



Regione Puglia



Comune di Gravina in Puglia



Provincia di Bari

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO AGRIVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE
OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**
Località Pescarella - Comune di Gravina in Puglia (BA)

PROGETTO DEFINITIVO

FLX_GEO.01
Relazione Geologica

Proponente



Rinnovabili Sud Due srl
Via Della Chimica, 103 - 85100 Potenza (PZ)

Formato

A4

Scala

-

Progettista

Dott. Geol. Emanuele Bonanno



Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	25/09/2023	Dott. Geol. Emanuele Bonanno	Dott. Geol. Emanuele Bonanno	Dott. Geol. Emanuele Bonanno

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	8
4	CARATTERI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI	9
5	COMPATIBILITÀ CON IL PAI	9
7	RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO	10
8	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	13
9	CONCLUSIONI	15
10	ALLEGATI	17
11	REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE	25



1 PREMESSA

Nel seguente elaborato si presenta lo studio geologico realizzato per conto della società Rinnovabili sud Due S.r.l.. La società intende realizzare un parco agro-fotovoltaico per complessivi 24,814 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da realizzarsi in località "Pescarella" del comune di Gravina in Puglia (BA) con opere connesse sempre in Comune di Gravina in Puglia (BA). Tale impianto è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile in accordo con la Strategia Energetica Nazionale (SEN).

La sua giustificazione intrinseca sta nel fatto di promuovere e realizzare la produzione energetica ricavata da fonte rinnovabile, e quindi con il notevole vantaggio di non provocare emissioni (liquide o gassose) dannose per l'uomo e per l'ambiente in un connubio con l'attività e la produzione agricola del sito stesso. Il progetto riguarda infatti la realizzazione di una tipologia di impianto agro voltaico, ovvero un "ibrido" tra agricoltura locale e infrastruttura fotovoltaica, di modo da poter sfruttare al meglio il potenziale solare senza sottrarre terra utile alla produzione alimentare.

L'impianto si sviluppa su un'area collinare ad una altitudine media di 350 metri s.l.m. con una estensione di complessivi circa 45,51 ettari nel territorio del comune di Gravina in Puglia. Nello specifico, i terreni occupati dall'impianto sono costituiti da terreni condotti a seminativo. Nella zona non si rilevano caratteristiche naturalistiche di particolare importanza.

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione prevista con la **STGM proposta da Terna con Codice Pratica: 202200327** prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Genzano 380 – Matera 380".

Il lavoro è condotto con riferimento alle disposizioni riportate nelle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* D. M. Infrastrutture 17.01.18, e all' O.M. 3274 del 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

Inoltre, è stato consultato il Piano Stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico del bacino del Fiume Bradano, rientrante nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, per verificare l'appartenenza dell'area in oggetto ad eventuali zone a rischio idrogeologico.

Sul posto sono stati effettuati una serie di rilievi atti a riconoscere e valutare:

- i lineamenti geomorfologici della zona;
- la conformazione geolitologica dell'area;
- le condizioni geotettoniche nel quale il sito sosta;
- eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto;
- lo stato idrogeologico superficiale;



- i parametri sismici dei terreni mediante indagini geognostiche in situ.

In questa fase progettuale, le indagini geognostiche eseguite si riferiscono unicamente all'area del parco agro-fotovoltaico (area impianto) e non all'area di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in quanto il posizionamento delle opere per la connessione può essere ancora soggetto a modifiche.

I risultati e le considerazioni scaturite nel corso dei rilevamenti effettuati e le conclusioni alle quali si è arrivati sono riportati nella presente relazione, in cui si allega:

- Inquadramento su ortofoto in scala 1:50.000;
- Inquadramento su IGM in scala 1:25.000;
- Carta dell'altimetria, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta delle pendenze, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta rischio frana e idraulico PAI, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta Idrogeomorfologica, su base IGM in scala 1:25.000
- Carta dell'idrografia, su base IGM in scala 1:25.000
- Report indagini geognostiche

A corredo del presente elaborato competono gli elaborati: *TER_GEO.02 Carta geologica*.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area su cui si intende realizzare il parco agro-fotovoltaico è ubicata nel territorio del comune di Gravina in Puglia, in provincia di Bari, a circa 9 km a ovest del centro storico, in località *Pescarella*. L'area oggetto dello studio ha un'estensione di circa 42 ettari ed è contenuta all'interno dei fogli mappa n° 453162 della Carta tecnica Regionale alla scala 1:5.000, del foglio 453-II "Lago di Serra del Corvo" della carta IGM in scala 1:25.000 e nel foglio 188 "Gravina in Puglia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

L'impianto di generazione si collegherà per mezzo di un cavidotto interrato di lunghezza circa 10 km, alla Stazione Elettrica Terna di futura realizzazione, posizionata anch'esse nel territorio comunale di Gravina in Puglia, al foglio 472014 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, a circa 4,5 km a sud-est dell'impianto di generazione.



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio interessato dal progetto si colloca in agro del comune di Gravina in Puglia (BA) ed è individuabile al foglio 188 “Gravina in Puglia” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico quest’area ricade al margine di un grosso bacino deposizionale noto come “Fossa Bradanica” (o fossa premurgiana) ed è caratterizzata da terreni sedimentari terrigeni di origine lacustre o fluvio-lacustre appartenenti appunto al “Ciclo Bradanico”. La fossa Bradanica è parte dell’avanfossa appenninica post-messiniana migrata, con diverse fasi deformative, verso Est durante il Pliocene e parte del Pleistocene e con l’inarcamento (peripheral bulge) dell’avampaese apulo rappresenta la subduzione litosferica della piattaforma Apula o Adria. Dalle Murge in direzione della zona assiale della catena Appenninica sia le sezioni sismiche che i pozzi profondi mostrano una graduale immersione della piattaforma Apula e della sua copertura terrigena pliocenica al di sotto del fronte esterno dei thrusts alloctoni appenninici. I suoi depositi costituiscono una potente successione plio-pleistocenica spessa 3-4 km formatasi a seguito della cessazione della subsidenza e rappresenta il riempimento dell’avanfossa. La base della successione di bacino è costituita dai calcari cretacei, gli stessi calcari che costituiscono la piattaforma apula.

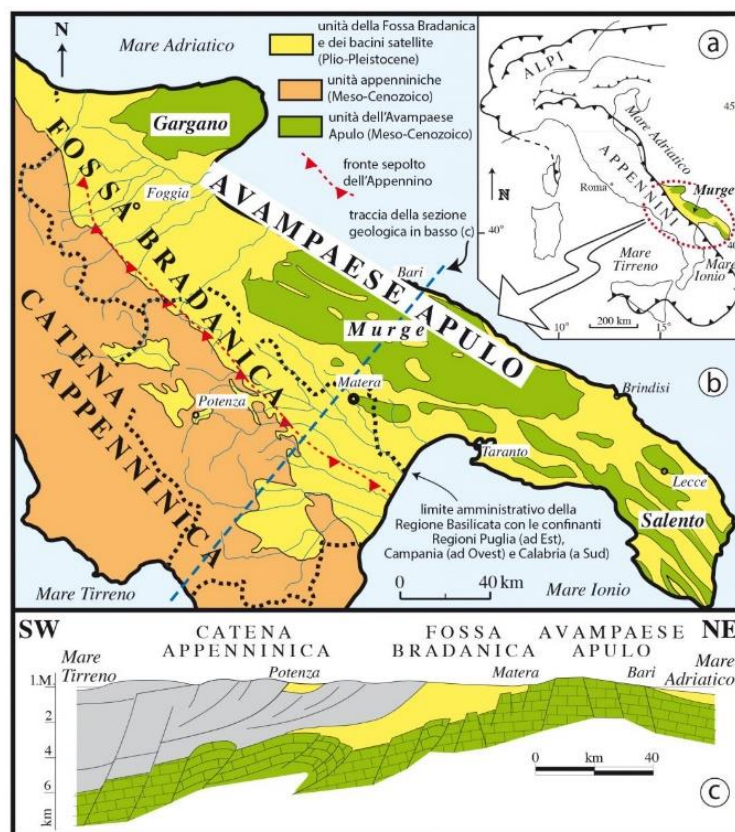


Figura 1. Schema geologico-strutturale



Nell'area interessata dal progetto sono state individuate le seguenti Formazioni, dalla più antica alla più recente e dal basso verso l'alto, utilizzando le denominazioni convenzionali della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, dell'I.G.M. e sono:

Argille di Gravina (Calabriano – Pliocene)

Sono argille più o meno siltose o sabbiose di colore grigio-azzurre, con gesso e fustoli carboniosi. Esse affiorano estesamente nell'area di studio con spessori che possono superare il centinaio di metri e alla base poggiano in discordanza direttamente sul Calcarea di Altamura di età cretacea. Queste argille si trovano embricate con le calcareniti fini giallastre definite come "Tufo di Gravina". Le argille di Gravina sono presenti su la maggior parte dell'area impianto di generazione e le attraversa il tratto centrale di circa 2 km del cavidotto MT.

Sabbie di Monte Marano (Calabriano);

Questa formazione è composta da sabbie calcarea-quarzose di colore giallastro a volte con livelli arenacei, intercalazioni di calcarea farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi. Tale formazione raggiunge spessori nell'ordine del centinaio di metri nei pressi dell'area di studio e giace in concordanza sulle "Argille di Gravina". Si presenta estremamente ricca in fossili. Questa formazione affiora estesamente nella parte più a monte dell'area impianto di generazione e il cavidotto MT interrato la percorre per i primi 3.8 km.

Conglomerato di Irsina (Villafranchiano sup.-Emiliano)

Rappresenta il conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario plio-pleistocenico, poligenico, con ciottoli anche di rocce cristalline, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose prevalentemente alla base. La macrofauna è costituita da gasteropodi, lamellibranchi, brachiopodi, briozoi, coralli; mentre la microfauna da foraminiferi. Nei pressi dell'area di studio assume caratteri di continentalità mostrando conglomerati alluvionali poligenici con evidente stratificazione incrociata e lenti sabbiose ocracee o rossastre. Lo spessore di tale formazione è molto variabile e può raggiungere i 25-30 metri. A contatto con questa formazione si collocano la SE Terna, i tralicci di nuova realizzazione e il tratto finale di 2.9 km del cavidotto MT.

Alluvioni terrazzate

Alluvioni terrazzate di ambiente fluvio-lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti siltosi, con lenti di sabbie e ciottoli. Età imprecisata ma probabile pleistocene superiore. Hanno colore prevalentemente grigio. La morfologia terrazzata non è più molto evidente.



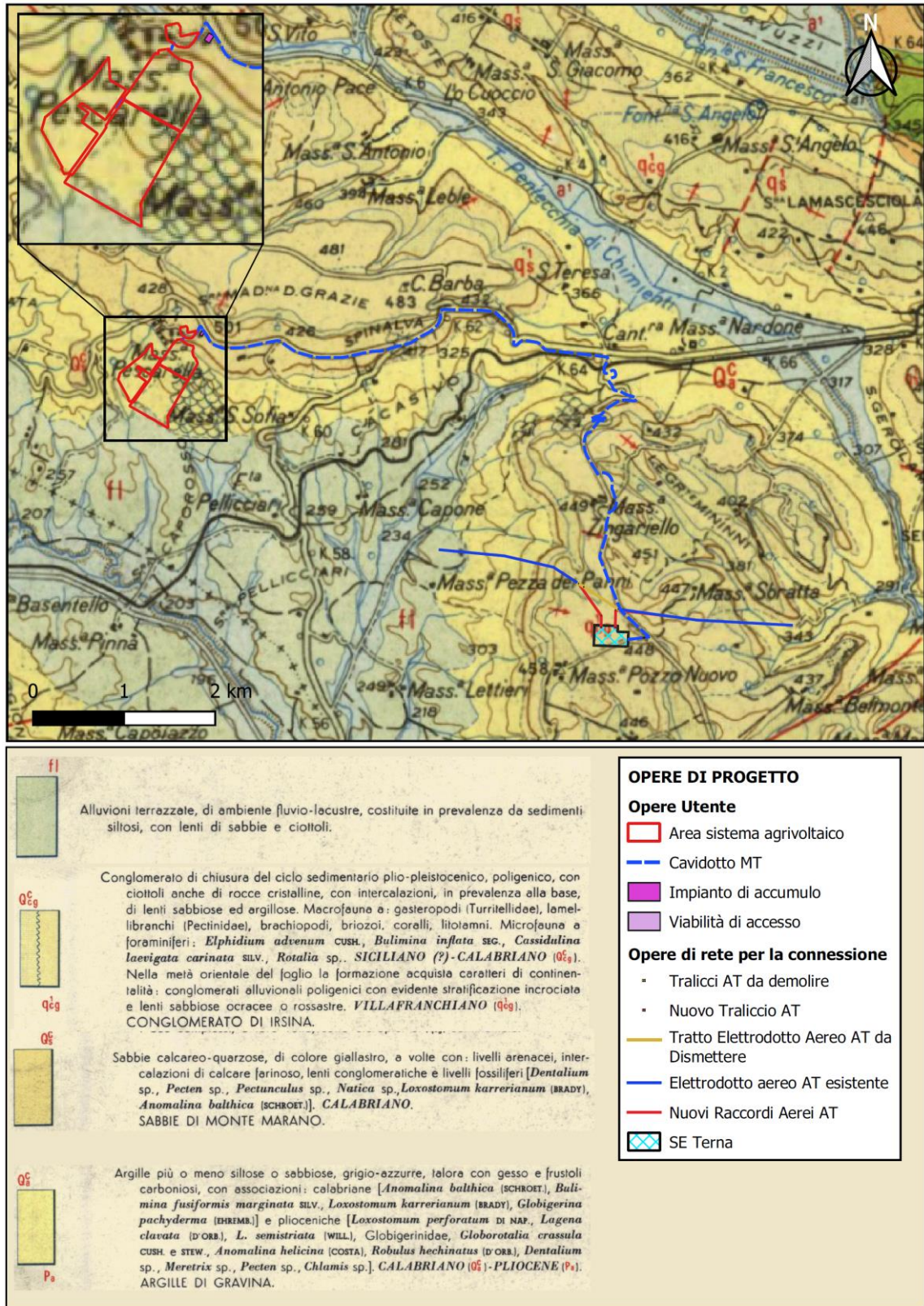


Figura 2. Stralcio Carta Geologica d'Italia – Foglio 188 “Gravina in Puglia”.



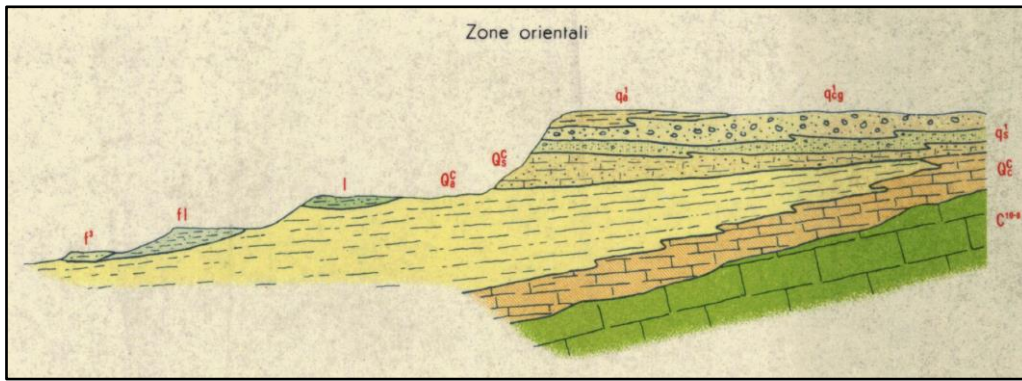


Figura 3. Schema dei rapporti stratigrafici (fonte: Carta Geologica d'Italia – Foglio 188 “Gravina in Puglia”).

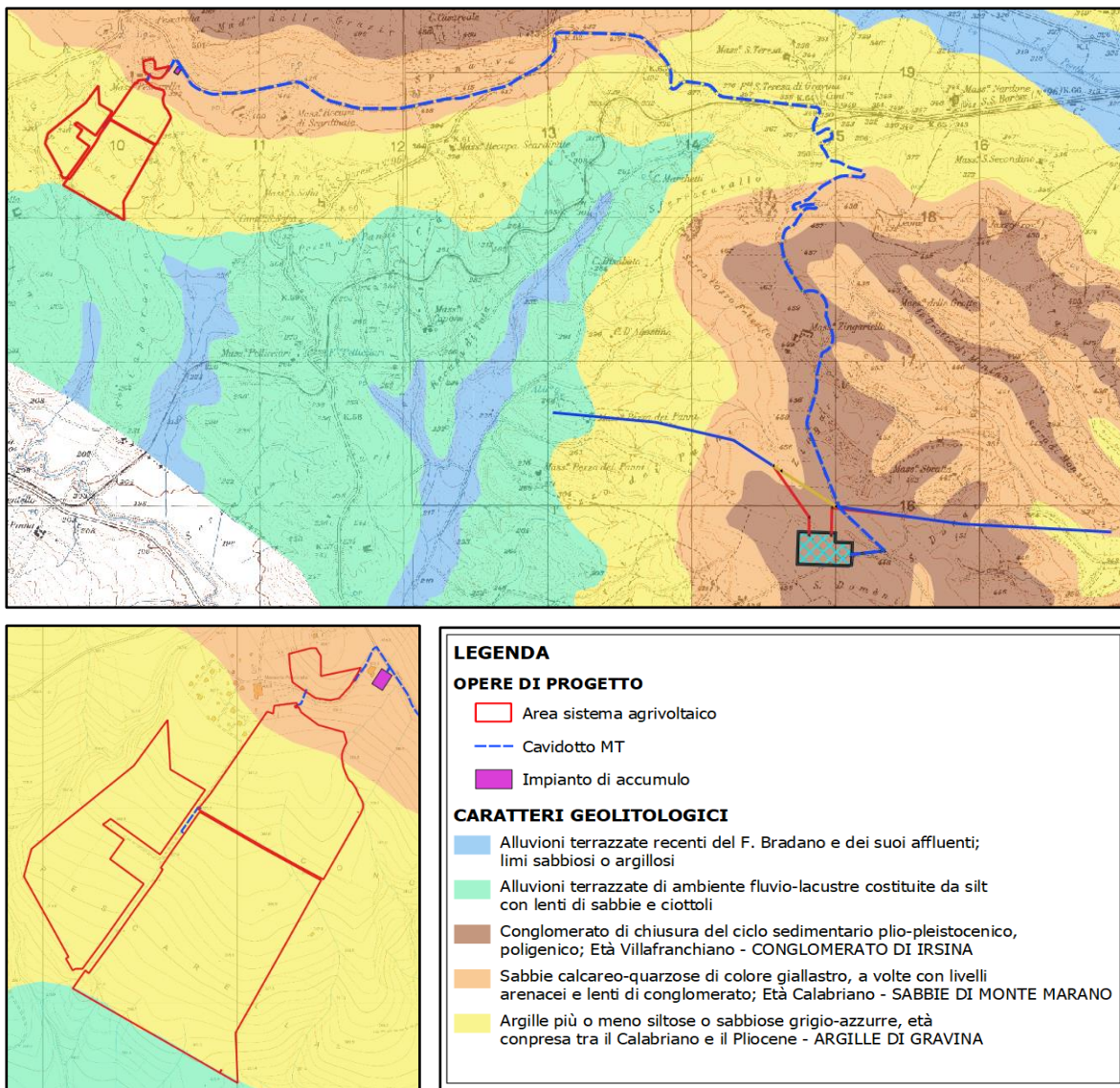


Figura 4. Stralcio carta geologica di progetto (elab. FLX_GEO.02).



Dal punto di vista tettonico-strutturale, nelle vicinanze dell'area si individuano faglie di tipo prevalentemente diretto sepolte con andamento tipico appenninico NO-SE, che interessano originariamente la piattaforma carbonatica apula. Dal catalogo dell'ISPRA (progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) non risultano presenti nell'area di studio faglie attive o capaci nelle immediate vicinanze.

3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il paesaggio circostante l'area di studio ha una morfologia che è tipica in queste zone di transizione tra l'Avanfossa Bradanica e l'Avampaese Apulo, caratterizzate da ripiani aventi morfologia generalmente tabulare contornati da lievi crinali. L'area quindi si distingue per un assetto variabile legato alle formazioni calcaree o i depositi di Avanfossa. L'area murgiana si caratterizza per la presenza di una serie di ripiani allungati parallelamente alla costa e posti a quote via via più bassi procedendo dall'interno verso il mare, delimitati da modeste scarpate. Il sollevamento tettonico dell'Avanfossa bradanica ha determinato il terrazzamento dell'ampia pianura costiera infra-medio Pleistocenica, i cui relitti sono oggi rappresentati dall'ampio terrazzo dislocato a diverse altezze dalle faglie ad alto angolo durante il Pleistocene inferiore. Attualmente, questi terrazzi pleistocenici sono solcati specialmente nella parte a ridosso della catena appenninica, da profonde e larghe incisioni dovute all'azione erosiva e all'incisione dei corsi d'acqua a recapito adriatico.

L'area impianto di generazione è ubicata lungo il versante del rilievo di "Madonna delle Grazie", si colloca a una quota compresa tra i 290 e i 430 metri s.l.m. e il versante su cui giace ha una esposizione verso sud-ovest. L'area è caratterizzata da una morfologia a bassa pendenza con valori che raramente superano i 10° (vedi carta delle pendenze tra gli allegati). La superficie dell'area di impianto si presenta dolcemente ondulata, modellata essenzialmente dalle acque di precipitazione e dall'attività agricola ed ha composizione prevalentemente argillosa. L'area è contornata da diversi fossi di scolo di prim'ordine che si attivano unicamente a seguito di eventi meteorici intensi o persistenti. Non sono visibili forme di dissesto rilevanti; possibili movimenti superficiali del terreno limo-argilloso vegetale vengono periodicamente cancellati dalla lavorazione dei terreni dell'attività agricola.

In riferimento alle opere di rete per la connessione (nuovi tralicci e raccordi aerei e la SE Terna di smistamento di nuova realizzazione), si collocano su un'ampia area pianeggiante terrazzata, in località San Domenico, a una quota di circa 450 m.s.l.m.. Quest'area è costituita da uno strato di depositi conglomeratici di alcuni metri di spessore ed è contornata da versanti con pendenza tra i 10 e 25° (vedi carta idrogeomorfologica e delle pendenze tra gli allegati).



4 CARATTERI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

L'area interessata dalle opere di progetto ricade all'interno del Bacino idrografico del Fiume Bradano, tra i principali della Basilicata con una superficie di circa 2765 Km². Tale bacino è compreso tra il bacino del fiume Ofanto a nord-ovest, i bacini di corsi d'acqua regionali della Puglia con foce nel Mar Adriatico e nel Mar Jonio a nord-est e ad est, ed il bacino del fiume Basento a sud. Il fiume Bradano si origina dalla confluenza di impluvi provenienti dalle propaggini nordorientali di Monte Tontolo e di Madonna del Carmine, e dalle propaggini settentrionali di Monte S. Angelo. Il corso d'acqua ha una lunghezza di 116 km, una pendenza media del 7% e si sviluppa quasi del tutto in territorio lucano, tranne che per un modesto tratto, in prossimità della foce, che ricade in territorio pugliese.

Dal punto di vista idrografico l'area di studio si trova lungo la sinistra idrografica, a circa 1.5 km dall'alveo attivo, del Torrente Basentello, il quale confluisce a 16 km a sud-ovest nel Fiume Bradano, in località '*Difesa della Matina sottana*'. Il Torrente Basentello mostra un andamento circa rettilineo regimentato artificialmente e riceve apporti idrici da numerosi compluvi da entrambi i lati della valle. Nei pressi dell'area impianto di generazione si osservano numerosi compluvi di ordine basso (primo o secondo ordine di Horton) che si attivano unicamente durante eventi piovosi intensi o persistenti. Alcuni di questi fossi interessano parzialmente l'area di impianto (vedi carta dell'idrografia tra gli allegati).

Riguardo agli aspetti idrogeologici, l'area è caratterizzata da diversi complessi: nei pressi dell'area impianto di generazione affiora il complesso argilloso caratterizzato da una permeabilità bassa o molto bassa. Nel settore più a monte dell'area impianto invece affiora il complesso siltoso-sabbioso con permeabilità medio-bassa. Nell'area di futura realizzazione della SE Terna di collegamento affiora il complesso ghiaioso composto da depositi sciolti sabbioso-ghiaiosi avente permeabilità generalmente alta.

Per quanto riguarda le sorgenti, nell'area di studio e nel suo intorno non si registrano venute a giorno delle acque sotterranee.

5 COMPATIBILITÀ CON IL PAI

E' stata verificata la compatibilità delle opere di progetto con il piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Bradano, rientrante nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Nell'intorno dell'area impianto di generazione sono presenti fenomeni di dissesto identificati con un livello di rischio R3 (elevato) che tuttavia non interessano direttamente l'area impianto. Il cavidotto di collegamento dell'impianto alla SE Terna, passante interamente su strada esistente, attraversa aree in dissesto aventi diverso grado di rischio, da moderato a molto elevato, specialmente nei pressi di *loc. Spinalva* (Vedi carta rischio frane e alluvioni PAI tra gli allegati e tavola FLX_PA1.01). Il cavidotto da realizzare verrà posizionato tramite scavo interrato con profondità di un metro e non modificherà le condizioni di stabilità delle aree



attraversate, né per carichi aggiuntivi che gravano sul terreno, né come ostacolo al defluire delle acque di infiltrazione.

I fenomeni osservati si mostrano con movimenti per lo più superficiali e che interessano i primi metri della coltre di suolo. Non sono presenti fenomeni di dissesto evidenziati dal PAI nei pressi della SE Terna di collegamento.

Non sono presenti aree a pericolosità o rischio alluvione che interessano le opere di progetto.

7 RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

In questa fase progettuale vengono forniti i dati di una caratterizzazione sismica dei terreni relativi all'area di impianto di generazione. Sono state eseguite due indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), con lo scopo di determinare la categoria di sottosuolo dal punto di vista sismico secondo le NTC 2018 e a dare una preliminare indicazione di alcune delle principali caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime.

In questa fase progettuale le indagini hanno riguardato unicamente l'area impianto e non l'area di connessione RTN in quanto il posizionamento delle opere di connessione può essere soggetto a modifiche.

I risultati delle prospezioni hanno messo in evidenza la presenza di tre sismostrati principali fino alla profondità di 30 metri: un primo deposito debolmente addensato, al di sotto di esso è stato registrato un primo leggero incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio che caratterizza i depositi mediamente addensati. Segue uno strato nel quale le Vs registrate aumentano sensibilmente in velocità, in relazione alla presenza di formazioni ben addensate.

Di seguito viene fornita una caratterizzazione sismica e geotecnica di massima dei terreni analizzati, considerando la stratificazione emersa per mezzo delle indagini MASW.

Per un maggior dettaglio si veda il report indagini geognostiche in allegato.



MASW 01					
Litologia	Spessore (m)	Profondità (metri da p.c.)	γ (g/cm³)	Modulo di Young kg/cm²	Vs (m/s)
Copertura superficiale rimaneggiata e poco addensata	3,9	3,9	1,8 – 1,9	4010	265 - 275
Depositi mediamente addensati	12	15,9	2,0 – 2,1	9415	400 - 410
Depositi ben addensati	--	> 30	2,15 – 2,2	25750	640 - 660

MASW 02					
Litologia	Spessore (m)	Profondità (metri da p.c.)	γ (g/cm³)	Modulo di Young kg/cm²	Vs (m/s)
Copertura superficiale rimaneggiata e poco addensata	2,4	2,4	1,8 – 1,9	1831	180 - 190
Depositi mediamente addensati	11	13,4	2,0 – 2,05	6430	330 - 340
Depositi ben addensati	--	> 30	2,1 – 2,15	18371	540 - 560

γ = Peso unità di volume (g/cm³)

Vs = Velocità onde di taglio (m/s)

MASW_01

V_{seq} = 458 m/sec al piano campagna

MASW_02

V_{seq} = 394 m/sec al piano campagna



Dalla classificazione sismica del sottosuolo desunta da entrambe le indagini MASW effettuate risulta una **Categoria di sottosuolo di tipo 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 fra 360 m/s e 800 m/s.”*

Riguardo alle caratteristiche della superficie topografica risulta una **Categoria topografica T1**: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Una caratterizzazione geotecnica sito-specifica di maggior dettaglio dovrà essere realizzata a valle di una adeguata campagna di indagini geognostiche nella fase di progettazione esecutiva.



8 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

I terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area d'indagine dal 1000 in poi si possono osservare dalla tabella di seguito riportata, dove l'intensità è da riferirsi alla scala Mercalli Modificata che è basata sull'osservazione degli effetti superficiali causati da un terremoto.

Gravina in Puglia

PlaceID IT_62340
 Coordinates (lat, lon) 40.819, 16.420
 Municipality (ISTAT 2015) Gravina in Puglia
 Province Bari
 Region Puglia
 No. of reported earthquakes 16



Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
F	1845	08	10				Materano	6	5	4.51
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
4	1897	05	28	22	40	0	Ionio	132	6	5.46
4	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
6-7	1948	08	18	21	12	2	Gargano	58	7-8	5.55
NC	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
5	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4-5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1994	01	05	13	24	1	Tirreno meridionale	148		5.82
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
4	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Figura 5 – Storia sismica del Comune di Gravina in Puglia tratta dal Database Macrosismico Italiano redatto dall'INGV



Con l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modifiche, il territorio di Gravina in Puglia viene classificato come Zona sismica 3 (zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti) con $0,05 \leq a_g \leq 0,15$.

L'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nell'Allegato 1B "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s). In tale elaborato l'area di sedime è compresa nel tratto di territorio comunale di Gravina in Puglia ricadente nella fascia di accelerazione: $0,100 < a_{max} < 0,125$.

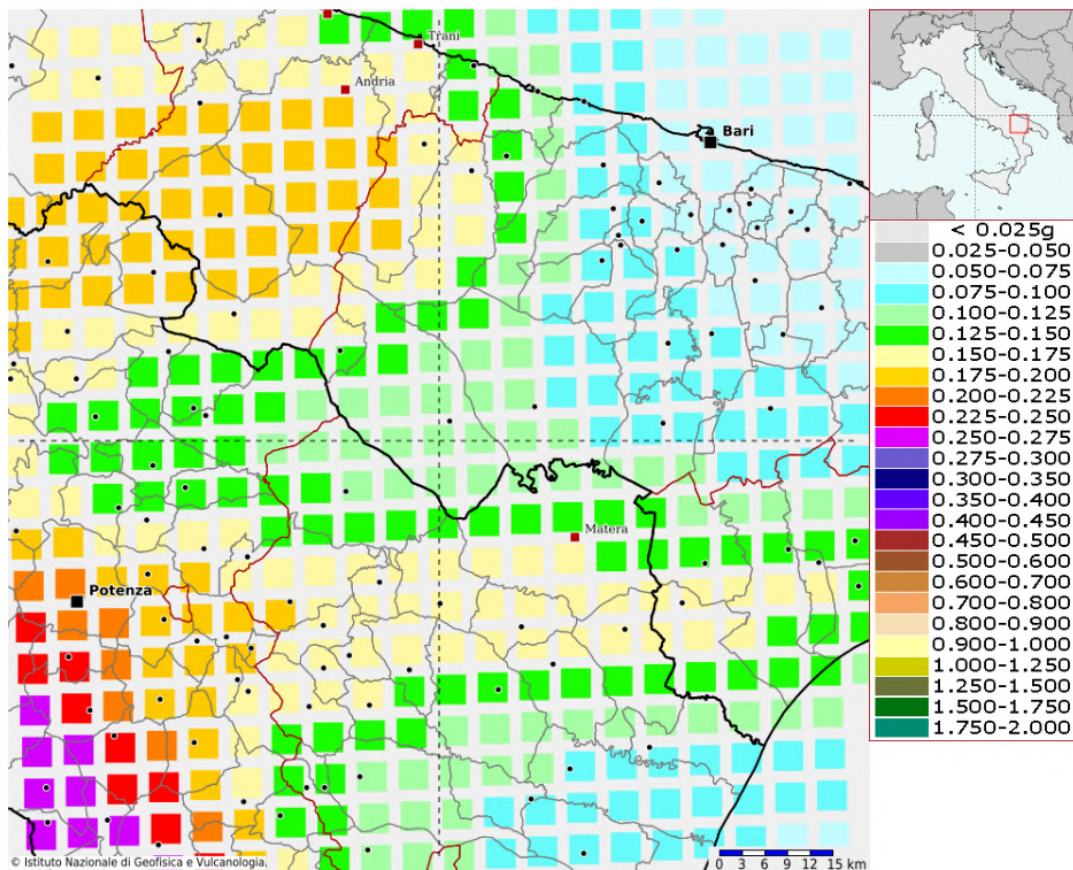


Figura 6. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 33233 - Latitudine: 40.798 - Longitudine: 16.396

Il D.M. del 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le costruzioni", nell'Allegato B: "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica", fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

Per l'area di studio (ED50: 40.812189,16.305154) i parametri che definiscono l'azione sismica sono i seguenti:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0.038	2.525	0.272
Danno (SLD)	50	0,048	2,502	0,318
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,115	2,629	0,441
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,146	2,641	0,518

Dove: a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito; F₀ il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

9 CONCLUSIONI

A seguito degli studi svolti è stato possibile ottenere un quadro dell'area di progetto, i cui risultati sono sintetizzati nei seguenti punti:

- L'area di studio è ubicata nel territorio del comune di Gravina in Puglia, in provincia di Bari, a circa 9 km a ovest del centro storico, in località *Pescarella*. Questa risiede lungo il versante del rilievo di "Madonna delle Grazie", con esposizione sud-ovest e si colloca a una quota compresa tra i 290 e i 430 metri s.l.m. L'area è caratterizzata da una morfologia a bassa pendenza con valori che raramente superano i 10°;
- È stata verificata la compatibilità delle opere di progetto con il piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Bradano, rientrante nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale. Nell'intorno dell'area impianto di generazione sono presenti fenomeni di dissesto identificati con un livello di rischio R3 (elevato) che tuttavia non interessano direttamente l'area impianto. Il cavidotto di collegamento dell'impianto alla SE Terna, interamente su strada esistente, attraversa aree a rischio da moderato a molto elevato.
- La stratigrafia dei terreni affioranti nell'area è caratterizzata da depositi di età pliocenica costituiti da argille siltose (argille di Gravina) e sabbie calcareo-quarzose (sabbie di Monte Marano). Il grado di consistenza aumenta con la profondità;
- Dal punto di vista idrogeologico i terreni costituenti l'area hanno permeabilità molto bassa, le unità a componente argillosa prevalente, e medio bassa le unità a componente sabbiosa prevalente.
- Tramite le indagini in situ eseguite si sono determinate le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche preliminari e sismiche dei terreni di sedime, con il quale è stato determinato il modello geologico preliminare;



- Dall'analisi delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche, topografiche, sismiche il terreno in progetto viene definito con categoria di sottosuolo **B** e categoria topografica **T1**;
- Non si osservano fenomeni di dissesto in atto rilevanti nell'area di studio. Possibili movimenti possono interessare la coltre superficiale.

In virtù delle informazioni oggi acquisite e secondo il modello geologico di riferimento, si può affermare che il sito in esame risulta essere idoneo alle finalità progettuali.

Geol. Emanuele Bonanno, PhD

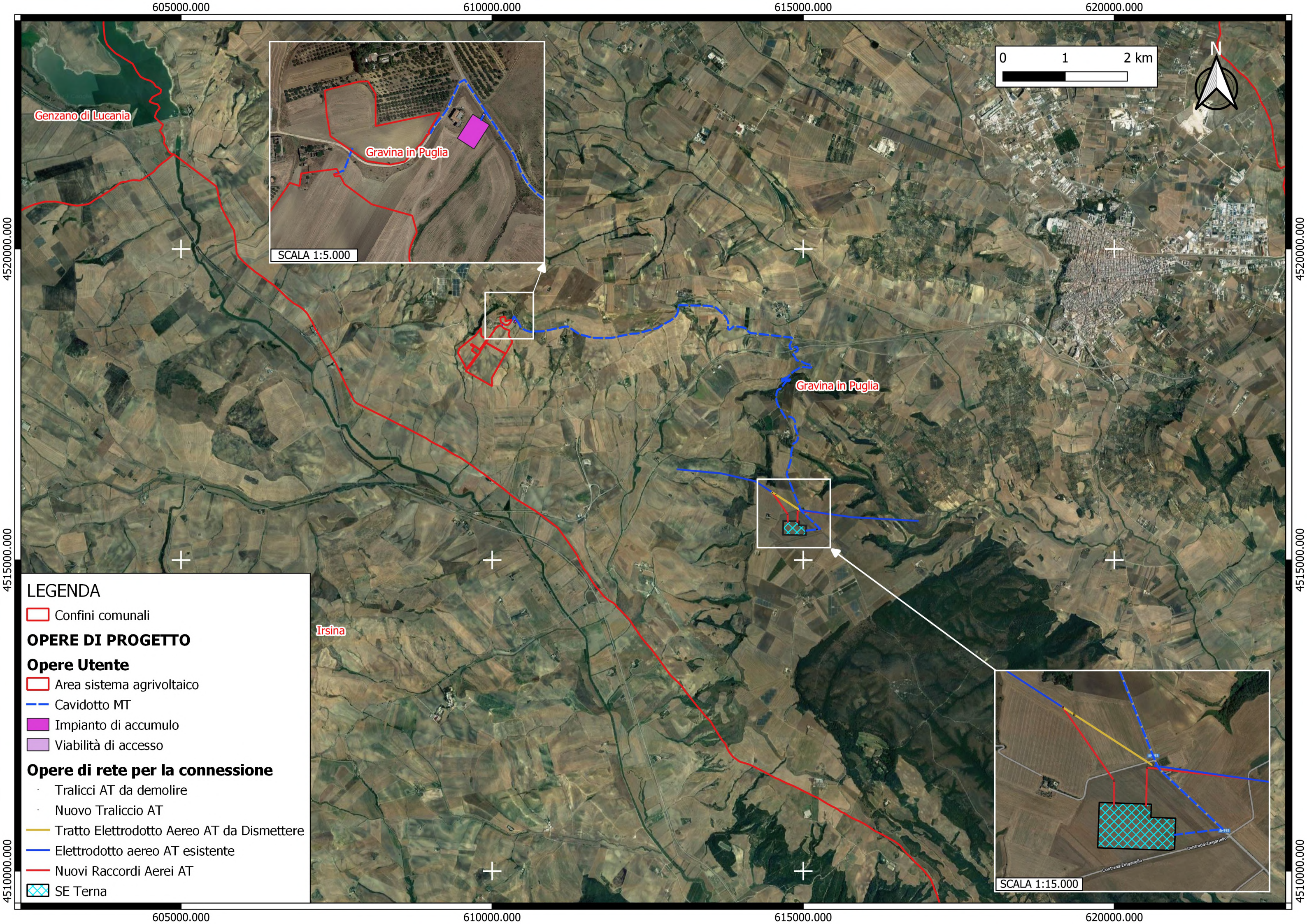
Ordine dei Geologi della Calabria n° 1275



10 ALLEGATI

- Inquadramento su ortofoto in scala 1:50.000;
- Inquadramento su IGM in scala 1:25.000;
- Carta dell'altimetria, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta delle pendenze, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta rischio frana e idraulico PAI, su base IGM in scala 1:25.000;
- Carta Idrogeomorfologica, su base IGM in scala 1:25.000
- Carta dell'idrografia, su base IGM in scala 1:25.000
- Report indagini geognostiche





605000.000

610000.000

615000.000

620000.000

4520000.000

4520000.000

4515000.000

4515000.000

4510000.000

4510000.000

605000.000

610000.000

615000.000

620000.000

Genzano di Lucania

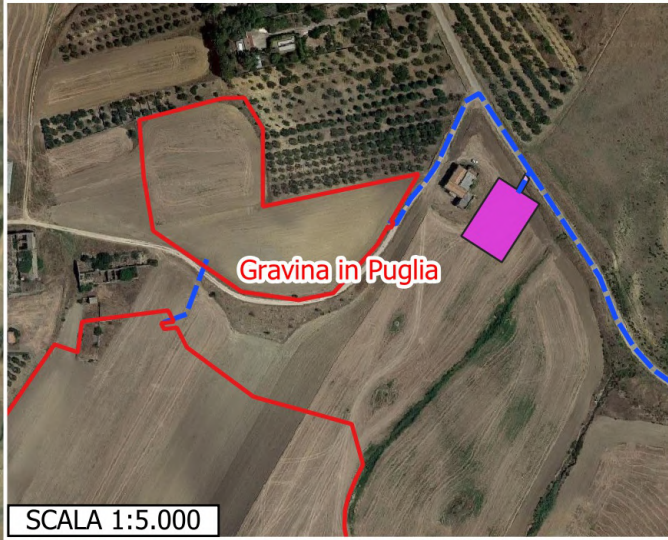
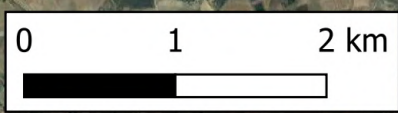
Gravina in Puglia

Gravina in Puglia

Irsina

LEGENDA

- Confini comunali
- OPERE DI PROGETTO**
- Opere Utente**
- Area sistema agrivoltaico
- Cavidotto MT
- Impianto di accumulo
- Viabilità di accesso
- Opere di rete per la connessione**
- Tralicci AT da demolire
- Nuovo Traliccio AT
- Tratto Elettrodotta Aereo AT da Dismettere
- Elettrodotta aereo AT esistente
- Nuovi Raccordi Aerei AT
- SE Terna



SCALA 1:5.000

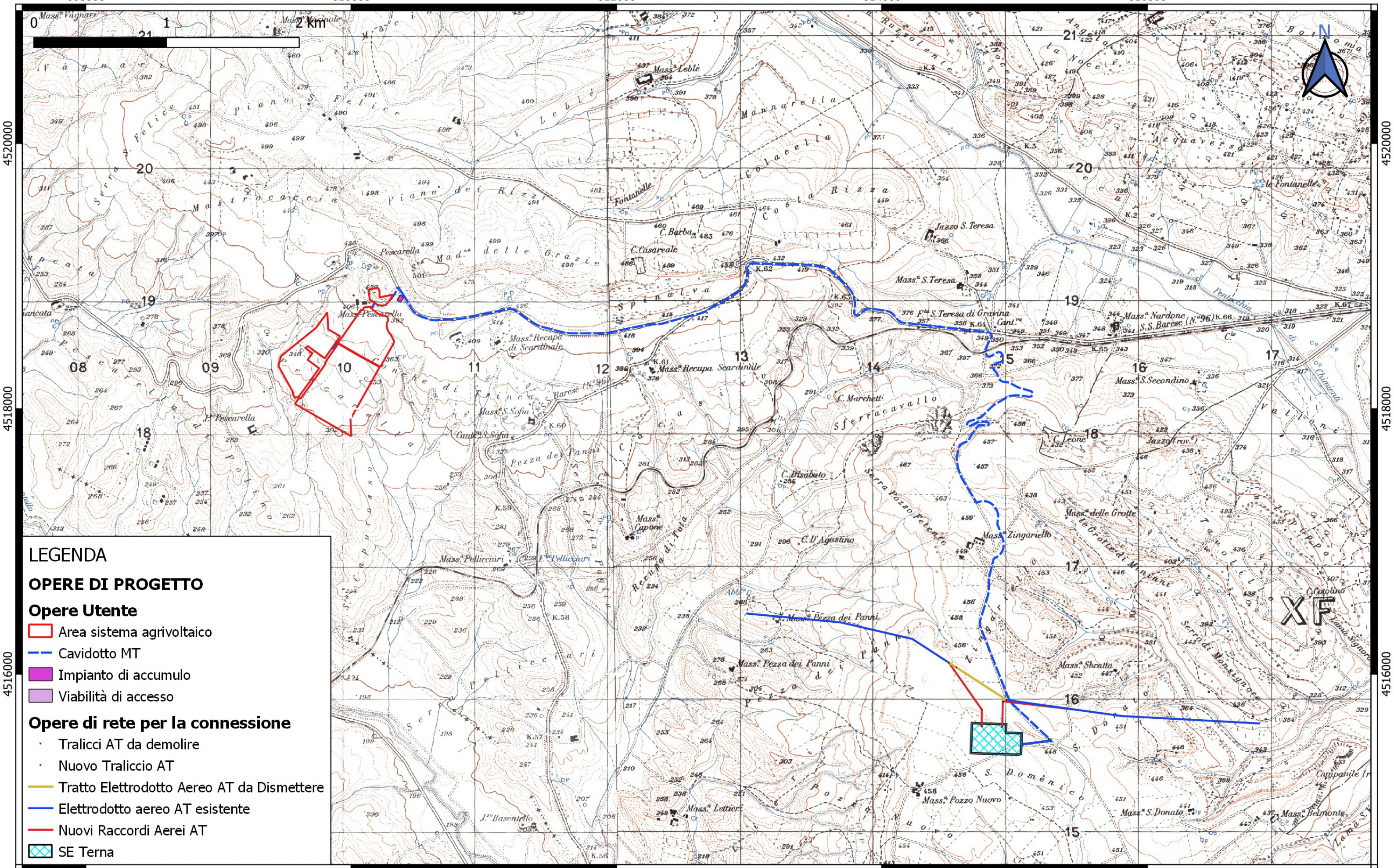


SCALA 1:15.000

INQUADRAMENTO SU IGM

SCALA 1:25.000

608000 610000 612000 614000 616000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

Opere Utente

- Area sistema agrivoltaico
- Cavidotto MT
- Impianto di accumulo
- Viabilità di accesso

Opere di rete per la connessione

- Tralicci AT da demolire
- Nuovo Traliccio AT
- Tratto Elettrodotta Aereo AT da Dismettere
- Elettrodotta aereo AT esistente
- Nuovi Raccordi Aerei AT
- SE Terna

608000 610000 612000 614000 616000

CARTA DELLE PENDENZE

SCALA 1:25.000

608000

610000

612000

614000

616000

4520000

4518000

4516000

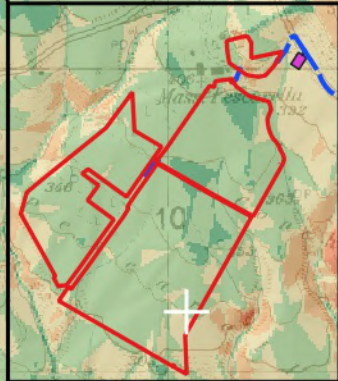
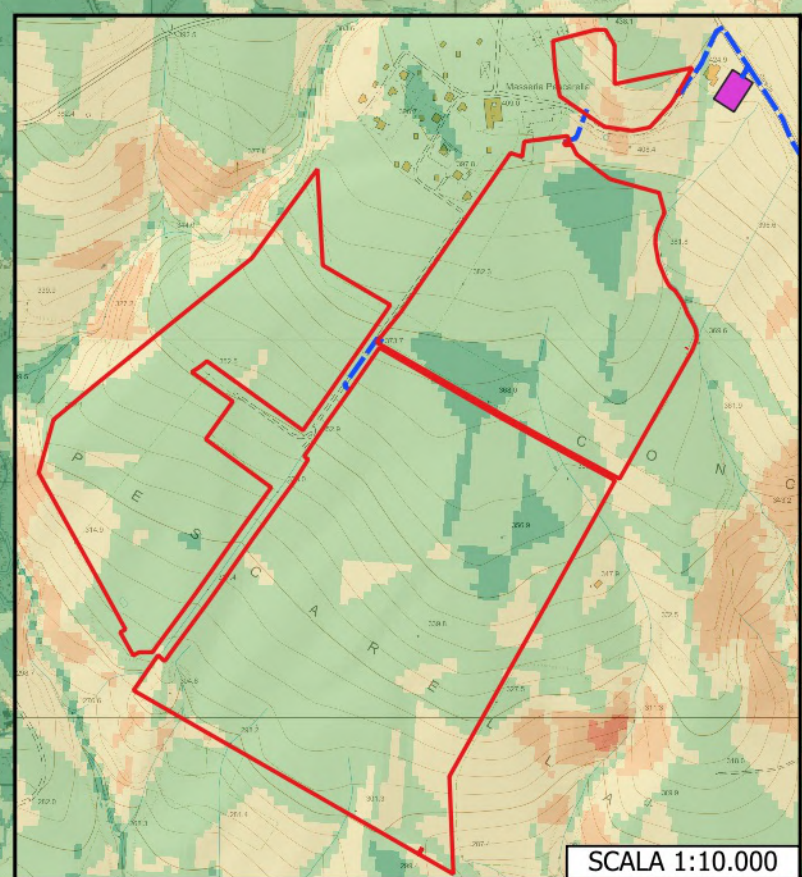
4514000

4520000

4518000

4516000

4514000



OPERE DI PROGETTO

Opere Utente

Area sistema agrivoltaico

Cavidotto MT

Impianto di accumulo elettrochimico

Impianto di accumulo

Viabilità di accesso

Opere di rete per la connessione

Tralicci AT da demolire

Nuovo Traliccio AT

Tratto Elettrodotto Aereo AT da Dismettere

Elettrodotto aereo AT esistente

Nuovi Raccordi Aerei AT

SE Terna

PENDENZE (in gradi)

0 - 5°

5 - 10°

11 - 15°

16 - 25°

26 - 35°

> 35°

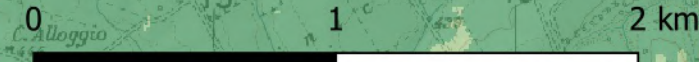
608000

610000

612000

614000

616000



CARTA RISCHIO FRANA E ALLUVIONE PAI

SCALA 1:25.000

606000

608000

610000

612000

614000

4520000

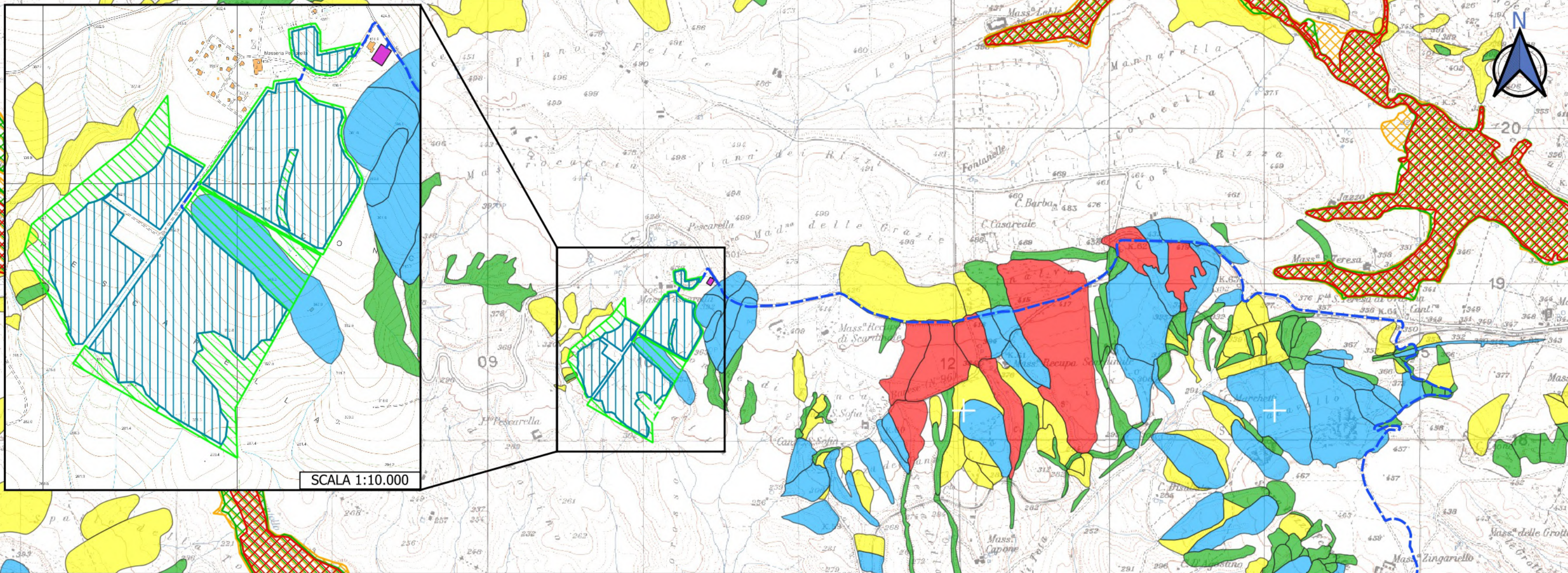
4520000

4518000

4518000

4516000

4516000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

Opere Utente

- aree_coltivate
- Area_impianto
- Cavidotto MT
- Impianto di accumulo
- Viabilità di accesso

Opere di rete per la connessione

- Tralicci AT da demolire
- Nuovo Traliccio AT
- Tratto Elettrodotto Aereo AT da Dismettere
- Elettrodotto aereo AT esistente
- Nuovi Raccordi Aerei AT
- SE Terna

PAI BRADANO

Pai rischio alluvione

- tempo di ritorno 30 anni
- tempo di ritorno 200 anni
- tempo di ritorno 500 anni

PAI rischio frana

- R4 - Molto.elevato
- R3 - Elevato
- R2 - Medio
- R1 - Moderato
- ASV - Aree.assoggettate.a verifica.idrogeologica
- P - Aree.pericolose
- Rb - Aree.bonificate

606000

608000

610000

612000

614000



CARTA IDROGEOMORFOLOGICA

SCALA 1:25.000

608000

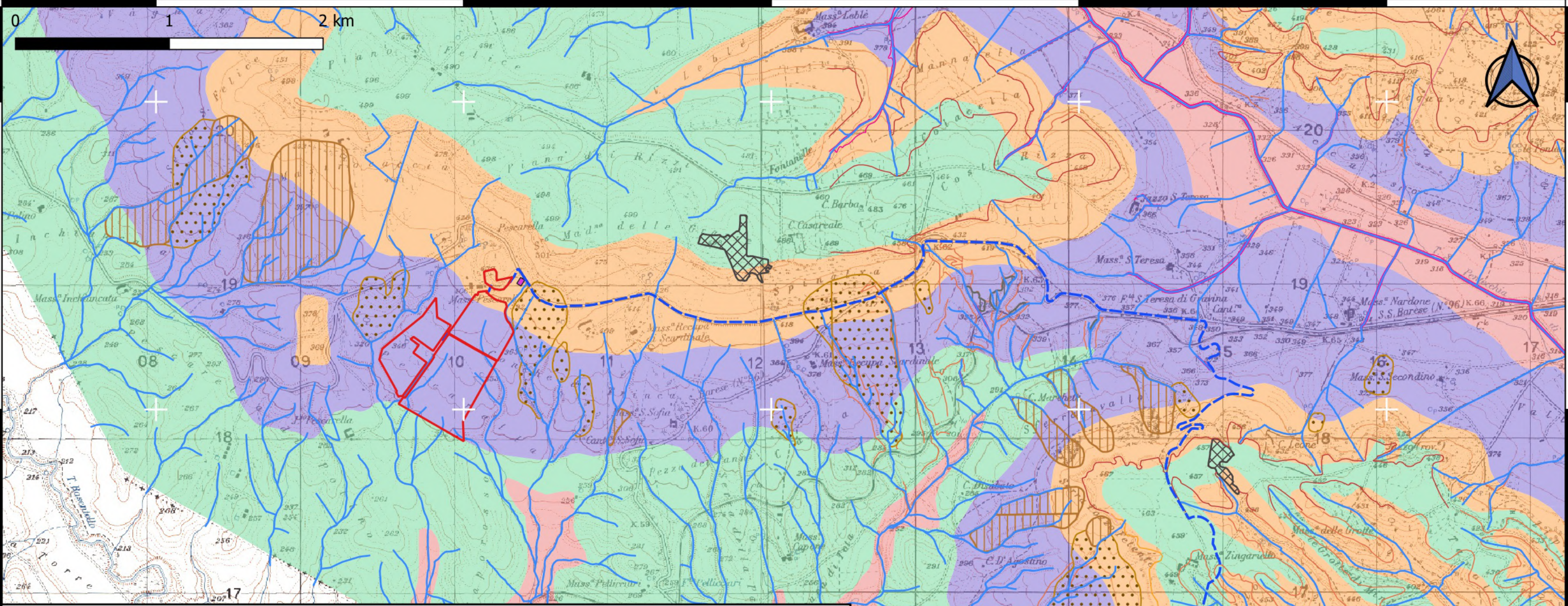
610000

612000

614000

616000

0 1 2 km



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

Opere Utente

- Area sistema agrivoltaico
- Cavidotto MT
- Impianto di accumulo
- Viabilità di accesso

Opere di rete per la connessione

- Tralicci AT da demolire
- Nuovo Traliccio AT
- Tratto Elettrodotta Aereo AT da Dismettere
- Elettrodotta aereo AT esistente
- Nuovi Raccordi Aerei AT
- SE Terna

CARTA IDROGEOMORFOLOGICA

- corpi_frana
- aree_dissesto_diffuso
- orli_terrazzo_morfologico
- calanchi
- cigli_sponda_fluviale
- ripe_erosione_fluviale
- cave

litologia

- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa
- Unità a prevalente componente arenitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente ruditica
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Reticolo idrografico

608000

610000

612000

614000

616000

4520000

4518000

4516000

4520000

4518000

4516000

CARTA DELL' IDROGRAFIA
scala 1:25.000

608000.000

610000.000

612000.000

614000.000

616000.000

4520000.000

4518000.000

4516000.000

4520000.000

4518000.000

4516000.000

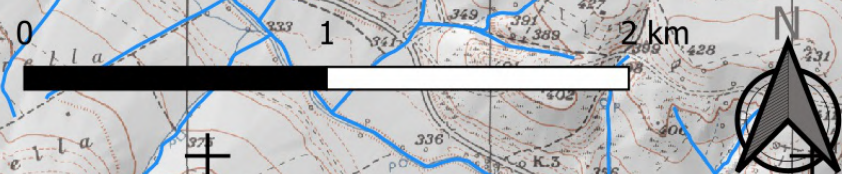
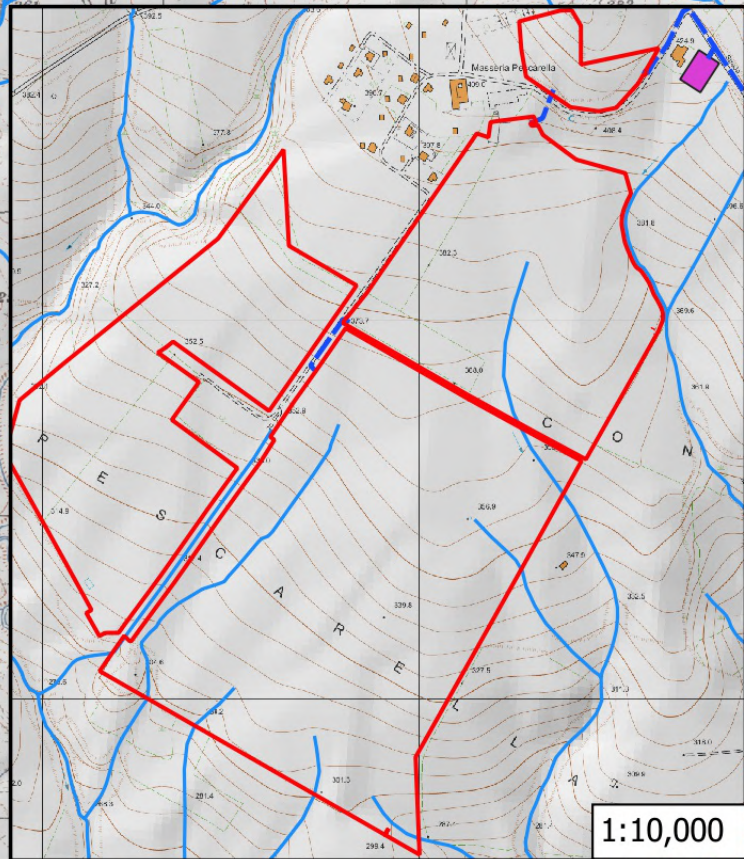
608000.000

610000.000

612000.000

614000.000

616000.000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

Opere Utente

Area sistema agrivoltaico

Cavidotto MT

Impianto di accumulo elettrochimico

Impianto di accumulo

Viabilità di accesso

Opere di rete per la connessione

Tralicci AT da demolire

Nuovo Traliccio AT

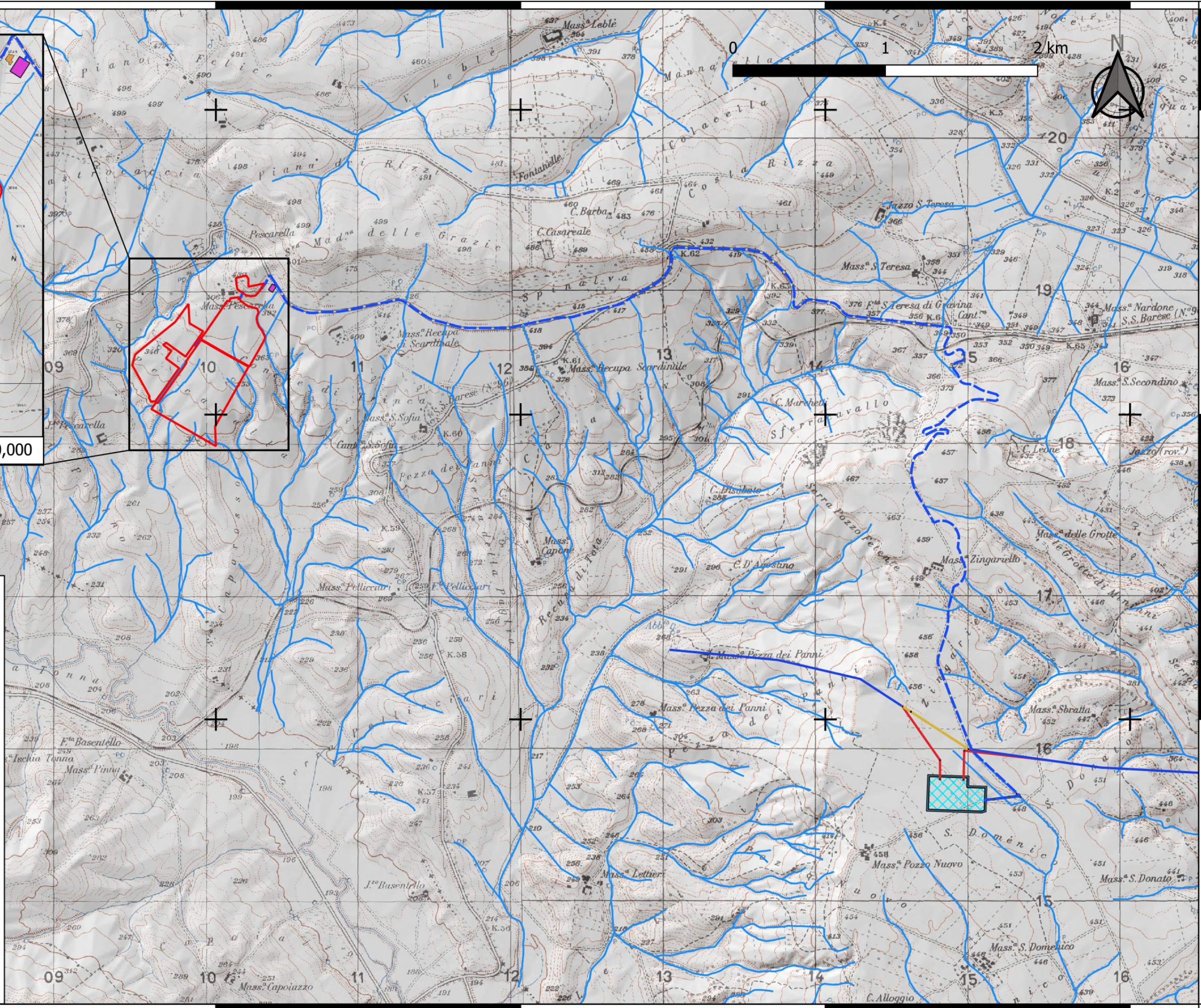
Tratto Elettrodotto Aereo AT da Dismettere

Elettrodotto aereo AT esistente

Nuovi Raccordi Aerei AT

SE Terna

Reticolo idrografico



11 REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE





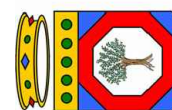
PROVINCIA DI BARI



COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA

REGIONE PUGLIA

PARCO FOTOVOLTAICO RS2 FELIX
GRAVINA IN PUGLIA (BA)



N° ELABORATO

RAPPORTO TECNICO DELLE
INDAGINI

DATA Luglio 2023

COMMITTENTE:
Rinnovabili SUD DUE S.R.L.



ENGINEERING GEOLOGY
Via del Gallitello n°90/A
85100 Potenza
Tel.0971 26378 Fax 0971 1940737

ENGINEERING GEOLOGY SRL
AMMINISTRATORE UNICO
DIRETTORE TECNICO
Dott. Raffaele NARDONE



Società con sistema di gestione certificato
**UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO
14001:2005 UNI EN ISO 45001:2018**
per la fornitura dei servizi di ingegneria e di
esplorazione geologica del sottosuolo



INDICE

1. Premessa.....	2
2. prospezioni sismiche di tipo masw	3
2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA.....	3
2.2 ELABORAZIONE DATI	5
2.3 INTERPRETAZIONE DATI MASW-01	6
2.4 INTERPRETAZIONE DATI MASW-02	13
3. Rapporto fotografico	20
3.1.Indagine sismica MASW	20



1. PREMESSA

Nell'ambito del *“Progetto per la costruzione dell'impianto fotovoltaico RS2 FELIX”*, da realizzarsi in Contrada San Felice nel comune di Gravina in Puglia (BA), sono state effettuate le seguenti indagini:

- Esecuzione di n°2 Indagini sismiche di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);

Tali indagini sono state eseguite in conformità a quanto disposto da D.M. 17/01/2018 *“Norme tecniche per le Costruzioni”*, oltre che secondo le modalità tecnologiche dell'ANISIG.

Si riportano in allegato alla presente:

1. Carta ubicazione delle indagini.



2. PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW

MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh). Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse - e quindi lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa. Il principio di base quindi è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè della perturbazione sismica che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

In particolare, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini “sentono” gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è il sismografo W2Z a 24 canali Wireless della DOLANG GEOPHYSICAL dalle seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore, Sampling Frequency 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 16000 Hz; Number of samples in trigger mode 256, 516, 1024, 4096, 8192, 16384; risoluzione a 24 bit; acquisizione dei dati e codifica dei file in formato Seg-2-Y E DAT.

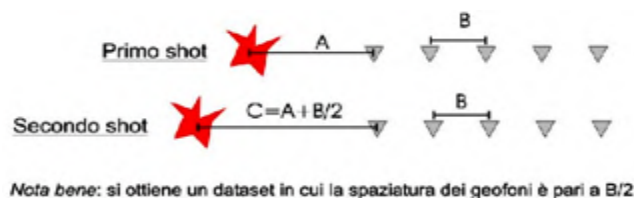
I geofoni sono connessi al pc in modalità wireless con range massimo di 500 m in campo aperto con la possibilità di inserire in serie 256 geofoni con frequenza propria di 4,5 Hz, il sensore trigger è inserito all'interno della mazza battente di 10 kg.



Le indagini si sono svolte secondo la seguente geometria:

- Numero di geofoni: 12
- Spaziatura tra i geofoni: 4 m
- Numero di offset: 2 rispettivamente a 4, 6; m dal primo geofono.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *WinMasw Pro 4.4.2* della *Eliosoft*. I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (.sgy format file). Il software a questo punto permette di sommare due dataset acquisiti con offset diversi in modo da ottenere un unico dataset equivalente ad un'acquisizione effettuata con 24 canali e spaziatura tra i geofoni pari a $B/2$ rispetto a quella utilizzata in campagna.





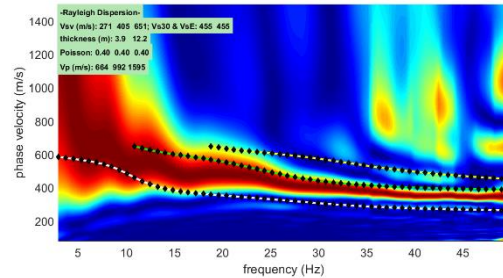
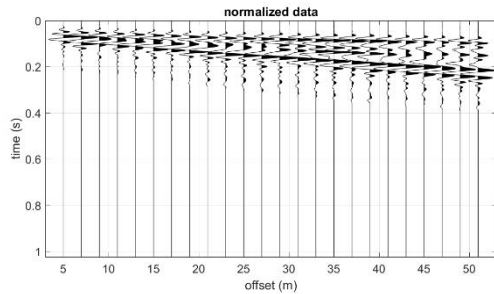
2.2 ELABORAZIONE DATI

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “phase velocity-frequency (c-f)” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

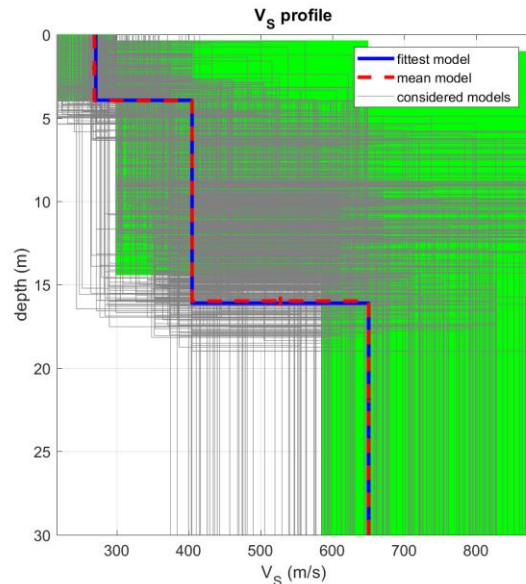
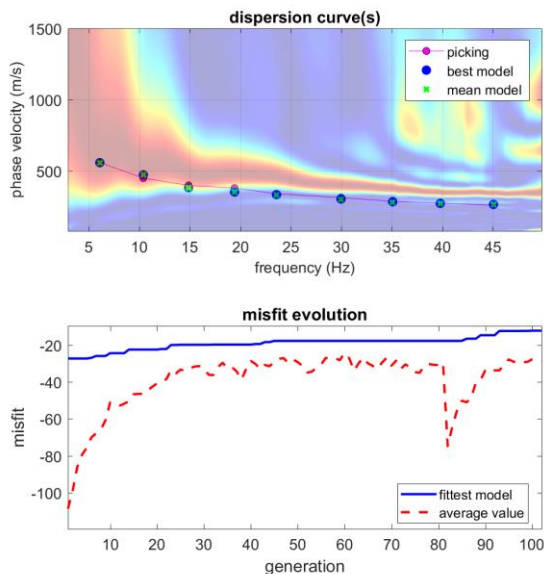
Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato per ogni indagine effettuata.

2.3 INTERPRETAZIONE DATI MASW-01

Masw- 01.



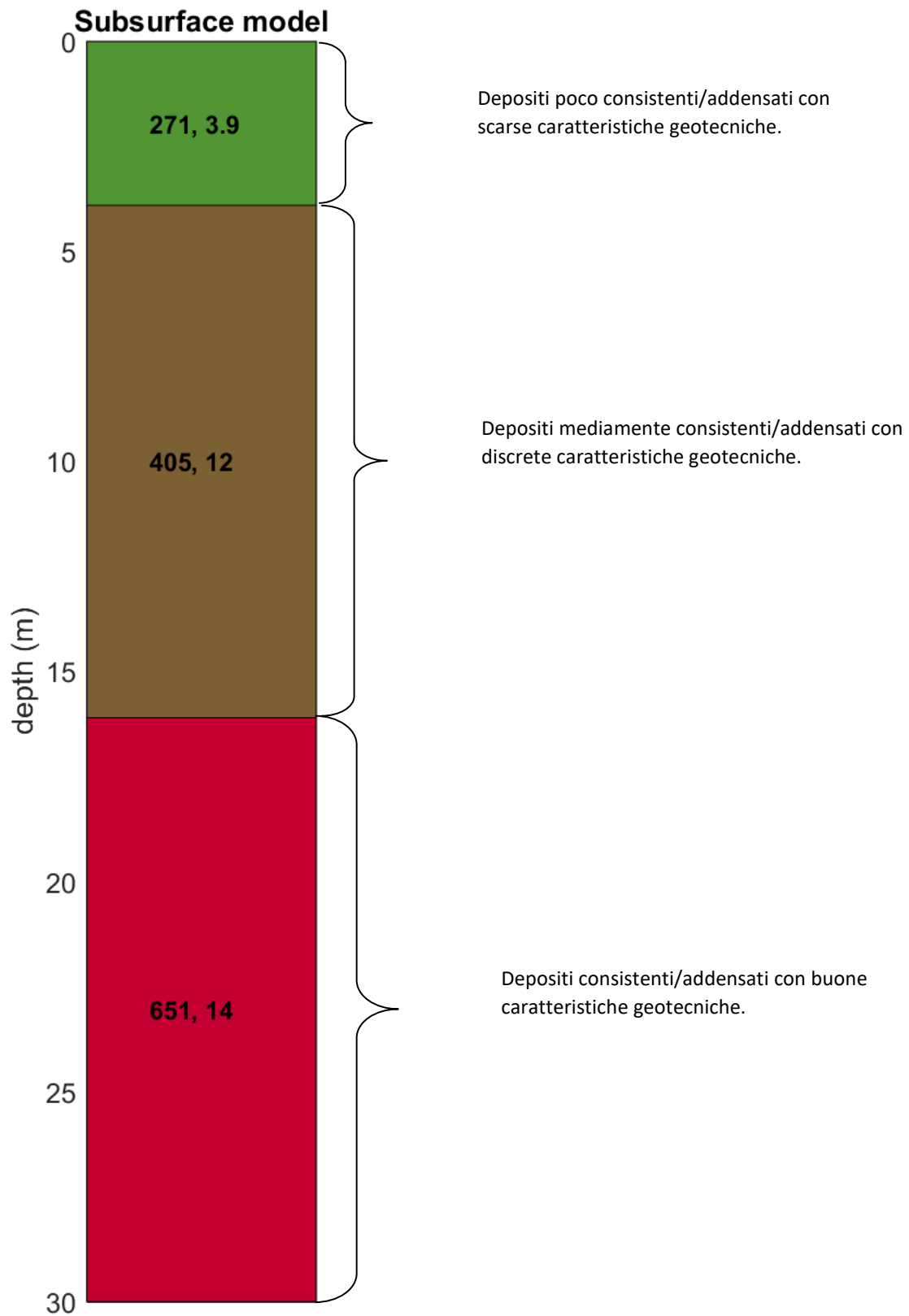
Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).





In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **V_{s30} di 457,8 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V _s (m/s) e deviazioni standard
3.9	271±3
12	405± 0
14	651± 2





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 3.9m, con velocità media delle onde di taglio di 271 m/s a depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 12 m, con velocità media delle onde di taglio di 405 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 16 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 651 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con buone caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in



litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ($<10^{-4}$) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:





$$E_{din}=8.3 E_{stat}+0.97 E_{stat}= (E_{din}-0.97)/8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat}=R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson $\nu=(E-2G)/(2G)$

Modulo di compressibilità volumetrico $K=G \cdot E/[3(3G-E)]$

Modulo edometrico $E_{ed}=G \cdot (4G-E)/(3G-E)$

Modulo di carico su piastra $M_e=16G^2/[\pi(4G-E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
STRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ'	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	3.9	664	271	1.95	0.4	4010	0.528	1432	6683
2	12	992	405	2.05	0.4	9415	0.830	3363	15692
3	14	1595	651	2.17	0.4	25750	1.413	9196	42917



PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01

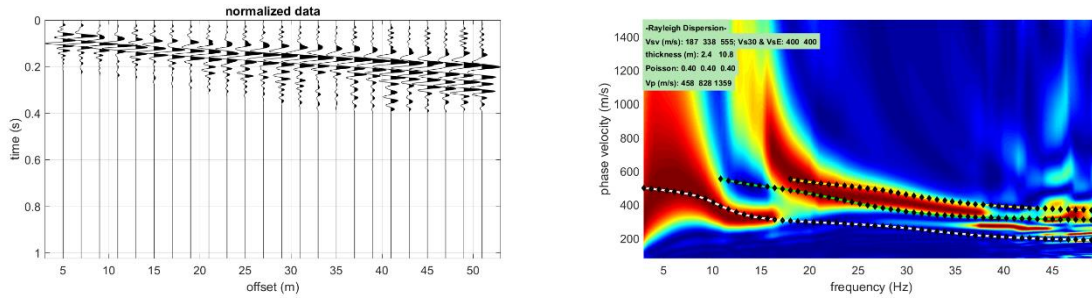
STRATO	SPESSORE	Vp	γ'	λ	Modulo di carico su piastra	MODULO DI YOUNG	Modulo Edometrico	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	3.9	664	1.95	0.4	674.97	483.02	645	186.16	993
2	12	992	2.05	0.4	1584.82	1134.22	1515	437.19	4660
3	14	1595	2.17	0.4	3345.01	3102.29	4147	1195.48	8511

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

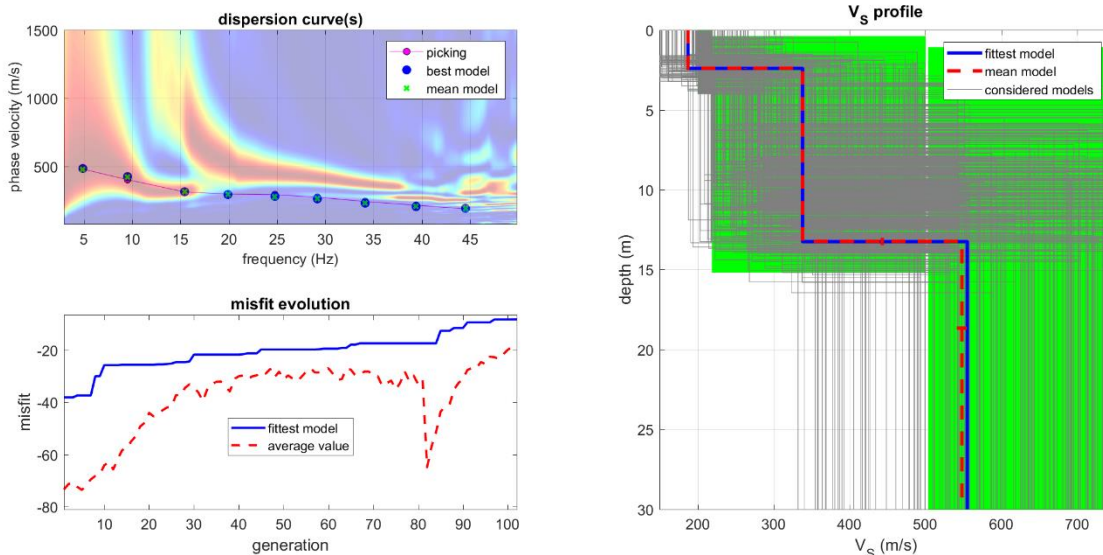
- **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa** molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

2.4 INTERPRETAZIONE DATI MASW-02

Masw- 02.



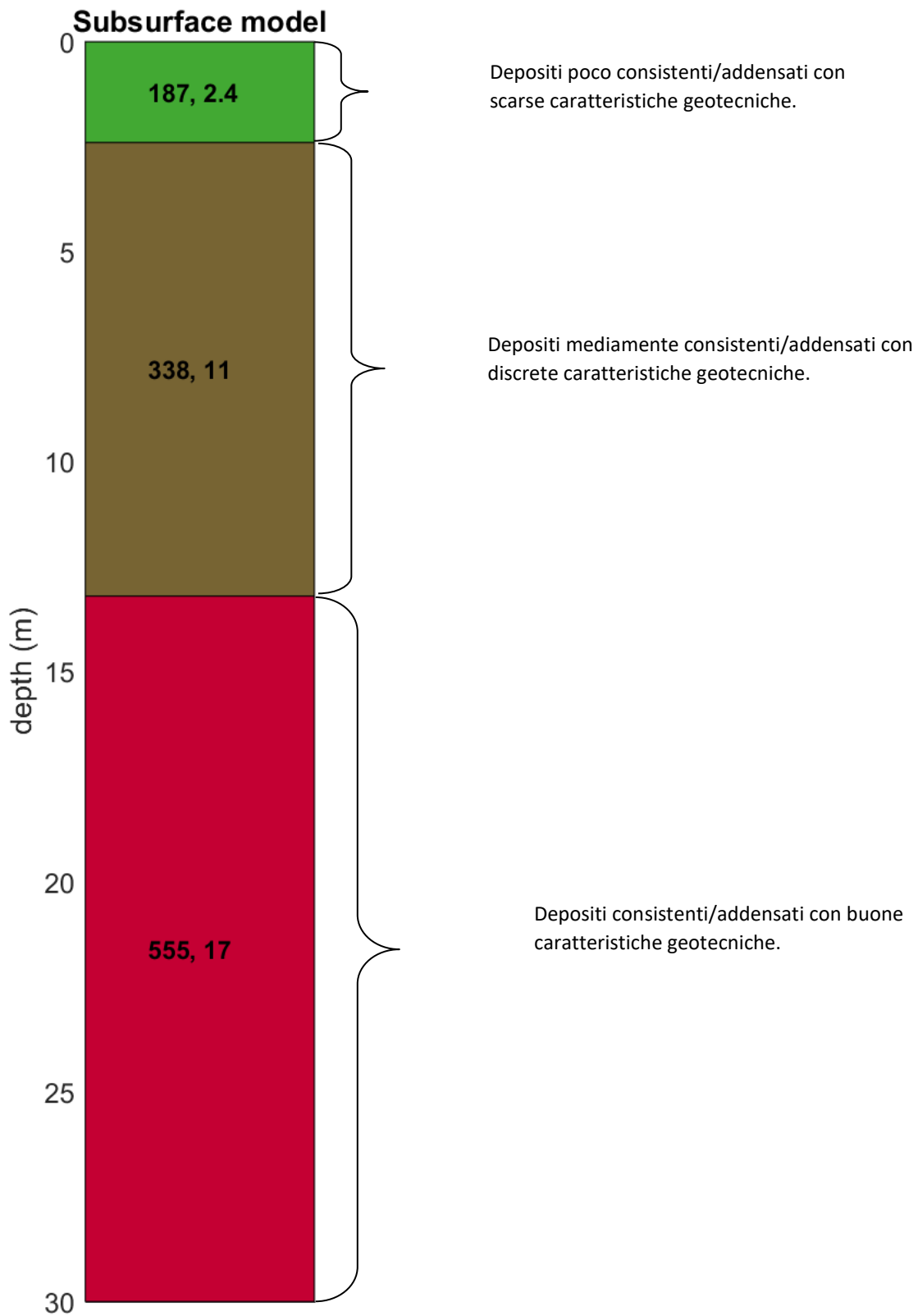
Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).





In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 394,7 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	Vs (m/s) e deviazioni standard
2.4	187±0
11	338± 2
17	555± 7





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 2.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 187 m/s a depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 11 m, con velocità media delle onde di taglio di 338 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 17 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 555 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con buone caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in





litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ($<10^{-4}$) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:





$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R * G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson $\nu = (E - 2G) * \nu / (2G)$

Modulo di compressibilità volumetrico $K = G * E / [3(3G - E)]$

Modulo edometrico $E_{ed} = G * (4G - E) * \nu / (3G - E)$

Modulo di carico su piastra $M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
STRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ'	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.4	458	187	1.87	0.4	1831	0.350	654	3052
2	11	828	338	2.01	0.4	6430	0.679	2296	10716
3	17	1359	555	2.13	0.4	18371	1.182	6561	30618



PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01

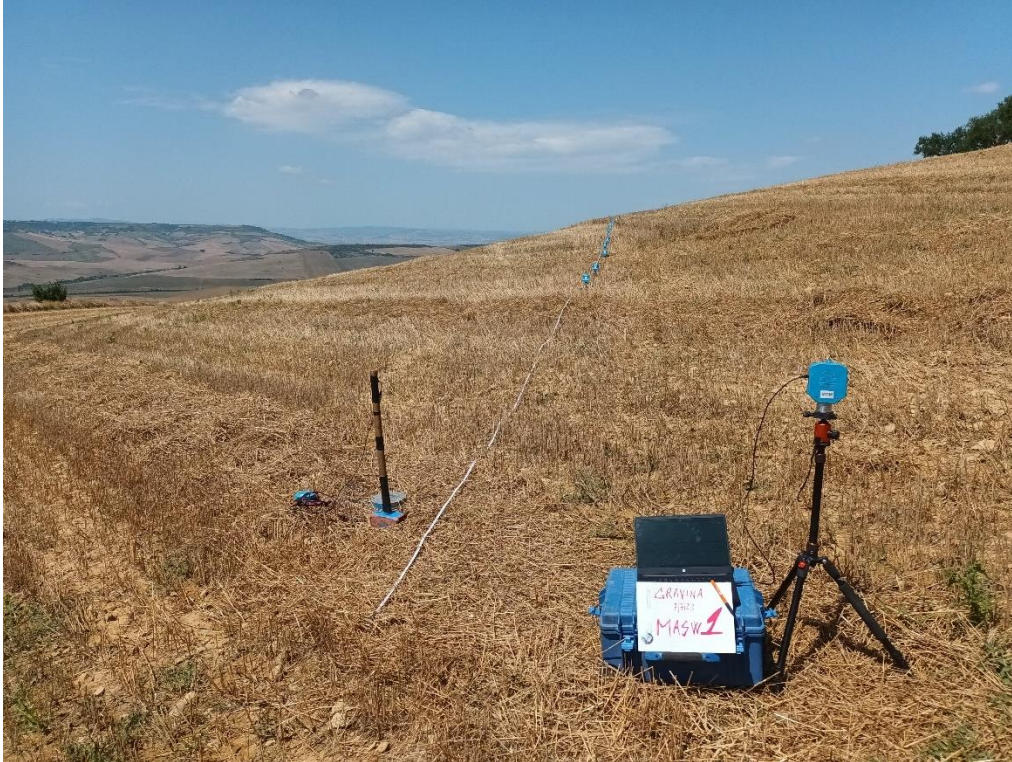
STRATO	SPESSORE	Vp	γ'	λ	Modulo di carico su piastra	MODULO DI YOUNG	Modulo Edometrico	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.4	458	1.87	0.4	307.98	220.49	294	85.02	452
2	11	828	2.01	0.4	1082.57	774.58	1036	298.48	3188
3	17	1359	2.13	0.4	2386.31	2213.26	2958	852.93	6070

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

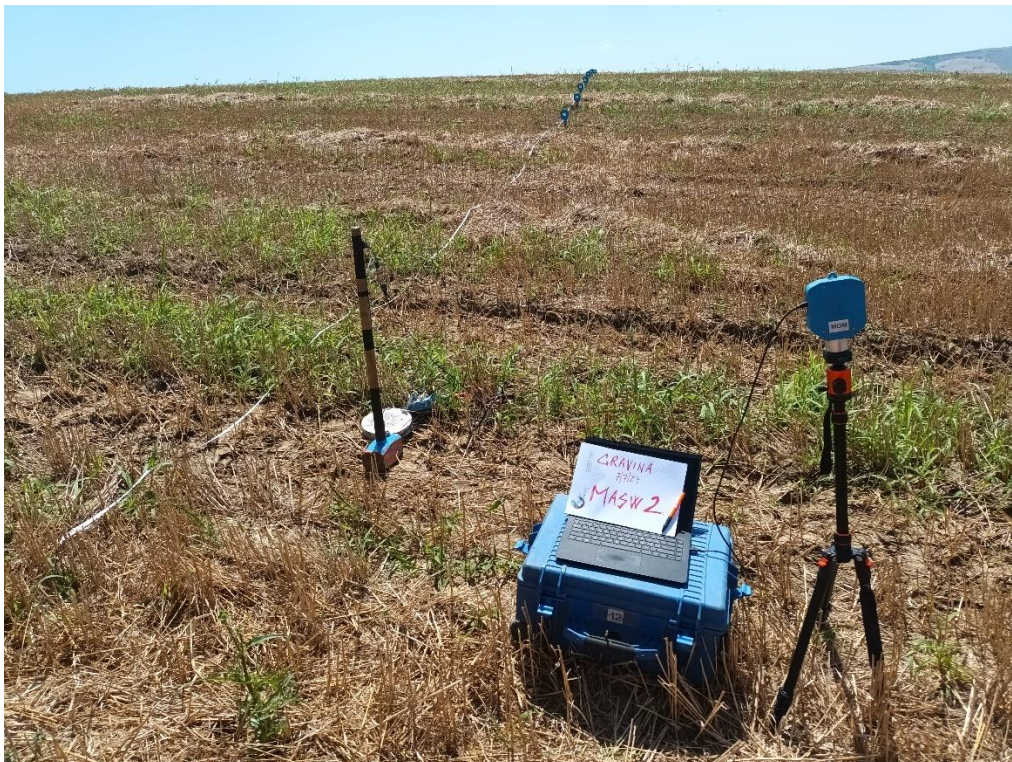
- **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa** molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

3. RAPPORTO FOTOGRAFICO

3.1. INDAGINE SISMICA MASW



Postazione dell'indagine MASW01



Postazione dell'indagine MASW02



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it


Allegato 1 Carta Ubicazione delle indagini.



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



Legenda

-  **MW** Prospezioni sismiche di tipo MASW