



REGIONE
CAMPANIA



COMUNE DI
ARIANO IRPINO



PROVINCIA DI
AVELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

Titolo elaborato

PD_1_51_CA_Relazione geologica

Codice elaborato

F0500BR01A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giorgio ZUCCARO)



Gruppo di lavoro

ing. Mauro MARELLA
ing. Marco LORUSSO
ing. Pierfrancesco ZIRPOLI
dott. for. Luigi ZUCCARO
ing. Luca FRESCURA
ing. Antonella NOLE'
ing. Denise TELESCA
arch. Gaia TELESCA
dott.ssa. Luciana TELESCA
ing. Cristina GUGLIELMI
ing. Manuela NARDOZZA
ing. Beniamino D'ERCOLE



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).



EPF srl - Via Cesare Battisti, 116 83053 S. Andrea di Conza (AV)
Tel e Fax+39 0827 35687

Consulenze specialistiche

GEOLOGIA

Dott. Maurizio Giacomino

Via del Ginepro n. 23 - 75100 Potenza
mauriziogiacomino@gmail.com



Committente

WEB PV ARIANO S.r.l

Via Leonardo Da Vinci 15, 39100 Bolzano

Presidente Consiglio di Amministrazione
KAINZ REINHARD

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Gennaio 2023	Prima emissione	MMA	PFZ	GZU

Relazione geologica

INDICE

1. Premessa	2
2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.	4
3. Inquadramento Geologico Regionale	5
4. Tettonica	8
5. Geomorfologia.....	9
6. Idrogeologia ed idrologia.	11
7. Campagna di Indagini Geognostiche.....	13
7.1 Sismica a rifrazione con tecnica MASW	13
7.2 Sismica a rifrazione onde P e SH	15
7.3 Indagini geognostiche consultate.....	18
8. Considerazioni sulla Sismicità dell’area	21
8.1 Parametri sismici dell’area del parco fotovoltaico in progetto	21
8.2 Microzonazione sismica dell’area del parco fotovoltaico in progetto	23
9. Considerazioni sui terreni di fondazione dei parchi fotovoltaici in progetto.....	25
9.1 Parametri geotecnici di riferimento	25
10. Analisi di stabilità di versante	27
11. Considerazioni conclusive.....	28

1. Premessa

Su incarico conferitomi dalla Società F4 Ingegneria S.r.l., è stato condotto uno Studio Geologico, al fine di accertare le condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei terreni presenti a nord-est dell'abitato di Ariano Irpino (AV), dove si intende realizzare un parco fotovoltaico, composto da vari campi distinti e raggruppate in n. 7 come indicato negli elaborati allegati.

L'esame delle caratteristiche sopra descritte, permette di esprimere una serie di considerazioni sui terreni di sedime interessati dalla costruzione dei pannelli fotovoltaici e delle opere connesse in modo da valutare il loro comportamento in relazione con le strutture di fondazione.

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica, quale: il D.M. 11.03.1988, la L.R. n.38 del 06/08/1997, la L.R. 9/2011 sulla caratterizzazione sismica dei terreni e il D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), inoltre, rispetta le norme dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino meridionale UoM "Fiume Liri-Quaglietta Volturno" e UoM "Puglia".

Nella stessa area, dal sottoscritto e per la stessa società F4 Ingegneria Srl, nel 2022 è stato realizzato uno studio geologico con indagini geognostiche per la realizzazione di un Parco Eolico, infatti i campi fotovoltaici ricadono all'interno dell'area del parco eolico in progetto denominato "Ariano 2".

L'indagine geognostica, eseguita per la progettazione del parco eolico e consultata per il presente studio geologico, è consistita in rilievi geologici e geomorfologici di superficie, in indagini geognostiche in sito e nella verifica della pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area.

Inoltre, come per il precedente lavoro anche per questo, i parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono stati ottenuti dalle indagini dirette ed indirette eseguite nell'area e da indagini consultate, come lo studio geologico eseguito dal Dott. Geol. Petriccione per il progetto dell'Impianto Eolico di Ariano Irpino e Savignano Irpino.

Le indagini eseguite sono:

- n. 10 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti con tecnica MASW ubicati nell'area di sedime dell'impianto;
- n. 10 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti in Onde P e SH ubicati nell'area di sedime dell'impianto;

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'Allegato T01. "Planimetria Ubicazione Indagini" mentre l'intero lavoro si compone dei seguenti elaborati descrittivi e cartografici:

- F0500BR01A - Relazione Geologica
- F0500BR02A - Relazione di Fine Campagna Geognostica
- F0500BT01A - Planimetria ubicazione indagini Scala 1:5000
- F0500BT02A - Carta Geologica Scala 1:5000
- F0500BT03A – Carta Geomorfológica Scala 1:5000
- F0500BT04A - Carta Idrogeologica Scala 1:5000
- F0500BT05A – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico Scala 1:5000
- F0500BT06A – Profili Geologici Scala 1:5000
- F0500BT07A – Carta della Microzonazione Sismica Scala 1:5000
- F0500BT08A - Carta di Sintesi Finale della Criticità e Pericolosità gGeologica e Geomorfológica Scala 1:5000

Negli elaborati cartografici i campi fotovoltaici ricadono nella tavola; Zona di Nord-Est di SS n. 90 in Località Serralonga (sinistra idrografica di Torrente Cervaro) in scala 1:5.0000, mentre il cavidotto fino al raggiungimento della cabina primaria in cui ricade nella Zona di Nord-Ovest di SS n. 90 (destra idrografica del Torrente Cervaro), in scala 1:10.000).

Documentazione specialistica

- Anno 2018: Relazione geologica e geotecnica Impianto di produzione di energia elettrica da fonte Eolica e relative opere di connessione potenza complessiva pari a 80,60 MW Impianto Eolico “Ariano Irpino e Savignano Irpino”.
- A. Jacobacci e G. Martelli et alii (1967) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 174, Ariano Irpino.
- R. Redini et alii (1971) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 186, S. Angelo dei Lombardi.
- O. Hikke Merlin, L. La Volpe, G. Nappi, G. Piccareta, R. Redini, G. Santagati (1971) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 186 e 187, S. Angelo dei Lombardi Melfi.
- Cartografia di base e tematica dell'autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno; pagina web: http://www.autoritadibacino.it/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=504
- Cartografia di base e tematica disponibile sul WebGis <http://www.difesa.suolo.regione.campania.it/content/view/71/86/>
- Piano di Tutela delle Acque art. 121 - d.lgs. 152/06 “Norme in Materia Ambientale” indirizzi strategici per la pianificazione della tutela delle acque in Campania struttura e strategia del piano di tutela ai sensi dell’art. 2, comma 4 del regolamento regionale n. 5/2011 “Regolamento di Attuazione per il Governo del Territorio” progetto di piano lettera c), comma 1, art. 122 del d.lgs. 152/2006.

2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.

Tutti campi fotovoltaici che compongono l'area del parco in progetto e gran parte del tratto del cavidotto ricadono in nella zona di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia e solo alcuni tratti del cavidotto ricadono nella zona di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ed adottato dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno riporta nel territorio del Comune di Ariano varie aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi e aree di attenzione con vario grado di intensità atteso.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ed adottato dall'Autorità di Bacino della Puglia riporta nel territorio del Comune di Ariano varie aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi e aree con vario Grado di Pericolosità.

I campi fotovoltaici in progetto ricadenti nella porzione Sud-Est di SS n. 90 (sinistra idrografica del Torrente Cervaro) sono compresi nel baCino Idrografico dell'Autorità di Bacino della Puglia. Essi interessano aree classificate a Pericolosità Media (PG2 e PG3), in quanto l'intero bacino idrografico è in tal modo classificato, anche gran parte dei tratti del cavidotto che collega i vari campi fotovoltaici alla sottostazione interessano aree a Pericolosità Elevata (PG 3).

L'interazione dell'aree classificate a perniciosità idrogeologica è indicata in vari elaborati quali: T03 - Carta Geomorfologica e T05 Piano Stralcio per la difesa dal Rischio Idrogeologico.

3. Inquadramento Geologico Regionale

L'area del parco fotovoltaico in progetto ricade nell'Appennino Irpino, costituito da rilievi collinari argilloso-marnoso-arenacei, posti tra la Catena Appenninica (Appennino Campano – Lucano), costituita in prevalenza da rocce carbonatiche mesozoiche con coperture fliscioidi mioceniche, e la Fossa Bradanica, in cui affiorano sedimenti argillosi e Sabbioso-limosi Plio–Pleistocenici.

Tutti i terreni affioranti nell'area sono stati interessati dalle intense fasi tettoniche mioplioceniche la cui fase dominante, disposta NNW – SSE, porta a contatto i terreni argillosi varicolori delle Unità Lagonegresi, ad ovest, mentre ad est con i termini marnoso argillosi e calcarei del Flysch di Faeto.

Nel Paleocene – Eocene, si aveva la sedimentazione delle Argille Varicolori ed era delimitata ad occidente dalla Piattaforma Carbonatica Campano – Lucana e ad est dalla Piattaforma Apula.

Ad un primo movimento è da imputare la messa in posto dei terreni della "Formazione delle Argille Variegate" appartenenti al Bacino di sedimentazione Sicilide (*Ogniben, 1969*) nel Bacino Lagonegrese Molisano; l'età deposizionale di tali coltri è attribuibile al Langhiano, ovvero il periodo in cui sono sovrascorse le Unità strutturali che limitavano verso Est il Bacino, riducendone l'ampiezza.

L'evoluzione tettonica si esplica con la formazione di una fossa esterna nella quale avviene la deposizione dei sedimenti fliscioidi con il "Flysch di San Bartolomeo" nel Bacino Irpino e il "Flysch della Daunia" nel Bacino Apulo; solo successivamente si ha la deposizione delle marne Tortonianiane di ambiente neritico e, nel Bacino Apulo, la serie di chiusura costituita dalle Evaporiti molasiche.

La seconda fase tettogenetica si è verificata durante il Serravalliano con la messa in posto, nel Bacino Irpino, di una falda costituita da terreni del complesso Sicilide; una ulteriore fase tettonica si è verificata nel Tortoniano con la sovrapposizione di una potente coltre di terreni del complesso Sicilide sui depositi terrigeni del Bacino Irpino e il conseguente accavallamento delle Unità Iripine sulla serie del Bacino Apulo (*Pescatore & Ortolani, 1973*).

Quest'ultimo fronte di accavallamento ha direzione appenninica (NO - SE) e presenta un piano subverticale almeno fino alla profondità di qualche centinaio di metri.

La fase tettonica del Tortoniano ha coinvolto oltre che le argille anche i terreni miocenici: il tutto è messo in evidenza dal sovrascorrimento degli uni sugli altri, dai contatti stratigrafici invertiti e dalla presenza di varie strutture a scaglie embriciate.

Questi fenomeni sono evidenti principalmente in corrispondenza delle Argille Varicolori, ove non sempre è possibile ricostruire strutture tipo pieghe, quasi sempre troncate o nascoste da ricoprimenti tettonici con i fronti frastagliati e con presenze di klippen e/o finestre tettoniche.

Nell'ambito dei depositi alloctoni non mancano blocchi esotici e lembi del Flysch di San Bartolomeo; a volte il limite della coltre gravitativa è dislocato da faglie, talora ricoperte da alluvioni o da corpi di frana.

I lineamenti tettonici attualmente osservabili nelle serie affioranti sono stati determinati dalle diverse fasi tettoniche succedutesi dal Tortoniano: gran parte delle deformazioni sono state causate, appunto, da eventi tettonici a carattere compressivo verificatesi nel Tortoniano e poi nel Pliocene medio inferiore. Deformazioni di tipo distensivo invece si sono avute nel Pleistocene medio e superiore (*Dazzaro & Rapisardi, 1982*).

Nonostante gli eventi compressivi abbiano determinato una intensa tettonizzazione delle "Argille Varicolori", localmente, laddove affiorano le litologie più consistenti (carbonatiche ed arenacee), sono riconoscibili pieghe con andamento appenninico NNW-SSE. L'area strettamente interessata dalla realizzazione dei campi fotovoltaici, come si evince dallo stralcio del foglio 433 "Ariano Irpino" della Carta Geologica d'Italia di seguito riportato, è caratterizzata dalla presenza di successioni sedimentarie di età compresa tra il Pliocene e l'Olocene, riferibili alle seguenti unità Stratigrafici – Strutturali, dal basso verso l'alto, vi è l'Unità di Lagonegro, rappresentata nell'area di studio dalle "argille varicolori", di età oligocenica – aquitaniana. Argille e marne di colore rossastro, subordinatamente verde e grigio, con intercalazioni di diaspri, calcilutiti e calciruditi. La formazione, di natura argillosa, si presenta con un aspetto tipicamente scaglioso, conseguenza dei notevoli stress tettonici che questi terreni hanno subito.

La matrice argillosa ospita pezzame lapideo, di varia natura e dimensione. L'Unità Lagonegrese non definisce un chiaro assetto giaciturale, ma si presenta in giacitura caotica, con strati diversamente inclinati. Tale formazione si distingue difficilmente dalla parte bassa del Flysch di Faeto. Quest'ultima, affiora in un'ampia fascia tra il fiume Cervaro e Monte Triggiano, estendendosi oltre Monteleone di Puglia.

Il Flysch di Faeto, noto anche come Formazione o Flysch della Daunia, di età Langhiano Superiore – Serravalliano, la facies basale è costituita da alternanze di marne bianche. Marne argillose e calcareniti, calcari marnosi e calciruditi, con intercalati livelli argillosi e marnoso-argillosi. Strutturalmente questi terreni si presentano molto complessi, con dati giaciturali variabili da luogo a luogo. Tuttavia si nota un'immersione generale verso WSW che porta alla formazione di una struttura monoclinatica.

L'Unità Villamaina, la quale affiora al Monte Ferrara, lungo il vallone del gesso, lungo il fiume Cervaro ad est di Ariano Irpino ed al Monte Gessara. Di età Tortoniana – Aquitaniana, è costituita da marne argillose, varicolori, diatomiti, argille, calcari vacuolari friabili e gessi macro e microcristallini. La potenza della massa gessosa, che si aggira intorno al centinaio di metri, affiora in giacitura variabile da poco a molto inclinata al monte Ferrara. Questi terreni sono attribuiti ad un ambiente di sedimentazione di tipo euxinico ed evaporitico.

L'unità di Ariano, affiorante nell'area di studio, costituita da conglomerati ed arenarie che poggiano su terreni miocenici e premiocenici, seguiti da sabbie ed arenarie, di colore giallastro, in strati di spessore variabile e da sottili intercalazioni argillose.

Seguono argille ed argille marnose, di colore grigio scuro tendente all'azzurro. La serie è chiusa da arenarie e conglomerati a matrice sabbiosa, di età Pliocene inferiore – medio.

Nella valle del torrente Lavella si presentano i termini più bassi del ciclo e la successione termina con le argille grigio-azzurre.

Nell'area di studio sono presenti terreni quaternari costituiti da depositi alluvionali del Fiume Cervaro e dai suoi affluenti. Tali depositi derivanti dal disfacimento delle sovrastanti formazioni litoidi si presentano talora terrazzati.

4. Tettonica

Le vicissitudini tettoniche che hanno caratterizzato le aree appenniniche, rendono alquanto complesso il quadro strutturale ed i rapporti interformazionali, siano essi di natura stratigrafica o tettonica; inoltre, essi sono spesso mascherati da una coltre detritica che, specie nelle aree vallive, raggiunge spessori molto consistenti.

Dal punto di vista strutturale l'area è configurata come una grande anticlinale con asse orientato NW-SE, bordata da un doppio sistema di faglie ad andamento prevalentemente appenninico, ma anche, in maniera meno preponderante, con andamento anti-appenninico.

Nel corso del rilevamento geologico di superficie, non sono stati individuati indizi tettonici o faglie e/o altre soluzioni di continuità di entità tale da compromettere la stabilità dell'area interessata dal nuovo impianto fotovoltaico.

La cartografia ufficiale (Foglio 174 "Ariano Irpino" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000), in accordo con quanto sopra esposto, non riporta, nell'area rilevata, discontinuità tettoniche importanti ma solo indizi probabili desunti da rapporti tra le unità stratigrafiche poco chiari.

L'analisi morfologica risulta utile per individuare i processi morfogenetici in atto e la loro possibile evoluzione.

5. Geomorfologia

L'area appenninica ove si colloca il Comune di Ariano Irpino, è caratterizzata da un paesaggio prevalentemente collinare, tranne che per il settore nord occidentale dove vi è uno sviluppo pianeggiante. Nell'area compresa tra gli abitati di Ariano Irpino, Bonito, Fontanarosa e Vallata si individuano tre differenti Unità Geologiche disposte parallelamente tra loro ed orientate secondo la direzione appenninica: la dorsale Bonito – monte Forcuso, la dorsale Ariano Irpino – Vallata e la valle del fiume Ufita. Rispettivamente ad Est e ad Ovest della valle del Fiume Ufita, le due dorsali presentano le maggiori elevazioni con il rilievo di Frigento (911 m s.l.m.) e quello di Trevico (1094 m s.l.m.).

In sinistra orografica del Fiume Ufita, nel settore Bonito – M. Forcuso, la morfologia dominante è legata al complesso assetto strutturale dei terreni dell'unità Lagonegrese, sovrapposti tettonicamente sui terreni dell'Unità del Fortore, ed alla diffusione dei terreni pelitici affioranti, che esaltano l'intensa erosione lineare dei corsi d'acqua, ovunque in approfondimento. Quest'area è interessata da fenomeni franosi, parzialmente attivi e di riattivazione con meccanismi di scorrimento e/o colata alla scala dell'intero versante.

La dorsale morfo-strutturale comprendente l'Arianese e la Baronìa è orientata in senso appenninico e delimitata da grandi faglie dirette marginali. La morfologia risulta profondamente segnata dalla presenza di elementi morfostrutturali, come versanti di faglia evoluti e da numerosi elementi morfologici ereditati da paleosuperfici.

La morfologia della dorsale Ariano Irpino è condizionata, oltre che dalla presenza dei potenti depositi terrigeni del super-sistema di Ariano Irpino costituiti da argille, arenarie, sabbie e conglomerati, in grossi banchi nella parte sommitale della successione, soprattutto dagli effetti del sollevamento tettonico recente che ha contribuito al ringiovanimento del reticolo fluviale caratterizzato dal prevalente processo di erosione lineare attiva.

Le valli ovunque si presentano fortemente incise, talora, impostate lungo linee di faglia e/o fratture. Sui versanti sono diffusi fenomeni di dissesti superficiali e profondi che complessivamente concorrono al processo dell'erosione areale con rapido assottigliamento dei crinali.

Nella zona di Ariano Irpino si osservano numerosi valloni molto approfonditi e delimitati da scarpate verticali intagliate in sabbie ed arenarie spesso in precarie condizioni di stabilità.

Il settore che si sviluppa a nord-est dell'Arianese presenta una morfologia differente dal contesto descritto, ossia un paesaggio molto piatto e caratterizzato da ampi relitti di un originario altopiano con quote comprese tra i 600 ed i 700 m s.l.m. degradanti da SE verso NW, ed è impostato prevalentemente sui termini pelitici della Unità del Fortore e della Unità della Daunia. L'altopiano si svi-

luppa ad est dello spartiacque appenninico tra le località di Camporeale, Mezzana di Forte e Difesa Grande, ed è delimitato ad ovest dal corso del Torrente Cervaro. Attualmente, a seguito dei recenti approfondimenti del livello di base l'andamento pianeggiante dell'area è interrotto dall'incisione del Torrente Lavella, del Torrente di Vena e degli affluenti in sinistra del Torrente Cervaro, che nel tempo hanno ridotto gran parte dell'originario altopiano.

L'altopiano viene interpretato anch'esso come un relitto di un antico paesaggio maturo sospeso, riferibile alla Paleosuperficie Auctt. È correlabile alla paleosuperficie riconosciuta in Baronia, modellatosi dopo l'emersione dell'area avvenuta nel Pliocene medio-superiore, frammentato e dislocato a varie quote da faglie dirette appenniniche perimetrali (*Cinque et alii, 1993*).

6. Idrogeologia ed idrologia.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale, e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti.

Nel caso specifico della zona del Parco fotovoltaico in progetto le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Dal punto di vista idrogeologico, il complesso idrogeologico caratteristico dell'area in esame è quello rappresentato dal "complesso argilloso marnoso calcareo, costituito essenzialmente da successioni a composizione prevalentemente argillitica con colorazione variegata e con intercalazioni di termini litoidi di natura calcarea e calcareo marnosa inglobati caoticamente.

Tali successioni sono caratterizzate da una permeabilità medio bassa e impediscono la formazione di un deflusso sotterraneo unitario, rendendo generalmente possibile solo una modesta circolazione idrica, prevalentemente nella coltre di alterazione superficiale.

Solo in alcuni intervalli, caratterizzati dalla presenza di termini litoidi, si può manifestare una circolazione relativamente più profonda e cospicua.

Inoltre, l'articolato assetto litologico - strutturale ed idrogeologico determina una circolazione idrica di tipo complesso con zone ad alta permeabilità, poste in corrispondenza degli strati litoidi fratturati, e zone del tutto impermeabili nei termini argillosi. Questo determina sia la saturazione dei terreni argillosi che si trovano a contatto con i termini litoidi che delle sovrappressioni interstiziali con conseguente diminuzione delle caratteristiche meccaniche delle argille che, in condizioni di pendio, possono determinare l'innescò di scorrimenti e colate.

In quest'area l'idrografia superficiale presenta un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra interrotti da piene che, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, possono assumere un carattere rovinoso.

Lo sviluppo del reticolo idrografico riflette la permeabilità locale delle unità geologiche affioranti. Infatti, a permeabilità basse corrisponde un reticolo ben ramificato, mentre in aree a permeabilità elevata le acque si infiltrano rapidamente senza incanalarsi.

Gli elaborati F0500BT04A "Carta Geomorfologica" e F0500Bt05A "Carta Idrogeologica", mostrano che il reticolo idrografico è localmente poco ramificato; ciò indicherebbe l'affioramento di terreni con una media permeabilità d'insieme.

L'installazione dei campi fotovoltaici è prevista in aree di alto morfologico, lungo spartiacque di piccoli bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Fiume Calore, tanto che l'ubicazione delle opere in progetto non interferiranno con il reticolo idrografico esistente.

Il territorio in esame appare caratterizzato dalla presenza delle strette valli del Fiume Ufita e delle aste torrentizie minori (V.ne della Lupara e V.ne della Difesa) del suo bacino idrografico, quest'ultimo da intendere come porzione di quello più ampio del Fiume Ufita, poi di quello del Fiume Calore a sua volta appartenente al grande bacino idrografico del F. Volturno.

Ovviamente la stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto unitamente ai tratti interessati dal passaggio dei vari cavidotti, andrà analizzata in maniera più approfondita in una fase successiva anche mediante la realizzazione di opportune e adeguate indagini in situ e di laboratorio geotecnico.

Non si riscontrano significative interferenze e problemi tra le opere in progetto e gli elementi idrici più importanti presenti nel territorio considerato.

Si prevede di utilizzare ove possibile la viabilità esistente (strada asfaltata) per l'attraversamento eventuale sia dei principali corpi idrici, sia degli elementi idrici minori (canali, incisioni, ecc.) così da minimizzare l'impatto che nuove opere potrebbero avere sul reticolo idrografico esistente.

7. Campagna di Indagini Geognostiche

La campagna di indagini geognostiche eseguita dal sottoscritto, e consultata per il presente lavoro, fu strutturata in relazione alla natura dei litotipi affioranti e vide l'esecuzione di prove sismiche indirette che hanno interessato l'area di sedime dell'impianto in progetto.

L'elaborato F0500BT03A - "Planimetria ubicazione indagini geognostiche" riporta in scala 1:5000 l'intero progetto del Parco fotovoltaico dove sono indicate l'ubicazione di tutte le indagini eseguite e l'ubicazione dei n. 7 aree con vari campi fotovoltaici e del cavidotto fino al raggiungimento della sottostazione.

Di seguito si riportano una breve descrizione delle indagini eseguite e consultate, invece, nell'elaborato F0500BR02A – Report di Fine Campagna Geognostica sono riportati tutti gli elaborati grafici e descrittivi delle indagini eseguite.

7.1 Sismica a rifrazione con tecnica MASW

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle aree oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" individuano n. 5 categorie di sottosuolo e precisamente:

Categoria A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
Categoria C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
Categoria D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
Categoria E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della VS equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:

- h_i spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
 - $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 - N numero di strato;
 - H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiori a 800 m/s.
-
- Per lo stendimento **MASW01**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **301 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW02**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **338 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW03**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **362 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW04**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **323 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW05**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **467 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW06**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **410 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW07**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **357 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
 - Per lo stendimento **MASW08**, il valore equivalente di V_S calcolato pari a **389 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

- Per lo stendimento **MASW09**, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **469 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- Per lo stendimento **MASW10**, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **572 m/sec**, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

7.2 Sismica a rifrazione onde P e SH

In base alle indicazioni ricavate dalle prove geofisiche, si riportano le tabelle riassuntive delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per i siti d'interesse come risultato dalle indagini svolte. I valori delle V_s sono stati ricavati in modo indiretto dalle prove sismiche MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (dinamici), eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es. Rzhnevsky et alii, 1971, $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

• Stendimento ST01

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,80)	365	102	1,56	0,45	47	16	186	175
B (1,80÷7,00)	1164	112	1,95	0,48	73	24	2609	2593
C (7,00÷12,00≈)	1169	436	1,95	0,41	1052	371	2171	1923
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 1</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST01			
A (0,00÷1,80)	159		240					
B (1,80÷7,00)	218		2440					
C (7,00÷12,00≈)	889		7639					

• Stendimento ST02

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,10)	310	164	1,52	0,31	107	41	92	64
B (2,10÷5,70)	1481	260	2,04	0,48	409	138	4291	4199
C (5,70÷12,00≈)	1993	319	2,16	0,48	654	220	8287	8140
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 2</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST02			
A (0,00÷2,10)	249		173					

B (2,10÷5,70)	530	3952
C (5,70÷12,00≈)	689	7156

• **Stendimento ST03**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,90)	443	198	1,62	0,37	175	64	233	191
B (1,90÷5,50)	1250	276	1,98	0,47	445	151	2893	2792
C (5,50÷12,00≈)	1936	366	2,15	0,48	853	288	7674	7482
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 3</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST03			
A (0,00÷1,20)	320		354					
B (1,20÷7,40)	546		2814					
C (7,40÷15,00≈)	786		6751					

• **Stendimento ST04**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,60)	486	165	1,65	0,43	129	45	330	300
B (1,60÷5,00)	1508	208	2,04	0,48	263	88	4521	4463
C (5,00÷12,00≈)	1940	306	2,14	0,48	596	200	7787	7653
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 4</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST04			
A (0,00÷1,60)	272		425					
B (1,60÷5,00)	424		4094					
C (5,00÷12,00≈)	654		6775					

• **Stendimento ST05**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,80)	502	261	1,66	0,31	297	113	268	192
B (1,80÷6,30)	1244	320	1,97	0,46	591	202	2780	2645
C (6,30÷12,00≈)	1934	440	2,14	0,47	1220	414	7452	7176
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 5</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST05			
A (0,00÷1,80)	433		454					
B (1,80÷6,30)	630		2786					
C (6,30÷12,00≈)	941		6736					

• **Stendimento ST06**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,70)	694	192	1,77	0,45	190	65	765	722
B (1,70÷6,10)	1549	361	2,05	0,47	786	267	4563	4384
C (6,10÷12,00≈)	1416	369	2,02	0,46	805	275	3683	3500
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)		<i>Tabella 6</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST06			
A (0,00÷1,70)	339		868					
B (1,70÷6,10)	740		4324					
C (6,10÷12,00≈)	863		8071					

• **Stendimento ST07**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,20)	392	146	1,59	0,41	96	34	199	177
B (2,20÷6,80)	1360	327	2,01	0,46	632	215	3431	3288

C (6,80÷12,00≈)	2040	358	2,16	0,48	822	277	8620	8435
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)	<i>Tabella 7</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST07				
A (0,00÷2,20)	232		277					
B (2,20÷6,80)	657		3329					
C (6,80÷12,00≈)	773		7494					

• **Stendimento ST08**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G₀ (MPa)	M₀ (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,90)	395	150	1,59	0,41	101	36	200	177
B (1,90÷6,70)	1174	269	1,95	0,47	415	141	2499	2405
C (6,70÷12,00≈)	1833	390	2,13	0,48	957	324	6725	6509
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)	<i>Tabella 8</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST08				
A (0,00÷1,90)	238		281					
B (1,90÷6,70)	524		2484					
C (6,70÷12,00≈)	830		6049					

• **Stendimento ST09**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G₀ (MPa)	M₀ (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,70)	472	296	1,64	0,35	338	144	174	78
B (1,70÷5,60)	1544	453	2,05	0,45	1222	421	4326	4046
C (5,60÷12,00≈)	2075	580	2,17	0,46	2128	730	8370	7883
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)	<i>Tabella 9</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST09				
A (0,00÷1,70)	485		401					
B (1,70÷5,60)	928		4295					
C (5,60÷12,00≈)	1258		7756					

• **Stendimento ST10**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G₀ (MPa)	M₀ (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,00)	405	223	1,60	0,29	204	80	156	103
B (2,00÷6,80)	1338	425	2,00	0,44	1043	361	3099	2858
C (6,80÷12,00≈)	2070	477	2,17	0,47	1454	494	8640	8311
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)		E_d (MPa)	<i>Tabella 10</i> -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST10				
A (0,00÷2,00)	356		296					
B (2,00÷6,80)	850		3226					
C (6,80÷12,00≈)	1035		7716					

Con:

\bar{V}_p = velocità media onde di compressione;

\bar{V}_s = velocità media onde di taglio;

γ = Peso unità di volume naturale;

μ = coefficiente di Poisson;

E_y= modulo di Young;

G₀= modulo di taglio;

M₀= modulo di compressibilità volumetrica;

λ = coefficiente di Lamé;

R= rigidità sismica;

E_d= modulo edometrico.

Tutti i dati rivenienti dall'indagine sismica eseguita in Onde P e SH, con le sismo-stratigrafie ottenute dall'interpretazione delle velocità delle Onde P, sono riportati nell'Allegato A2.1

7.3 Indagini geognostiche consultate

Nel lavoro consultato per l'intervento sul Parco Eolico di 80,60 MW di Ariano Irpino e Savignano Irpino eseguito nell'anno 2021 dal Dott. Geol. Petriccione dell'Ordine dei Geologi della Campania, sono state indicate numerosi valori geotecnici caratteristici dei terreni di sedime dei campi fotovoltaici.

Tali parametri sono sicuramente adottabili per i terreni di sedime dei campi fotovoltaici in progetto e rappresentativi della stratigrafia tipo dei terreni di stretto interesse.

Dall'interpretazione di una serie di indagini geognostiche eseguite nelle aree prospicienti il sito in esame è emerso che l'area interessata dalla realizzazione dei campi fotovoltaici e delle opere connesse è caratterizzata dalla presenza di depositi limoso argilloso sabbiosi e argilloso limoso sabbiosi con presenza diffusa di inclusi litici eterometrici di natura calcarea, calcareo marnosa e arenacea.

Di seguito si riportano le colonne stratigrafiche di alcuni sondaggi eseguite nelle zone che ospite-

ranno il suddetto parco fotovoltaico.

		Cantiere Savignano (AV)	Indagine Carofaggio continuo	Sondaggio S2		
Scala (mt)	Litologia	Descrizione		Quota	Falda	
1	...	Terreno vegetale con torba		1.60		
2	...				2.00	
3	...				2.50	
4	...	Argilla e limo inglobante clasti di marna e clasti di arenarie			4.00	
5	...			7.40		
6	...				6.00	
7	...				6.50	
8	...					
9	...					
10	...	Argilla grigio verde		3.00		
11	...					
12	...					

Cantiere Savignano (AV) Indagine Carotaggio continuo Sondaggio S7 PZ4

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Falda
-1		terreno vegetale con torba	2.30	
-2				-3.00
-3				-3.50
-4		Limo Argilloso di colore avana con clasti di arenarie e marne	4.20	
-5				
-6				
-7				
-8		Argilla grigio scura		-9.00
-9			5.50	-9.50
-10				
-11				
-12				

Cantiere Savignano (AV) Indagine Carotaggio continuo Sondaggio S5

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Falda
-1		terreno vegetale con torba	1.30	
-2				-3.00
-3				-3.50
-4		Limo Argilloso con clasti di arenarie e marne	6.70	
-5				
-6				
-7				
-8				-7.50
-9				-8.00
-10		Argilla grigio scura	4.00	
-11				
-12				

Dall'esame della tabella dei parametri geotecnici dei campioni esaminati appartenenti alla indagini geognostiche consultate, riportato di seguito, si evince che essi presentano un peso di volume naturale che oscilla da 1.75 g/cm³ a 2.05 g/cm³, un grado di saturazione sempre superiore all'80 %.

Dal punto di vista meccanico, le prove di taglio hanno fatto rilevare angoli di attrito variabili dai

Sigla Sondaggio	Sigla Campione	Profondità di prelievo (m)	Peso volume dei grani (g/cm ³)	Peso volume naturale (g/cm ³)	Peso volume del secco (g/cm ³)	Indice dei vuoti (-)	Porosità (-)	Contenuto di acqua (%)	Grado di saturazione (%)	Limite di liquidità (%)	Limite di plasticità (%)	Limite di ritiro (%)	Frazione argillosa <0.002mm (%)	Frazione limosa <0.06mm (%)	Frazione <0.074mm (%)	Frazione sabbiosa <2mm (%)	Frazione ghiaiosa <60mm (%)	Angolo di attrito di picco (*)	Coazione intercetta (kg/cm ²)
S1	C1	6,00-6,50	2.80	1.78	1.36	1.06	0.52	30.87	0.81	43.04	24.71	11.71	25.95	48.69	77.25	25.35	0.00	18.63	0.26
S1	C2	9,50-10,00	2.83	1.91	1.49	0.90	0.47	27.83	0.87	67.18	35.47	9.67	31.48	45.03	78.98	22.45	1.04	21.96	0.18
S2	C1	2.00-2.50	2.71	1.82	1.44	0.88	0.47	26.47	0.82	58.01	26.10	12.91	31.27	37.26	70.69	29.89	1.58	15.02	0.16
S2	C2	6,00-6,50	2.71	1.86	1.47	0.85	0.46	26.47	0.86	58.91	25.33	13.89	55.11	43.11	99.53	1.78	0.00	14.24	0.42
S3	C2	6,00-6,50	2.78	1.80	1.54	0.81	0.45	16.95	0.58	46.23	27.13	12.83	30.04	41.37	73.80	28.59	0.00	19.10	0.29
S5	C2	7.50-8.00	2.73	1.99	1.65	0.66	0.40	20.97	0.87	58.89	29.97	17.08	26.63	67.92	98.05	5.45	0.00	25.40	0.46
PZ1	C1	2.00-2.50	2.79	1.74	1.21	1.31	0.57	44.00	0.94	78.71	37.40	6.84	49.20	32.08	84.62	15.59	3.13	15.99	0.29
PZ1	C2	6,00-6,50	2.76	2.01	1.56	0.77	0.43	28.38	1.02	65.11	33.87	17.92	50.42	43.91	95.55	5.67	0.00	20.52	0.37
PZ2	C2	8.00-8.50	2.81	1.92	1.49	0.88	0.47	28.76	0.92	70.00	37.39	15.03	53.88	20.64	75.68	25.41	0.07	15.94	0.42
PZ3	C1	3.00-3.50	2.75	1.89	1.64	0.68	0.40	15.26	0.62	55.99	31.60	18.76	28.34	38.44	73.78	28.54	4.68	18.89	0.37
PZ4	C1	3.00-3.50	2.78	1.98	1.58	0.75	0.43	24.82	0.91	57.92	25.41	9.06	51.10	45.59	98.78	3.31	0.00	14.16	0.34
PZ4	C2	9,00-9,50	2.73	1.98	1.57	0.74	0.43	26.04	0.96	71.43	31.15	10.26	31.90	45.46	80.40	21.34	1.30	27.90	0.37
PZ5	C1	3,50-4,00	2.77	2.06	1.64	0.68	0.41	25.46	1.03	31.66	18.22	6.80	32.88	41.64	79.07	25.30	0.18	20.19	0.32
PZ6	C1	2.00-2.50	2.75	1.84	1.32	1.08	0.52	38.72	0.99	60.59	27.47	12.59	49.18	42.65	93.67	6.74	1.42	14.05	0.37
PZ7	C1	3.00-3.50	2.83	2.13	1.93	0.47	0.32	10.24	0.63	69.27	36.93	9.86	11.52	20.33	34.79	57.05	11.11	24.26	0.25

Tabella riassuntiva parametri geotecnici campioni analizzati

14° ai 28° con una coazione efficace che varia da 0.16 a 0.42, mentre la coazione non drenata varia da 0.80 Kg/cm² per i terreni più superficiali a 3.5 Kg/cm² per quelli più profondi.

8. Considerazioni sulla Sismicità dell'area

8.1 Parametri sismici dell'area del parco fotovoltaico in progetto

La normativa sulla individuazione delle zone sismiche, OPCM n. 3274/2003 e s.m.i., dispone che l'abitato di Ariano Irpino sia classificato come zona sismica di 1^a categoria con un grado di sismicità $S=12$ a cui compete una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g maggiore di **0.35 g**.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 e ancor prima del D.M. 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Quindi per la stima della pericolosità sismica di base, si determinano le coordinate geografiche del sito di interesse, si sceglie la maglia di riferimento, e si ricavano i valori dei parametri spettrali come media pesata dei valori corrispondenti ai vertici della maglia (forniti in allegato al D.M. 17.01.2018), moltiplicati per le distanze dal punto.

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni del 2008 forniscono, per l'intero territorio nazionale, i parametri da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica. Tali parametri sono forniti in corrispondenza dei nodi, posti ad una distanza massima di 10 km, all'interno di un reticolo che copre l'intero territorio nazionale. I valori forniti di **ag**, **Tr**, **Fo** e **Tc** da utilizzare per la risposta sismica del sito sono riferiti al substrato, inteso come litotipo con $V_s > 800$ m/sec.

L'azione sismica sulle costruzioni viene dunque valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A nelle NTC). La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Come anzi detto, essa, in un generico sito viene descritta in termini di valori di accelerazione orizzontale massima **ag** e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, sopra definito, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni **ag** e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su si-

to di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri: **ag** accelerazione orizzontale massima del terreno; **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. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

- **ag** il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- **Fo** e **Tc** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento, previste dalle NTC, scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è impostata operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare: la vita di riferimento VR della costruzione, le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR, associate a ciascuno degli stati limite considerati. Si possono così individuare, partendo dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

In relazione alle indagini geognostiche eseguite comparate con quelle consultate eseguite in precedenza dell'area di stretto interesse, di seguito si riporta una tabella sinottica con indicazione della categoria di suolo e alla categoria topografica associato a ciascun suolo di fondazione delle strutture dell'impianto fotovoltaico.

CAMPO FOTOVOLTAICO	CATEGORIA DI SUOLO	CATEGORIA TOPOGRAFICA
CAMPO 1	B	T1
CAMPO 2	B	T1
CAMPO 3	B	T1
CAMPO 4	B	T1
CAMPO 5	B	T1
CAMPO 6	B	T1
CAMPO 7	B	T1

Di seguito si riportano i parametri sismici sia dei terreni di sedime delle strutture dell'impianto che ricadono su terreni di categoria "B" e con un coefficiente topografico "T1" in quando la pendenza massima dei versanti su cui saranno installati i campi fotovoltaici è sempre inferiore ai 15 %.

PARAMETRI SISMICI DELLE AREE DI UBICAZIONE DEI CAMPI FOTOVOLTAICI

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,056 g

Fo: 2,384

Tc*: 0,286 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,220 g

Fo: 2,455

Tc*: 0,383 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,073 g

Fo: 2,367

Tc*: 0,322 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

g: 0,311 g

Fo: 2,369

Tc*: 0,426 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1410

St: 1,000

Kh: 0,012

Kv: 0,006

Amax: 0.659

Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,380

St: 1,000

Kh: 0,016

Kv: 0,008

Amax: 0.861

Beta: 0,180

SLV:

Ss: 1,150

Cc: 1,330

St: 1,000

Kh: 0,081

Kv: 0,040

Amax: 2.550

Beta: 0,310

SLC:

Ss: 1,060

Cc: 1,300

St: 1,000

Kh: 0,106

Kv: 0,053

Amax: 3.359

Beta: 0,310

8.2 Microzonazione sismica dell'area del parco fotovoltaico in progetto

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento sismico atteso legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente che possono essere attivati dal sisma.

Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Nel presente studio è stato eseguito un approfondimento di I° livello, mappando l'intera zona circostante l'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto in zone a suscettibilità sismica differente.

Come riportato nell'elaborato T07 - Carta della Microzonazione Sismica in scala 1:5.000, l'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto è divisa in varie zone sismiche differenti sia classificate **Zone Stabili (b) suscettibili di amplificazioni locali**, sia classificate **Zona suscettibili di instabili-**

tà (c) in cui gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del terreno come l'instabilità di versante sia profonda che superficiale.

Tutti i campi fotovoltaici in progetto e la sottostazione, saranno ubicati in zona stabili (b) suscettibili di amplificazione locale, le quali sono state suddivise in relazione alla litologia del sottosuolo, in quattro zone differenti.

9. Considerazioni sui terreni di fondazione dei parchi fotovoltaici in progetto

Il parco fotovoltaico in progetto è composto da n. 7 aree distinte ciascuna con vari campi fotovoltaici in gran parte disposti nell'altopiano presente a nord-ovest ed est del Comune di Ariano Irpino, dove affiorano terreni olocenici composti da scisti argilloso marnoso galestrini appartenenti al Complesso Calcereo Marnoso arenaceo delle Unità Lagonegresi.

I terreni presenti in questa piana sono terreni con discrete caratteristiche geotecniche; in generale sono terreni argilloso marnosi galestrini talora aciculari e marnoscisti.

Dall'analisi delle conoscenze dello scrivente, dal modello geologico e dalle indagini geotecniche in sito prese come riferimento, è stato possibile definire il modello geotecnico del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utili per la determinazione delle fondazioni di cui dotate le strutture in progetto, desunti dalla bibliografia ufficiale e da campioni analizzati in laboratorio geotecnico come riportato nel capitolo precedente.

9.1 Parametri geotecnici di riferimento

Per l'enorme estensione dell'area del Parco fotovoltaico in progetto, per la variabilità dei terreni affioranti, si impone la presenza costante della falda freatica al una profondità di -4/5.00 mt dal piano campagna, dove affiorano i terreni eluviali sabbioso limosi ghiaiosi sovrapposti alle argille e marne prevalentemente siltose, mentre la sua presenza di falda nel substrato non è stata in questa fase verificata

- **- Valori medi (Vm) dei terreni presenti nella parte più superficiale fino alla profondità di 6.00/8.00 mt. composti da Sabbie limose ghiaiose miste ad elementi vulcanici**

□ Peso di volume naturale	$P_v = 1.80 \text{ gr/cm}^3$
□ Coesione drenata	$c' = 0,15 \text{ kg/cm}^2$
□ Coesione non drenata	$c_u = 0,80 \text{ kg/cm}^2$
□ Angolo di attrito interno	$\phi = 15.00^\circ$
□ Modulo edometrico	$e = 25 \text{ kg/cm}^2$

- **- Valori medi (Vm) dei terreni del substrato composti da argille e marne prevalentemente siltose con intercalazioni di strati calcarei o arenacei**

□ Peso di volume naturale	$P_v = 2.00 \text{ gr/cm}^3$
---------------------------	------------------------------

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| □ Coesione drenata | $c' = 0,25 \text{ kg/cm}^2$ |
| □ Coesione non drenata | $c_u = 2.00 \text{ kg/cm}^2$ |
| □ Angolo di attrito interno | $\phi = 19.00^\circ$ |
| □ Modulo edometrico | $e = 50 \text{ kg/cm}^2$ |

Di seguito si riportano il Modello Geologico Tecnico adottato per le zone dei campi fotovoltaici n. 1, 2, 3 e 4 e quello per le zone n. 5, 6 e 7.

10. Analisi di stabilità di versante

Le n. 7 zone con vari campi fotovoltaici e la sottostazione elettrica sono ubicati in zone poco inclinate o su versanti la cui pendenza non necessita di essere investigata tramite l'esecuzione di verifiche specifiche di stabilità di versante.

Dal punto di vista della stabilità dell'area, la franosità e funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, e quindi in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, soprattutto, la pendenza dei versanti dove essi affiorano. Le torri in progetto ricadono tutte in aree stabili o in aree interessate da movimenti lenti superficiali tipo creep e soliflusso.

Particolare attenzione deve essere posta alla regimentazione delle acque meteoriche per evitare che, il loro ruscellamento selvaggio e la loro infiltrazione negli strati più superficiali possa innescare fenomeni di instabilità.

Comunque in fase esecutiva devono essere eseguite specifiche indagini geognostiche e geotecniche nonché verifica di stabilità dei versanti sia ex ante che ex post. Allo stato non esiste alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico dei terreni sedime di fondazione e la sua capacità portante.

11. Considerazioni conclusive

I lavori in progetto prevedono la costruzione di impianti fotovoltaici con strutture di supporto dei pannelli disposte sull'alto strutturale della piana di "Taverna del Principe", in cui affiorano terreni argilloso-marnosi galestrini appartenenti al Complesso Calcereo-marnoso-arenaceo delle Unità lagonegresi.

Tali opere trasmettono al terreno di fondazione un discreto carico unitario; pertanto, allo scopo di assicurare una buona stabilità del complesso terreno-fondazione, in relazione agli scarichi a livello d'imposta, le strutture fondali dovranno assolvere a vari compiti quali:

- avere una sufficiente superficie di contatto;
- avere una sufficiente sezione inerziale;
- avere adeguata rigidità tale da assorbire eventuali cedimenti.

La verifica delle fondazione deve necessariamente tenere conto dei fattori inerenti la stabilità dell'opera; composizione geotecnica dell'area di sedime; portanza del terreno; geologia della zona direttamente interessata e quella delle zone circostanti; stato di addensamento; compressibilità del terreno; permeabilità; falda acquifera; distribuzione nel terreno delle tensioni indotte; spessore dello strato reagente; zonazione sismica; consolidazione; condizioni orografiche e geomorfologiche; stabilità del versante; assetto intrafissurale del terreno di sedime.

L'ubicazione dei campi fotovoltaici, riportata in tutti gli elaborati cartografici, evidenzia l'ottima disposizione delle stesse in relazione alla litologia dei terreni affioranti e alla geomorfologia delle zone interessate, infatti, esse ricadono tutte su terreni con discrete caratteristiche geotecniche e poste ad una distanza di sicurezza dall'alveo dei Valloni che evidenziano l'alto strutturale confluendo.

In conclusione, dalle risultanze ottenute riportate nella presente relazione, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai dati fisici e meccanici ottenuti nella campagna di indagine eseguita, dai rilievi geologici e geomorfologici di superficie, considerando altresì le discrete qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto.

Matera 14 gennaio 2023

Il Geologo
Dott. Maurizio Giacomino