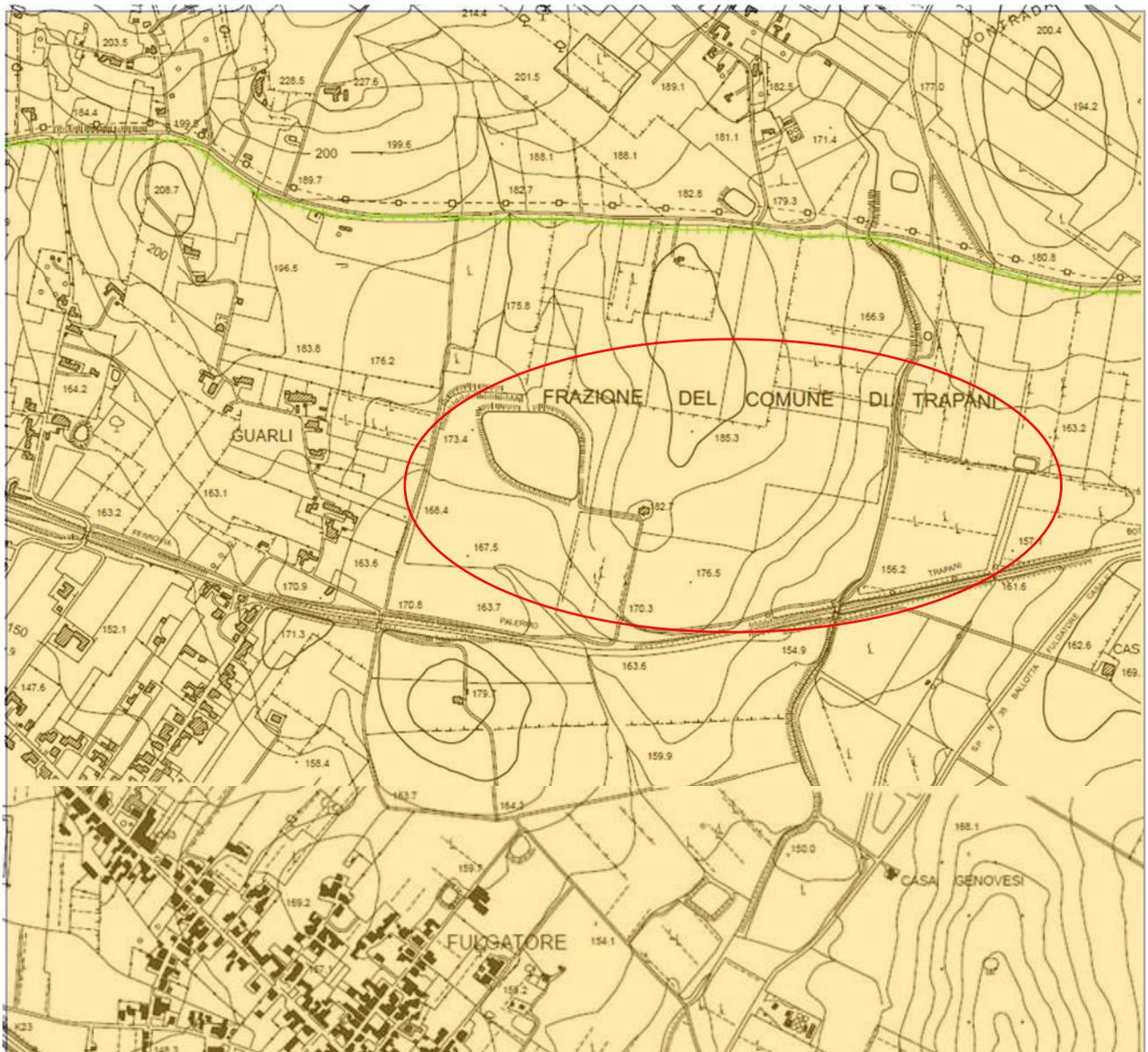
BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BIRGI



-  Alluvioni
-  Arenarie a cemento calcareo
-  Sequenze miste prevalentemente argillose
-  Calcari
-  Calcari marnosi, Marne



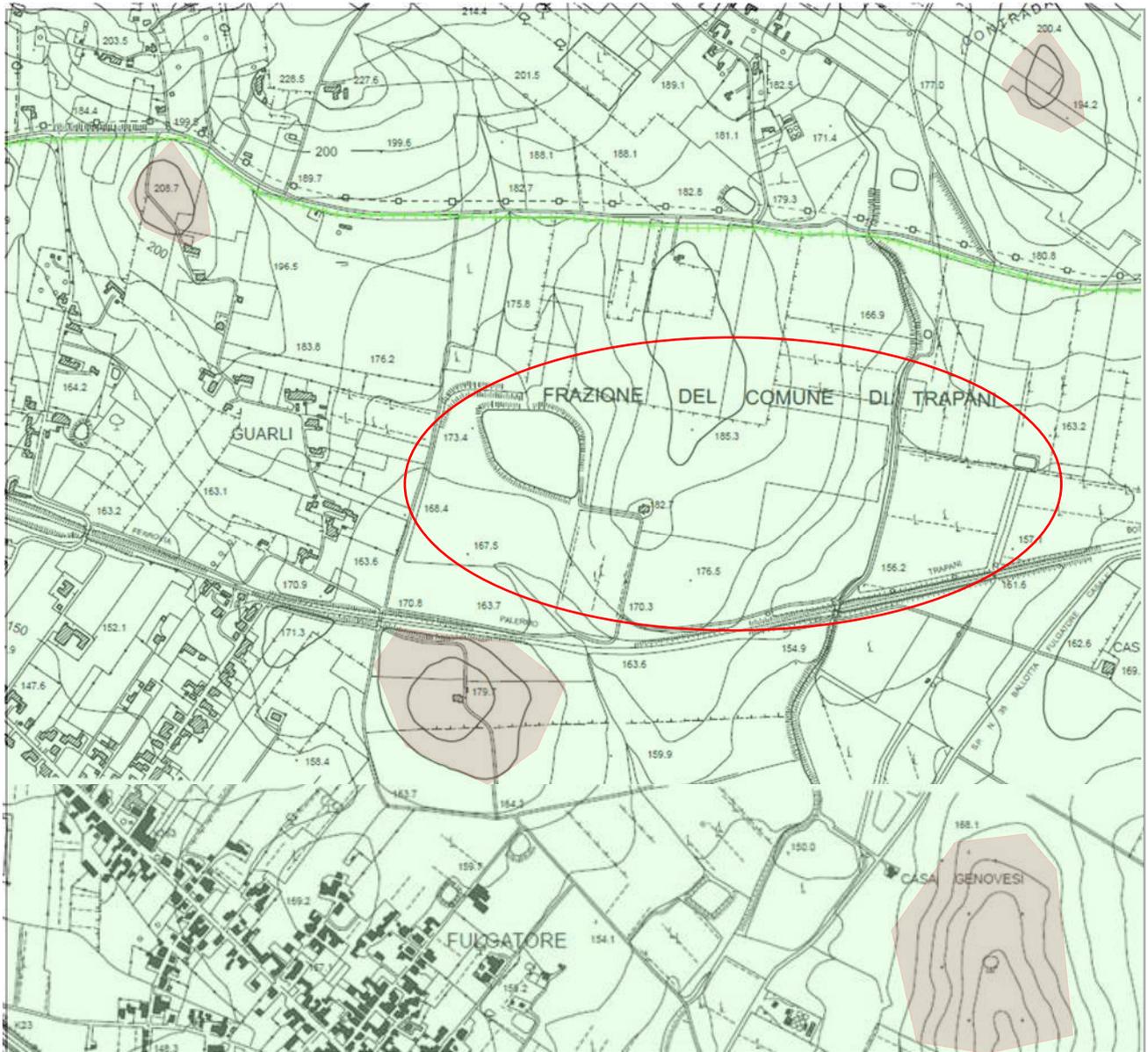
CARTA GELITOLOGICA E IDROGEOLOGICA



 depositi alluvionali recenti terrazzati sciolte o paracementate costituite di limo, limo sabbioso, sabbia, sabbia limosa e ghiaia poligenica ed eterometrica con giacitura sub-orizzontale ed assetto lenticolare embricato.

PERMEABILITA' PRIMARIA PER POROSITA' CON GRADO MEDIO BASSO
CON PRESENZA DI LIVELLI IMPERMEABILI.

CARTA GEOMORFOLOGICA



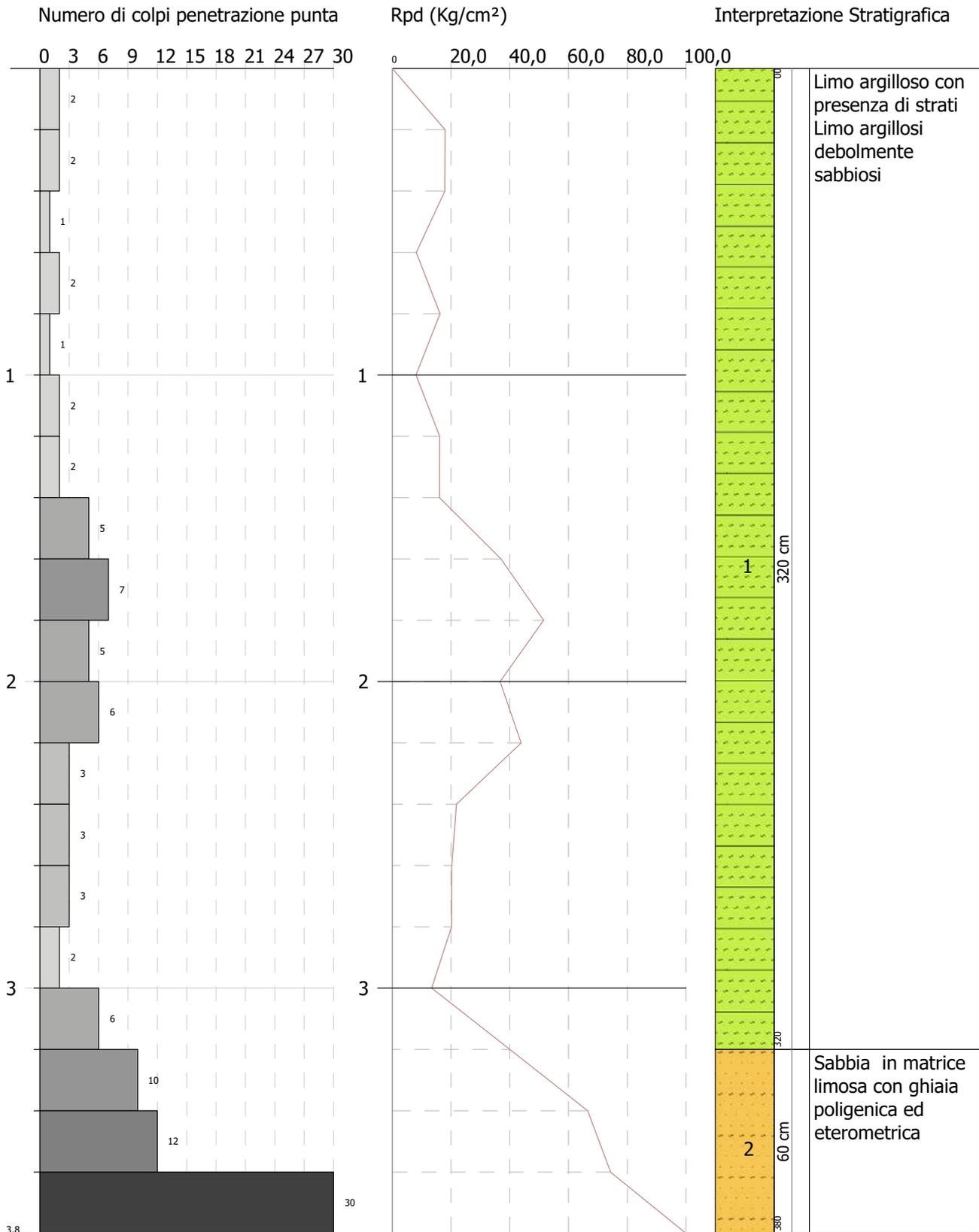
Recenti terrazzi alluvionali sub-pianeggiante caratterizzata da pendenze di circa 2-3 % - area stabile

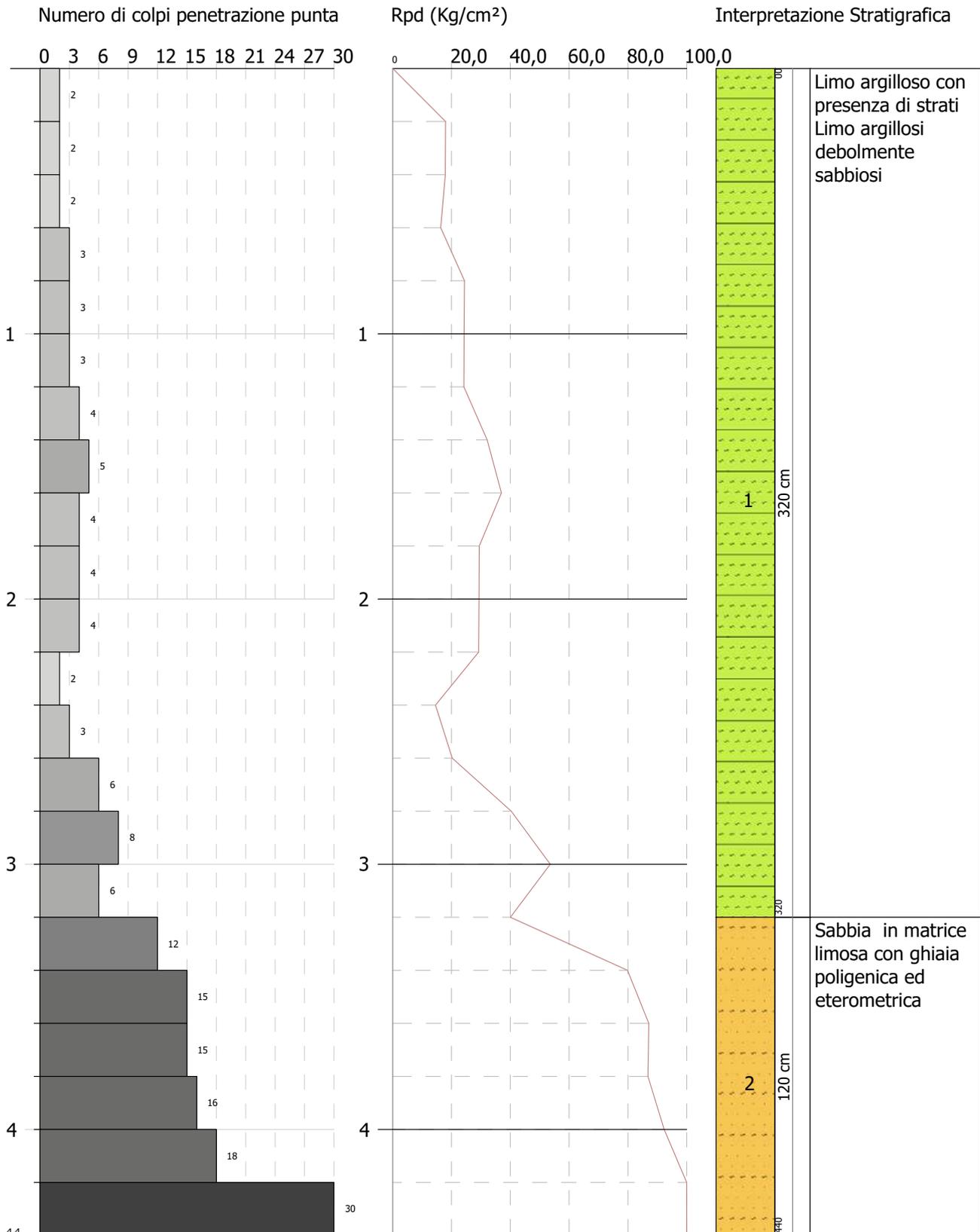


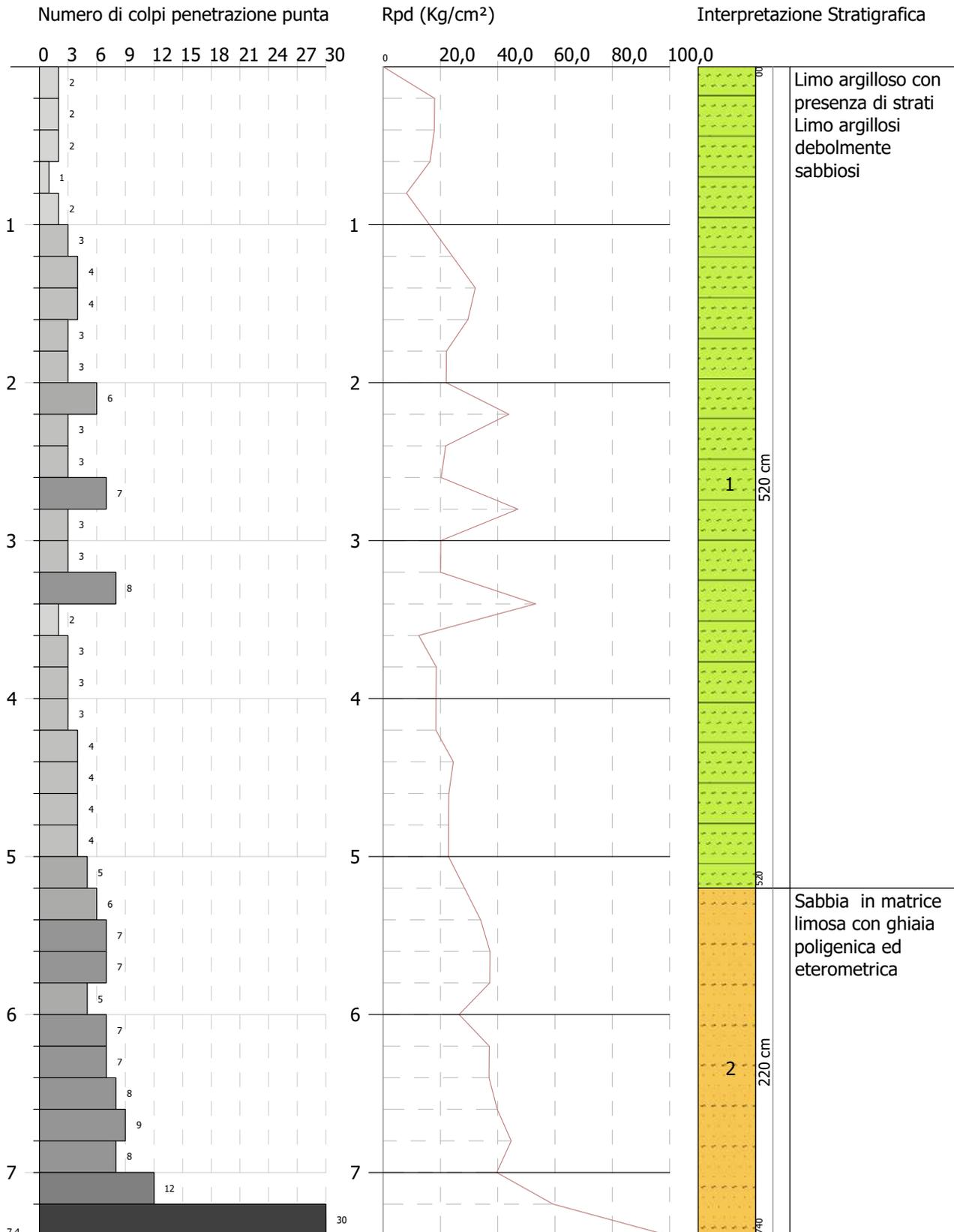
Alto topografico in contesto morfologico collinare

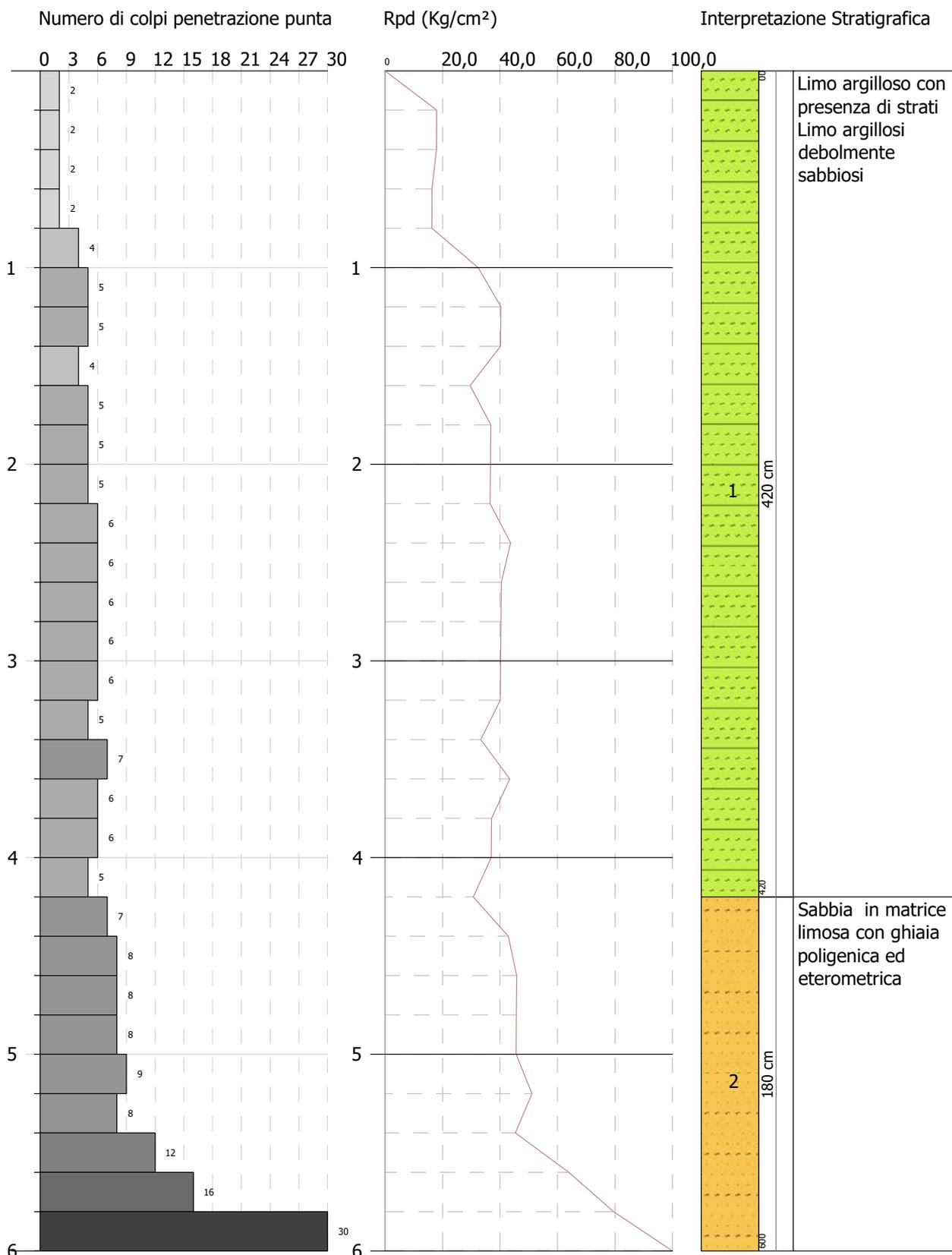
ALLEGATO II

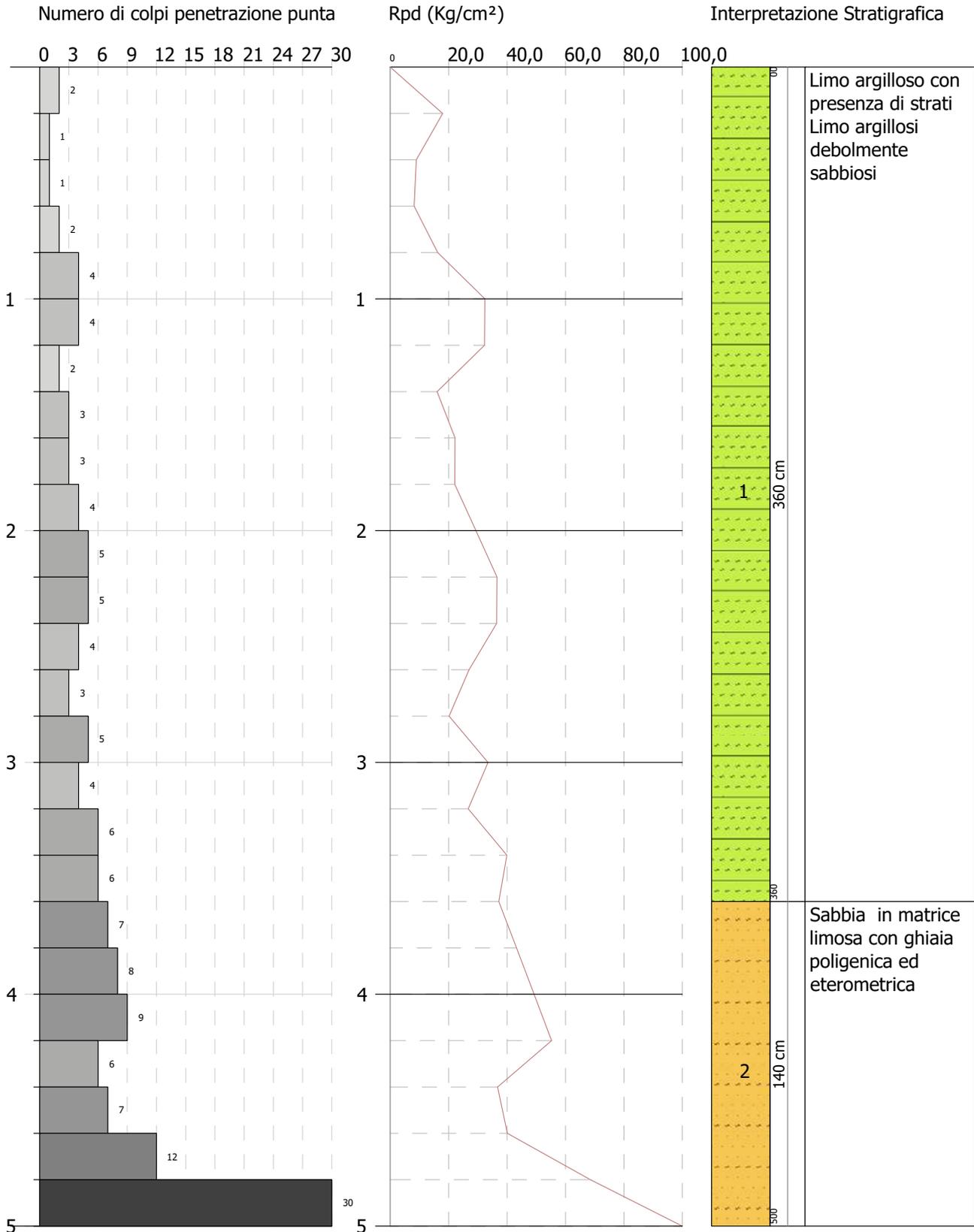
ELABORATO SONDAGGI PENETROMETRICI











ALLEGATO III

PROVE DI LABORATORIO CERTIFICATE

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 112/24
del: 28.03.2024

Certificato n°: 1207-2024
Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone
Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico
Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani
Data di prova: 28.03.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
PI	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

DATI GENERALI

Contenitore:	Fustella
Diametro (cm):	9,5
Lunghezza (cm):	48,0
Peso netto campione estratto (N)	65,0

PROVE SPEDITIVE

Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Pocket vane Test (MPa)	***
Classe di Qualità (AGI)	Q5
Colore (Tabella colori Munsell)	2,5Y Dark grayish brown 4/2

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo argilloso a luoghi debolmente sabbioso, di colore marrone/grigiastro, consistente.

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1208-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone
Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico
Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani
Data di prova: 28.03.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	18,06
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,42
w	Contenuto di acqua naturale	%	24,98

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	14,45
n	Porosità	%	45,31
e	Indice dei vuoti	---	0,83
s_r	Grado di saturazione	%	81,23
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	18,89
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	9,09

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: **TR 112/24** Certificato n°: **1209-2024**
del: **28.03.2024** Data certificato: **05.04.2024**
Richiedente: **Geol. Tullio Ciccarone**
Committente: **V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl**
Cantiere: **Realizzazione di un campo fotovoltaico**
Località: **SP 35 - via Neghelli - Trapani**
Data di prova: **28.03.2024**

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0078	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	18,18	24,61	29,21
Provino 2	36,00	23,00	17,90	25,35	29,83
Provino 3	36,00	23,00	18,09	24,90	28,01

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,29
Provino 2	24	100	0,55
Provino 3	24	150	0,84

ATTREZZATURA UTILIZZATA: MATEST S/N S277-01/AD/0005

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino I

σ_v 50 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,008	0,019	5,2										
50	0,39	0,015	0,034	9,5										
75	0,59	0,022	0,048	13,3										
100	0,78	0,031	0,060	16,6										
125	0,98	0,038	0,073	20,3										
150	1,17	0,047	0,085	23,7										
175	1,37	0,053	0,096	26,6										
200	1,56	0,060	0,104	28,8										
225	1,76	0,066	0,111	30,9										
250	1,95	0,073	0,118	32,7										
275	2,15	0,080	0,122	34,0										
300	2,34	0,086	0,126	35,0										
325	2,54	0,093	0,129	35,8										
350	2,73	0,098	0,131	36,5										
375	2,93	0,103	0,133	37,0										
400	3,12	0,110	0,134	37,1										
425	3,32	0,117	0,131	36,4										
450	3,51	0,123	0,126	35,0										
475	3,71	0,129	0,120	33,5										
500	3,90	0,136	0,114	31,7										
525	4,10	0,142	0,106	29,3										
550	4,29	0,146	0,099	27,5										
575	4,49	0,151	0,094	26,1										
600	4,68	0,156	0,088	24,6										
625	4,88	0,160	0,082	22,8										
650	5,07	0,164	0,077	21,4										

Pressione a rottura 37,1 (KPa)

Deformazione a rottura 3,12 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino 2

σ_v 100 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,021	0,032	8,9										
50	0,39	0,035	0,061	16,9										
75	0,59	0,048	0,086	24,0										
100	0,78	0,058	0,109	30,2										
125	0,98	0,068	0,130	36,0										
150	1,17	0,079	0,147	40,9										
175	1,37	0,090	0,164	45,6										
200	1,56	0,099	0,181	50,3										
225	1,76	0,108	0,195	54,3										
250	1,95	0,119	0,209	58,0										
275	2,15	0,127	0,220	61,0										
300	2,34	0,136	0,226	62,8										
325	2,54	0,143	0,230	63,9										
350	2,73	0,153	0,233	64,6										
375	2,93	0,159	0,235	65,3										
400	3,12	0,167	0,230	64,0										
425	3,32	0,175	0,227	63,0										
450	3,51	0,181	0,218	60,5										
475	3,71	0,188	0,205	57,0										
500	3,90	0,194	0,195	54,3										
525	4,10	0,200	0,186	51,8										
550	4,29	0,203	0,179	49,6										
575	4,49	0,208	0,170	47,3										
600	4,68	0,212	0,162	45,1										
625	4,88	0,217	0,155	43,1										
650	5,07	0,222	0,150	41,6										

Pressione a rottura 65,3 (KPa)

Deformazione a rottura 2,93 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino 3

σ_v 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,032	0,053	14,6										
50	0,39	0,055	0,097	27,0										
75	0,59	0,075	0,138	38,2										
100	0,78	0,095	0,170	47,3										
125	0,98	0,110	0,197	54,7										
150	1,17	0,122	0,220	61,1										
175	1,37	0,134	0,242	67,1										
200	1,56	0,143	0,259	72,0										
225	1,76	0,151	0,274	76,1										
250	1,95	0,160	0,288	80,0										
275	2,15	0,170	0,301	83,5										
300	2,34	0,179	0,306	85,0										
325	2,54	0,187	0,310	86,0										
350	2,73	0,197	0,314	87,2										
375	2,93	0,203	0,310	86,0										
400	3,12	0,211	0,302	84,0										
425	3,32	0,220	0,294	81,8										
450	3,51	0,227	0,284	78,9										
475	3,71	0,234	0,271	75,4										
500	3,90	0,240	0,258	71,7										
525	4,10	0,245	0,249	69,1										
550	4,29	0,249	0,238	66,1										
575	4,49	0,253	0,229	63,7										
600	4,68	0,258	0,219	60,8										
625	4,88	0,262	0,210	58,3										
650	5,07	0,265	0,203	56,3										

Pressione a rottura 87,2 (KPa)
Deformazione a rottura 2,73 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

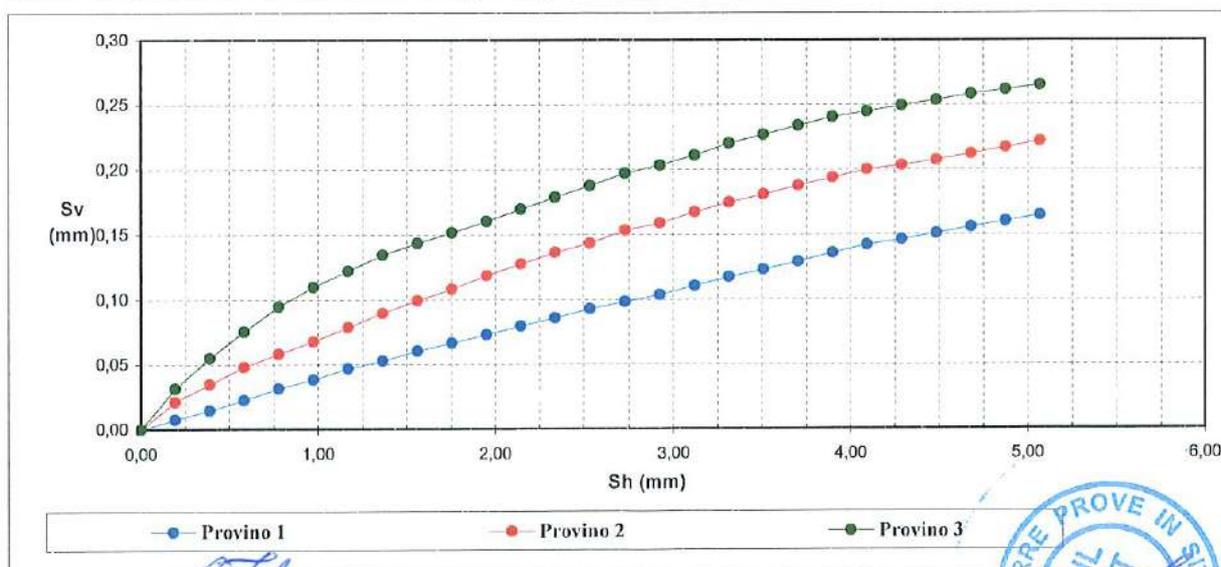
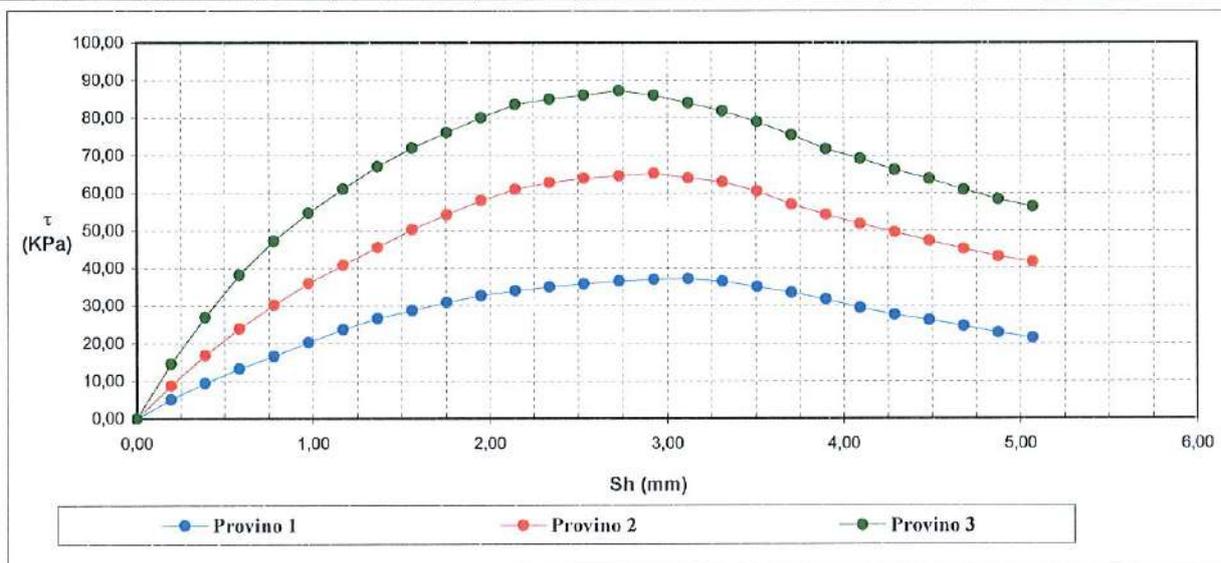
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	CI	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MACCLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

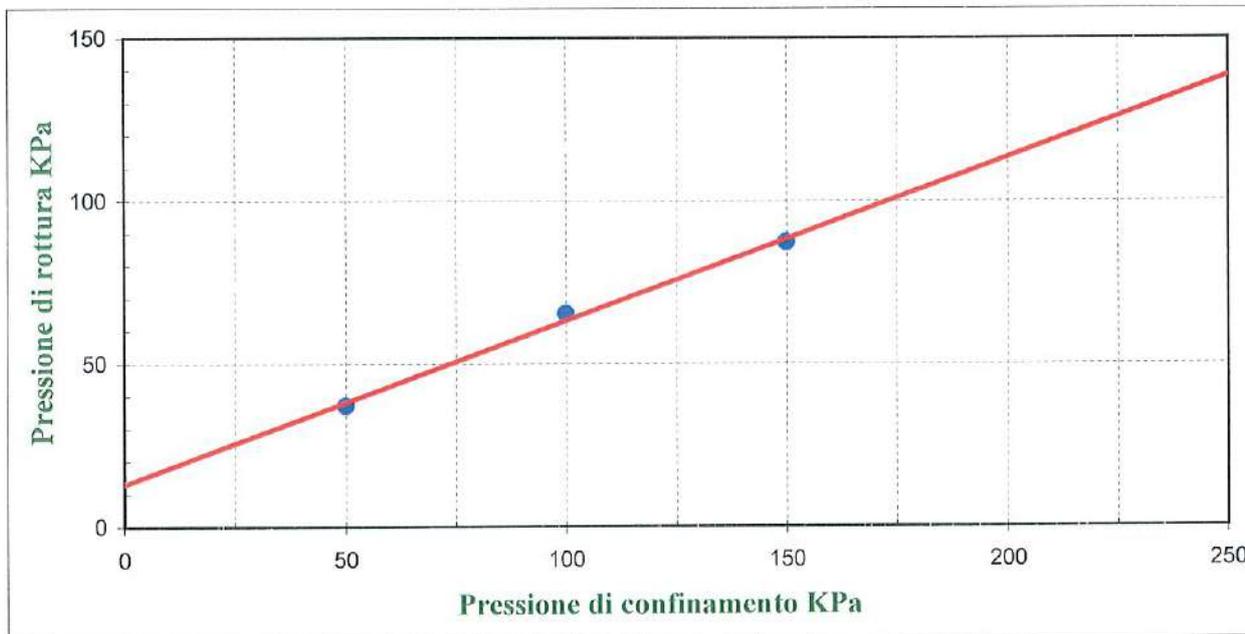
Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	37,10	3,12
Provino 2	100,00	65,30	2,93
Provino 3	150,00	87,20	2,73



Risultati sperimentali

Angolo di attrito 26,61 Gradi
Coesione 13,10 KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 112/24
del: 28.03.2024

Certificato n°: 1210-2024
Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone
Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico
Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani
Data di prova: 28.03.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P4	CI	1,00-1,50	indisturbato	25.03.2024

DATI GENERALI

Contenitore: Fustella
Diametro (cm): 9,5
Lunghezza (cm): 48,0
Peso netto campione estratto (N): 65,0

PROVE SPEDITE

Pocket penetrometer Test (MPa): ***
Pocket vane Test (MPa): ***
Classe di Qualità (AGI): Q5
Colore (Tabella colori Munsell): 10YR Brownish yellow 6/6

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo argilloso di colore marrone chiaro, consistente.

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. V. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 112/24
del: 28.03.2024

Certificato n°: 1211-2024
Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone
Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico
Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani
Data di prova: 28.03.2024

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P4	C1	1,00-1,50	indisturbato	25.03.2024

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	18,64
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,52
w	Contenuto di acqua naturale	%	22,87

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	15,17
n	Porosità	%	42,80
e	Indice dei vuoti	---	0,75
s_r	Grado di saturazione	%	82,67
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	19,37
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	9,56

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24 Certificato n°: 1212-2024
del: 28.03.2024 Data certificato: 05.04.2024
Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone
Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico
Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani
Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P4	C1	1,00-1,50	indisturbato	25.03.2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0075	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	18,70	22,99	26,53
Provino 2	36,00	23,00	18,53	22,76	26,15
Provino 3	36,00	23,00	18,68	21,95	24,29

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,33
Provino 2	24	100	0,60
Provino 3	24	150	0,92

ATTREZZATURA UTILIZZATA: MATEST S/N S277-01/AD/0004

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	CI	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino 1

σ_v 50 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,008	0,019	5,2										
50	0,39	0,015	0,034	9,5										
75	0,59	0,022	0,048	13,3										
100	0,78	0,031	0,060	16,6										
125	0,98	0,038	0,073	20,3										
150	1,17	0,047	0,085	23,7										
175	1,37	0,053	0,096	26,6										
200	1,56	0,060	0,104	28,8										
225	1,76	0,066	0,111	30,9										
250	1,95	0,073	0,118	32,7										
275	2,15	0,080	0,122	34,0										
300	2,34	0,086	0,126	35,0										
325	2,54	0,093	0,129	35,8										
350	2,73	0,098	0,131	36,5										
375	2,93	0,103	0,133	37,0										
400	3,12	0,110	0,134	37,1										
425	3,32	0,117	0,131	36,4										
450	3,51	0,123	0,126	35,0										
475	3,71	0,129	0,120	33,5										
500	3,90	0,136	0,114	31,7										
525	4,10	0,142	0,106	29,3										
550	4,29	0,146	0,099	27,5										
575	4,49	0,151	0,094	26,1										
600	4,68	0,156	0,088	24,6										
625	4,88	0,160	0,082	22,8										
650	5,07	0,164	0,077	21,4										

Pressione a rottura 37,1 (KPa)

Deformazione a rottura 3,12 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino 2

σ_v 100 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,021	0,032	8,9										
50	0,39	0,035	0,061	16,9										
75	0,59	0,048	0,086	24,0										
100	0,78	0,058	0,109	30,2										
125	0,98	0,068	0,130	36,0										
150	1,17	0,079	0,147	40,9										
175	1,37	0,090	0,164	45,6										
200	1,56	0,099	0,181	50,3										
225	1,76	0,108	0,195	54,3										
250	1,95	0,119	0,209	58,0										
275	2,15	0,127	0,220	61,0										
300	2,34	0,136	0,226	62,8										
325	2,54	0,143	0,230	63,9										
350	2,73	0,153	0,233	64,6										
375	2,93	0,159	0,235	65,3										
400	3,12	0,167	0,230	64,0										
425	3,32	0,175	0,227	63,0										
450	3,51	0,181	0,218	60,5										
475	3,71	0,188	0,205	57,0										
500	3,90	0,194	0,195	54,3										
525	4,10	0,200	0,186	51,8										
550	4,29	0,203	0,179	49,6										
575	4,49	0,208	0,170	47,3										
600	4,68	0,212	0,162	45,1										
625	4,88	0,217	0,155	43,1										
650	5,07	0,222	0,150	41,6										

Pressione a rottura 65,3 (KPa)

Deformazione a rottura 2,93 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Dati relativi al provino 3

σ_v 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,032	0,053	14,6										
50	0,39	0,055	0,097	27,0										
75	0,59	0,075	0,138	38,2										
100	0,78	0,095	0,170	47,3										
125	0,98	0,110	0,197	54,7										
150	1,17	0,122	0,220	61,1										
175	1,37	0,134	0,242	67,1										
200	1,56	0,143	0,259	72,0										
225	1,76	0,151	0,274	76,1										
250	1,95	0,160	0,288	80,0										
275	2,15	0,170	0,301	83,5										
300	2,34	0,179	0,306	85,0										
325	2,54	0,187	0,310	86,0										
350	2,73	0,197	0,314	87,2										
375	2,93	0,203	0,310	86,0										
400	3,12	0,211	0,302	84,0										
425	3,32	0,220	0,294	81,8										
450	3,51	0,227	0,284	78,9										
475	3,71	0,234	0,271	75,4										
500	3,90	0,240	0,258	71,7										
525	4,10	0,245	0,249	69,1										
550	4,29	0,249	0,238	66,1										
575	4,49	0,253	0,229	63,7										
600	4,68	0,258	0,219	60,8										
625	4,88	0,262	0,210	58,3										
650	5,07	0,265	0,203	56,3										

Pressione a rottura 87,2 (KPa)

Deformazione a rottura 2,73 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

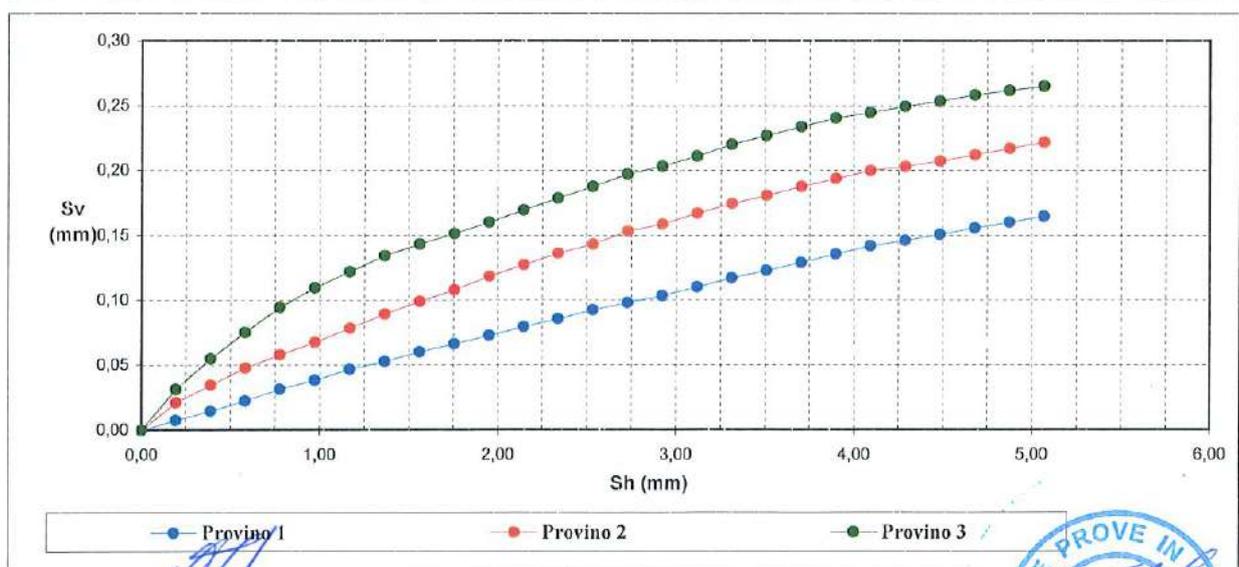
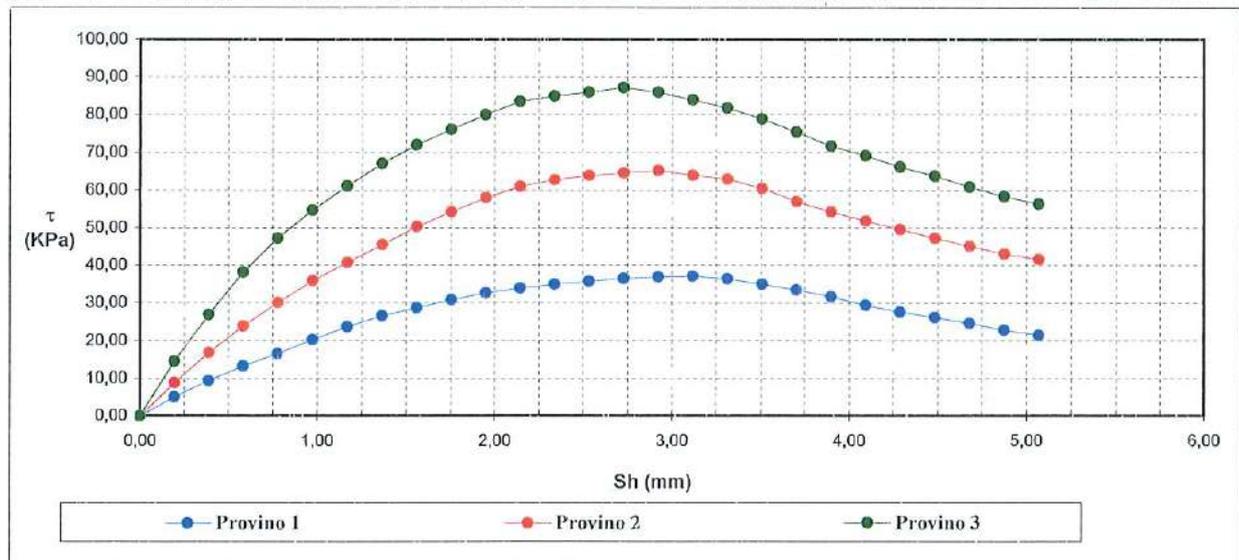
Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 112/24

Certificato n°: 1209-2024

del: 28.03.2024

Data certificato: 05.04.2024

Richiedente: Geol. Tullio Ciccarone

Committente: V - Ridium Solar Sicilia 7 Srl

Cantiere: Realizzazione di un campo fotovoltaico

Località: SP 35 - via Neghelli - Trapani

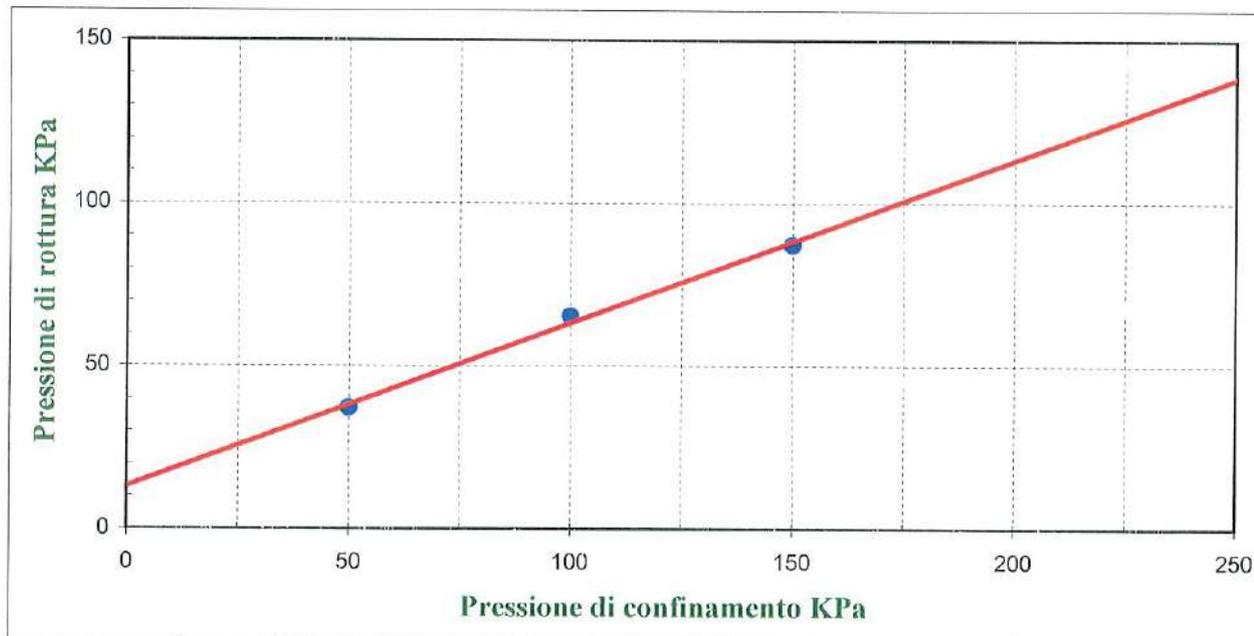
Data di prova: 28.03.2024

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	25.03.2024

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	37,10	3,12
Provino 2	100,00	65,30	2,93
Provino 3	150,00	87,20	2,73



Risultati sperimentali

Angolo di attrito **26,61** Gradi
Coesione **13,10** KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



Ordine dei Geologi della Campania

"Certificazione dell'APC"

ai sensi dell'art. 3 del Regolamento per la Formazione Professionale Continua

Triennio 2020-2022

Si attesta che il dott. Tullio Ciccarone, iscritto alla sezione A dell'Albo Professionale con numero di iscrizione 1863, ha adempiuto agli obblighi di formazione e aggiornamento professionale continuo nel Triennio 2020-2022.

La presente *"Certificazione dell'APC"*, rilasciata su richiesta dell'interessato e valida fino al 31/03/2026, ha valore di mera attestazione informatica di adempimento relativo agli obblighi indicati, dovendosi rivolgere in via diretta all'Ordine per l'eventuale rilascio di "certificati" aventi gli effetti previsti dalla normativa vigente, in particolare, quelli di cui al D.P.R. 445/2000.

14/09/2023

Ordine dei Geologi della Campania
Il Presidente

ASSEVERAZIONE

Autocertificazione secondo quanto previsto ai sensi del D.P.R. 28/12/2000 n.445/2000

Io sottoscritto **Dr. Geol. Tullio Ciccarone** iscritto all'albo dei Geologi della Regione Campania al n°1863, all'Albo dei Collaudatori della Regione Campania al n°260 e domiciliato in Bellizzi alla via Parisi, 6, in riferimento alla relazione geologica per la progettazione di un impianto agro-fotovoltaico, della potenza nominale pari a 28,85 MWp e potenza di immissione pari a 27 MWp denominato "Trapani 29", da realizzarsi nel territorio comunale di Trapani (TP) in S.P. 35, via Neghell,

ASSEVERO

che, quanto fatto, elaborato e dedotto con la dichiarazione/certificazione che precede "è tanto fedelmente adempiuto nelle operazioni commessegli al solo scopo di far conoscere la verità".

Bellizzi, aprile 2024



Cognome	CICCARONE
Nome	TULLIO
nato il	02-01-1969
(atto n. 00018 p. 1 s. A 1969)	
a	BATTIPAGLIA (SA)
Cittadinanza	ITALIANA
Residenza	BELLIZZI (SA)
Via	PARISI D. 6 i.4
Stato civile	XXXXXXXXXX
Professione	GEOLOGO
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI	
Statura	185
Capelli	Castani
Occhi	Castani
Segni particolari	XXXXXXXXXX

	
Firma del titolare	<i>Tullio Ciccarone</i>
BELLIZZI	12-08-2016
Impresa che cita	M. SINDACATO
Indice	L'UFFICIALE D'ANAGRAFE
	Antonio Ciccarone

