



**REGIONE
PUGLIA**



**COMUNE DI SAN
GIOVANNI ROTONDO**



**PROVINCIA DI
FOGGIA**



**COMUNE DI
MANFREDONIA**



**COMUNE DI SAN
MARCO IN LAMIS**

**IMPIANTO AGROVOLTAICO “LA FEUDALE” ED OPERE DI
CONNESSIONE**

RELAZIONE GEOLOGICA DEL PROGETTO DEFINITIVO

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	29/09/2021	PRIMA EMISSIONE	A.S.	A.S.	L.S.

VALIDO PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO LA FEUDALE PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
3.1. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	7
3.2. INQUADRAMENTO TETTONICO.....	11
3.3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	14
3.4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	17
3.5. SISMICITA' DELL'AREA	20
3.6. NEOTETTONICA	24
3.7. INQUADRAMENTO RISPETTO AL P. A. I.	26
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	28
4.1. PROVE PENETROMETRICHE	28
4.2. STENDIMENTI MASW	34
5. MODELLO GEOLOGICO	35
5.1. LITOSTRATIGRAFIA	35
5.2. MODELLO GEOTECNICO	41
6. ANALISI PERICOLOSITA' GEOLOGICHE	43
6.1. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	44
6.2. RISPOSTA SISMICA.....	45
6.2.1. Categorie di sottosuolo.....	47
6.2.2. Condizioni topografiche	48
6.2.3. Spettri di risposta	48
7. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO - CONCLUSIONI.....	57

1. *PREMESSA*

Il presente studio geologico è stato redatto su incarico della Green&Green srl.

La presente relazione è a corredo del progetto definitivo “**La Feudale 30MW**”, consistente nella realizzazione di un impianto fotovoltaico da 30MW nei territori comunali di Manfredonia e di San Giovanni Rotondo.

Lo studio in oggetto comprende i lineamenti di geologia generale dell’area, la caratterizzazione sismo-tettonica, la caratterizzazione geolitologico-geotecnica e la verifica della vincolistica di tipo idrogeologico.

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- ✓ **Legge 64 del 2 febbraio 1974;**
- ✓ **Decreti ministeriali del 9 e del 16 gennaio 1996;**
- ✓ **L.R. 6 agosto 1997, n. 38 e s.m.i, «Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico»**
- ✓ **Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale**
- ✓ **Legge 28 dicembre 2015, n. 221 Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell’uso eccessivo di risorse naturali**
- ✓ **D.M. 25.10.2016: Riforma Autorità di Bacino**
- ✓ **D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"**
- ✓ **Circolare 21 gennaio 2019 – Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018**

Il presente studio inoltre si conforma agli standard di lavoro emessi dal Consiglio Nazionale dei Geologi – Progetto Qualità 2010.

Nella presente relazione vengono riportati, secondo una sequenza logica, l’inquadramento geologico generale dell’area, il modello geomorfologico, idrogeologico, sismotettonico e geolitologico.

2. *INQUADRAMENTO GEOGRAFICO*

Il sito oggetto di studio è rappresentato da un’area sita nei comuni di Manfredonia (area sud) e San Giovanni Rotondo (area nord), entrambi in provincia di Foggia.

La zona ricade nel Foglio n° 409 Sez. IV della nuova Carta d'Italia dell'I.G.M. in scala 1:25.000 e si articola alla quota altimetrica variabile da 10 a 40 m s.l.m.

Nella cartografia in scala 1:50.000 l'area ricade nella tavola "Zapponeta".

Nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 l'area ricade negli elementi 409012 – 409023 – 409051 - 409064.

A seguire si riporta una immagine dell'area di progetto sovrapposta alla cartografia in scala 1:25.000.

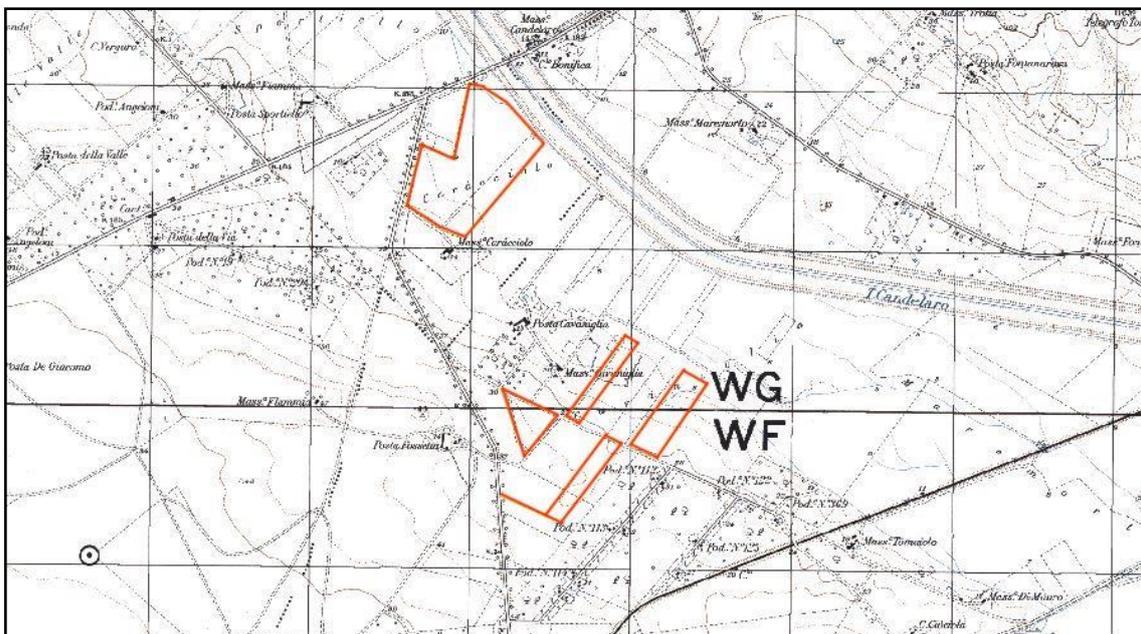


Figura 1: Inquadramento area di studio su cartografia in scala 1:25000

Una più precisa individuazione dell'area d'intervento può essere desunta dal *corpus* cartografico allegato alla presente.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto di studio è caratterizzata da un contesto geodinamico con tre grandi unità: le Unità dell'Avampaese Apulo, le Unità della Catena Appenninica e le Unità delle Fossa Bradanica. Le unità dell'Avampaese rappresentano le aree in cui la deformazione tettonica è minima ed è limitata a blande ondulazioni e con faglie dirette, non attive. Le Unità della Fossa Bradanica rappresentano i prodotti di riempimento della struttura a truogolo che si forma fra i lembi indeformati e le falde in accavallamento dell'Appennino, che rappresentano le unità deformate in progressivo sollevamento e in erosione della Catena. Di seguito si riporta uno schema tettonico e una sezione tettonostratigrafica di riferimento per

l'area in oggetto (Tropeano et alii, 2002), dalle quali si può evincere la correlazione geometrica esistente fra i vari domini strutturali. Le aree del Gargano e delle Murge, caratterizzati prevalentemente da chimismo carbonatico, rappresentano l'Avanpaese Apulo, relativamente indeformato e sono fra loro tettonicamente separate da due lineamenti tettonici che ribassano la parte centrale del Tavoliere delle Puglie, rappresentate dalla Linea del Cervaro a nord e dalla Linea del Vulture a sud, che fisiograficamente corrisponde alla Valle dell'Ofanto. La parte centrale della depressione strutturale è occupata dal bacino del fiume Carapelle. I depositi della Fossa Bradanica sono di natura sia continentale sia marina, ma con una netta prevalenza dei termini di natura continentale (Sintemi di natura alluvionale), mentre i termini di origine marina sono presenti in profondità, con la Formazione delle Argille Sub-Appennine, con uno spessore che può superare i 1500 m, come mostrato dai dati di perforazione di pozzi di produzione di metano. Le argille mostrano un assetto monoclinale inclinato da 15° a 5°, in diminuzione verso est e poggiano sulle Unità Apule.

Le Unità Pleistoceniche della Fossa Bradanica sono rappresentate dalle seguenti unità tettonostratigrafiche principali:

- Argille Sub-Appennine
- Supersintema del Tavoliere di Puglia
 - Sintema di Lucera
 - Sintema di Cava Petrilli
 - Sintema di Vigna Bocola
 - Sintema di Masseria la Motticella
 - Sintema di Foggia
 - Sintema di Motta del Lupo
 - Sintema di Masseria Finamondo
 - Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro

Molti dei sintemi vengo ulteriormente suddivisi in sub-sintemi; nel capitolo dedicato alle caratteristiche geolitologiche verranno descritte in dettaglio anche le unità secondarie di riferimento.

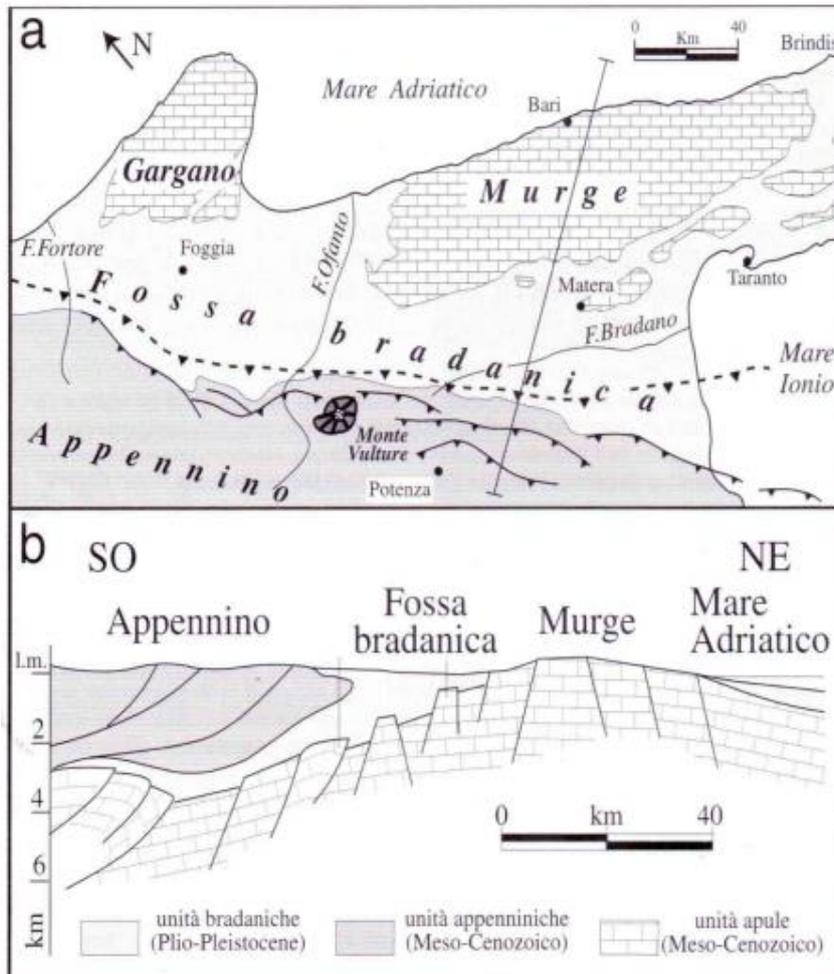


Figura 2: Schema strutturale generale dell'area (Tropeano et alii, 2002)

Nella cartografia geologica attualmente disponibile, ovvero la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, l'area ricade nel Foglio 164 "Foggia". Di seguito si riporta una *sketch-map* tratta dalla cartografia CarG, nel quale viene mostrato l'assetto stratigrafico-strutturale, riferito al foglio 408 "Foggia", al di fuori dell'area di studio, che ricade nell'adiacente foglio 409 Zaponeta. L'area è ubicata nella pianura del Tavoliere, rappresenta dal punto di vista geologico-strutturale una porzione dell'Avanfossa Appenninica. Vi sono anche indicate anche le principali strutture tettoniche trasversali sepolte.

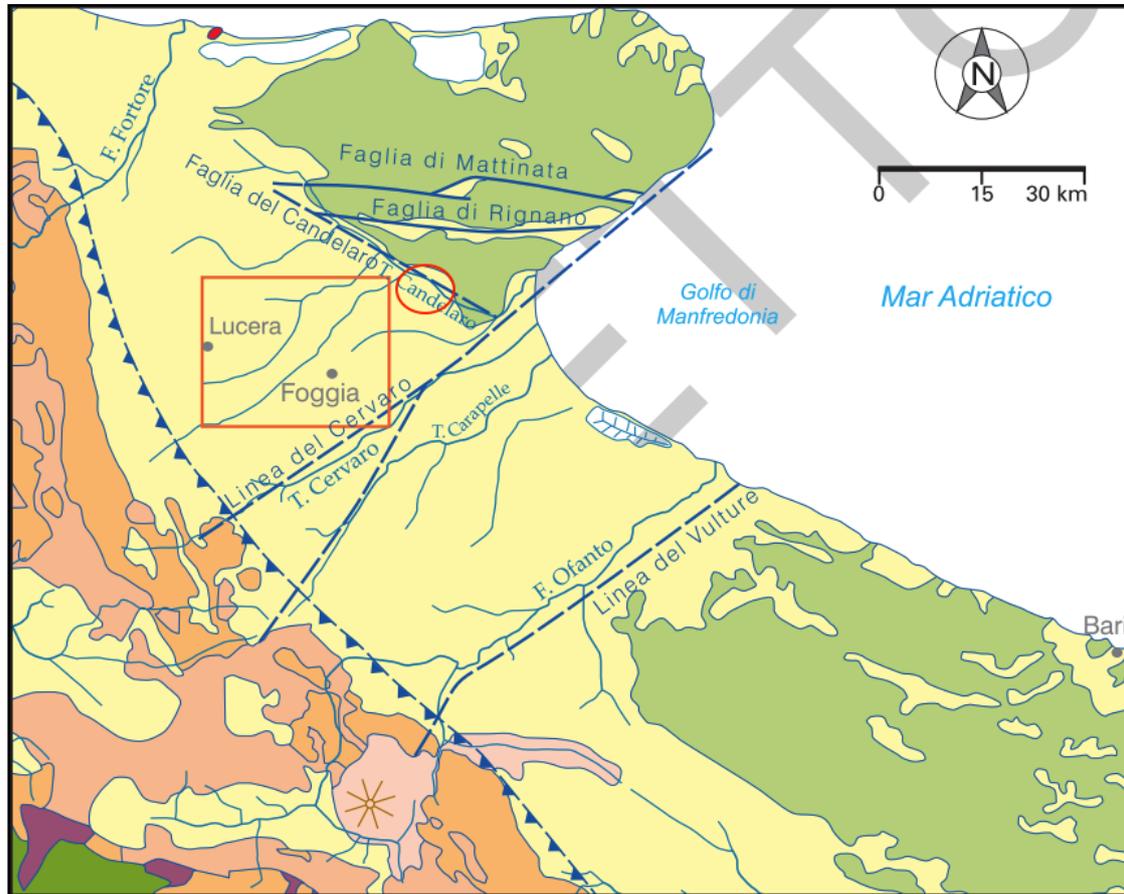


Figura 3: Schema delle unità tettonostratigrafiche (ISPRA-Progetto CarG)

3.1. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Il contesto litologico dell'area di studio è quello ricadente nella Fossa Bradanica in particolare all'interno del Supersistema del Tavoliere di Puglia. Il letto della successione quaternaria è costituito dalle Argille Sub-Appennine (Codice cartografia CarG ASP, corrispondenti alle Argille di Gravina della cartografia geologica in scala 1:100.000). Tale

formazione è costituita da argille siltose, silt argillosi e più raramente silt sabbiosi di colore grigio azzurro, con intercalazioni di sabbie e talora conglomerati. L'assetto geometrico è di tipo monoclinale, immergente verso nord-est. L'arrangiamento della Formazione è in strati di spessore variabile, da centimetrico a metrico. All'interno della Formazione è possibile riconoscere varie strutture sedimentarie, con laminazioni piano-parallele, strutture a *ripple* e talora gradazione normale. Il contenuto in microfossili è solitamente abbondante, mentre risultano meno abbondanti le macrofaune, in tanatocenosi spesso detritiche, legate a eventi erosivi o di tempesta. Nella parte alta della Formazione (ASP) appoggia con una superficie di discordanza il Subsistema di Amendola appartenente al Sistema di Masseria la Motticella (MLM₁) del Pleistocene medio, inerente al Supersistema del Tavoliere di Puglia (TP). Esso è formato da sabbie dal colore fulvo-arancio o giallo ocre in cui sono inseriti strati di arenarie. A volte si ritrovano livelli di silt o argilla giallo ocre. Nella parte alta dell'unità, stando a quanto riportato dal foglio 409 "Zapponeta", vi sono silt argillosi e argille di colore giallastro al marrone, ricche di noduli bianchi calcarei dovuti alla precipitazione evaporitica. Nella parte finale superiore vi sono sedimenti di alterazione delle sabbie sottostanti, da ambiente subaereo. Gli spessori derivati dai dati di perforazione, sono di norma compresi fra 25 e 30 metri e il valore massimo stimato è di 55 metri nella parte settentrionale del foglio. Il limite superiore coincide con la superficie topografica o con la base del Sistema di Masseria Finamondo (TPF). Tale unità è formata da sabbie fini da grigio a giallastre alternate a peliti, sottilmente laminate e argille di colore scuro. L'ambiente di sedimentazione è di piana alluvionale a bassa energia. Lo spessore massimo è di circa 20 m. Sia il limite inferiore che quello superiore sono costituite da una superficie di discordanza dove il primo appoggia con il tetto di MLM e TGF, mentre il secondo coincide con la base del Sistema di Masseria Inacquata (NAQ). Tale sistema appartenente al Supersistema del Tavoliere di Puglia (Pleistocene superiore/Olocene) è formato da un sistema deposizionale risalente all'ultima risalita del livello del mare. Esso è caratterizzato da depositi alluvionali passando verso la costa a dune costiere e depositi di spiaggia emersa e sommersa. I depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da argille, sabbie e silt di colore dal bruno scuro, al grigio, al giallastro, con lamine da piano-parallele ad ondulate, specialmente nei livelli sabbiosi e limosi contenente anche gasteropodi terrestri. I depositi di spiaggia invece sono costituiti da sabbie marine grigiastre con contenuto faunistico riconducibile all'ecosistema fatto dalle

sabbie fini ben calibrate e dalle sabbie argillose di mare calmo (Pérès, 1967, citato nelle note illustrative CARG, Foglio Foggia), sormontate da spiaggia di sabbie emersa e duna costiera. Lo spessore massimo, in perforazione, è di circa 15 metri. In fine troviamo i depositi alluvionali recenti formati da conglomerati a clasti prevalentemente calcarei subarrotondati da centimetrici a decimetrici. A questi livelli di conglomerati sono alternati livelli di sabbia fine o limo da marroncino a rossastro.

Di seguito si riporta stralcio della cartografia in scala 1:50.000. Per la legenda si fa riferimento alle seguenti diciture e sigle.

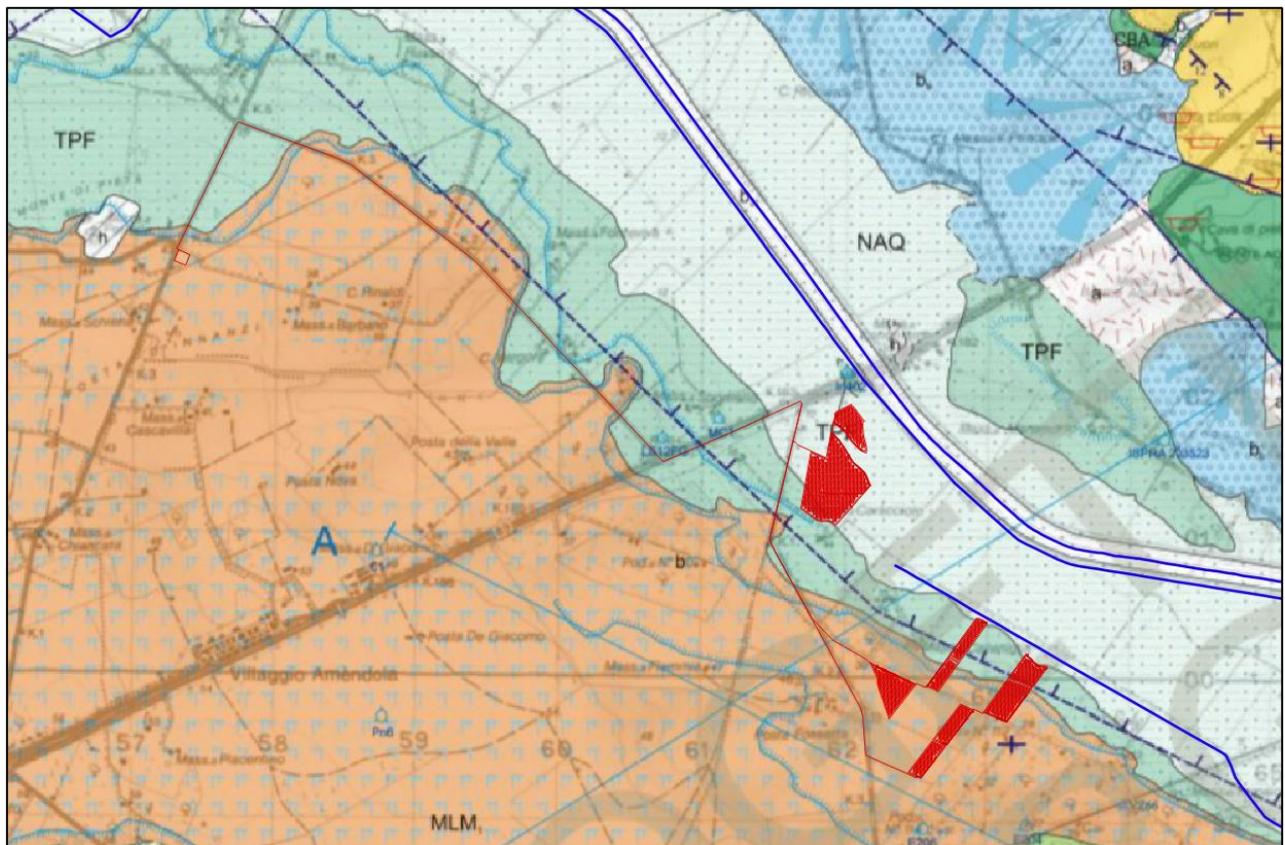


Figura 4: Stralcio carta geologica d'Italia CARG in scala 1:50.000 (Foglio 409-Zapponeta).

Foglio 409-Zapponeta

bb Depositi Alluvionali recenti (conglomerati a clasti prevalentemente calcarei sub-arrotondati, da centimetrici a decimetrici, con intercalazioni di sabbia fine e/limo). *Olocene*

NAQ Sintema di Masseria Inacquata: Depositi Alluvionali passanti verso la

costa a dune costiere e depositi di spiaggia emersa e sommersa (argille, sabbie e silt di colore bruno scuro, grigio e giallastro, spesso con strutture laminari piano-parallele od ondulate i depositi alluvionali; i depositi di spiaggia sono da ricondurre prevalentemente a sabbie e sabbie argillose). Pleistocene superiore-Olocene;

TPF Sintema di Masseria Finamondo: Sabbie fini da grigio a giallastre alternate a peliti. *Pleistocene superiore*;

MLM₁ Sub-sintema di Amendola: Sabbie di colore fulvo-arancio e giallo-ocra, pulverulente, con concrezioni calcaree; silt argilloso e argille di colore giallo ocra con noduli e concrezioni calcaree sono spesso presenti al tetto. *Pleistocene medio*.



Figura 5: carta litologica dell'area (tematismi ricavati dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 del progetto CARG); i terreni presenti sono tutti di natura alluvionale, ma appartengono a differenti formazioni e presentano granulometria eterogenea.

L'esecuzione delle indagini geognostiche ha permesso di effettuare alcune valutazioni circa l'assetto litostratigrafico locale: gli stendimenti M1 ed M3 sono stati eseguiti nel sub-Sintema di Amendola e si presentano molto simili, con velocità delle onde S inferiori a 200 m/s fino alla profondità di 5-7 m, molto probabilmente corrispondenti ai silt argillosi e alle argille ocracee, passanti quindi alle sabbie fulvo-arancio, caratterizzate da una velocità delle

onde di taglio molto costante con la profondità; l'aumento della tensione litostatica non induce un miglioramento sensibile della rigidità sismica.

Il dettaglio superficiale può essere desunto dalle prove penetrometriche, che mostrano invece una certa variabilità locale: nella P1 si nota un orizzonte superficiale di bassa resistenza (argille/silt, in parte rimaneggiati dalle lavorazioni agrarie), mentre in P2 e P3 l'orizzonte più superficiale mostra una resistenza maggiore rispetto agli orizzonti immediatamente sottostanti, dato che può essere attribuito in parte all'effetto di disseccamento superficiale, ma che è certamente in parte da ascrivere a orizzonti sabbioso-siltosi e con concrezioni carbonatiche, come riportato nella cartografia CARG. Non si notano variazioni litostratigrafiche alle massime profondità indagate. Il rifiuto strumentale delle prove penetrometriche corrisponde probabilmente al tetto della zona più francamente sabbiosa del sub-Sistema di Amendola.

3.2. INQUADRAMENTO TETTONICO

Per quanto attiene la tettonica generale, essa è legata alle strutture precedentemente citate, con uno stile de formativo prevalentemente compressivo nei settori di catena, nel quale sono comuni le falde di sovrascorrimento, i *thrusts* e le *horses structures*, che portano le unità Appenniniche in sovrapposizione sulle unità di Avanfossa della Fossa Bradanica, che riempiono la depressione provocata dalla fessurazione dell'Avampaese Apulo. Tale ultimo elemento strutturale è quindi interessato da flessurazione ad ampio raggio nel settore occidentale e da una blanda tettonica a cinematismo normale.

Di seguito si riporta la carta realizzata da Piccardi (1998); l'autore sottolinea l'esistenza di alcune faglie che sembrano essere attive nell'area del Gargano. Tra queste la faglia di Mattinata è la più imponente e mostra un trend EW. Propone una suddivisione di questa grande struttura in tre sezioni, da est a ovest sono Monte Sant'Angelo, San Giovanni Rotondo e San Marco in Lamis. Questa struttura è interpretata come una *dextral strike-slip fault*, con una componente verticale considerevole, che è prova di compressione crostale. La sismicità attuale è principalmente di piccola entità e la sua distribuzione non delinea una chiara tendenza.

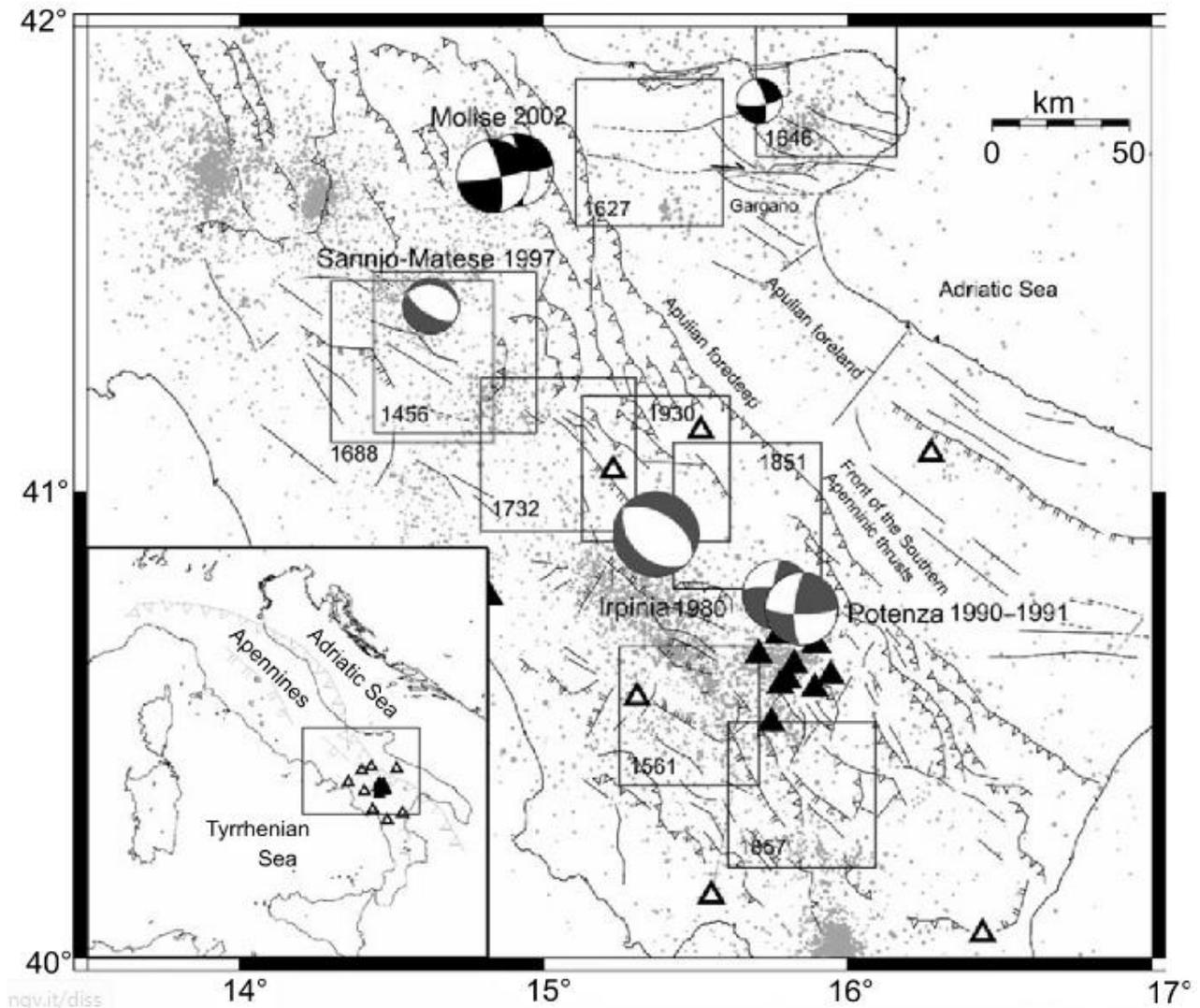


Figura 7: Sismicità storica e strumentale dell'Appennino Meridionale (Documentazione varia allegata al progetto DISS, da Di Luccio et al.,2005).

Poco a nord dell'area si sviluppa anche la Faglia di Rignano, grosso modo parallela alla Faglia di Mattinata, che presenta verso sud una amplissima scarpata di faglia immergente verso il Tavoliere, come mostrato nello schema tettonico che di seguito si riporta, tratta da Billi e Salvini (2000).

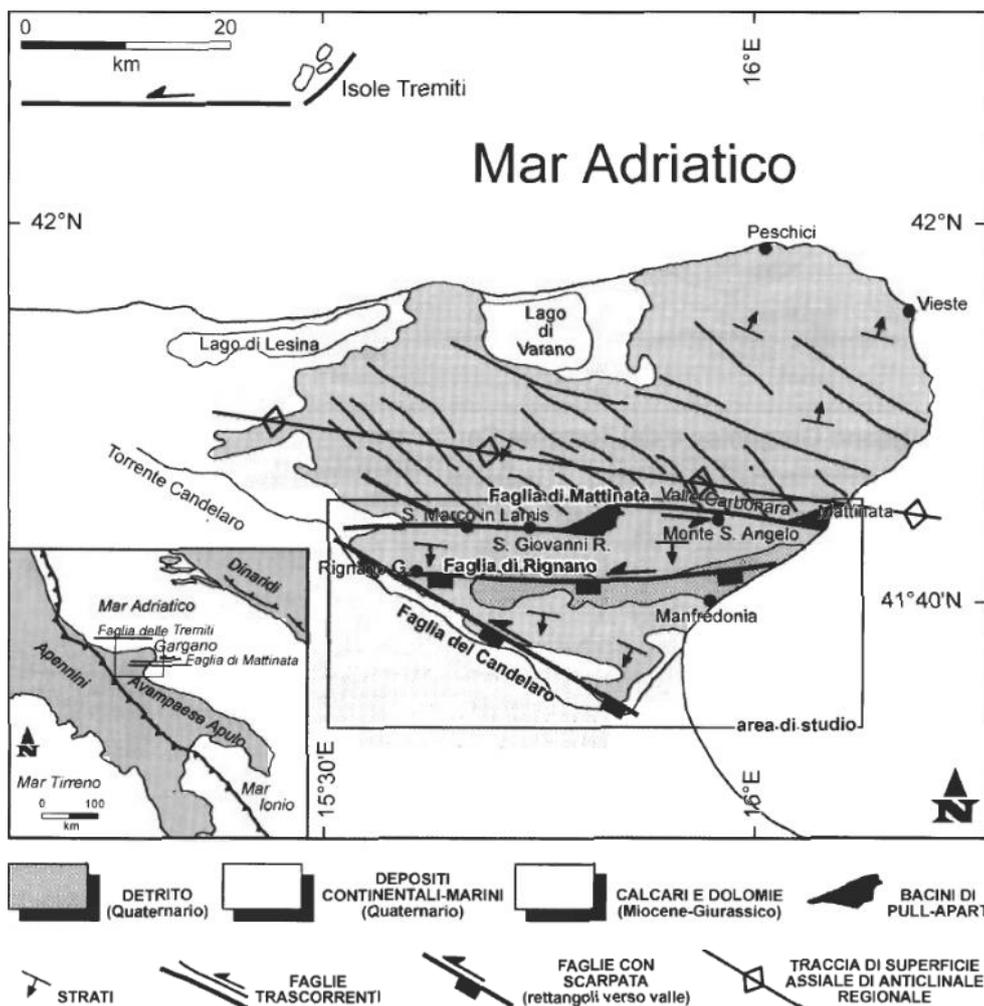


Figura 8: schema strutturale dell'area (Billi e Salvini, 2000).

Da quanto riportato appare chiaro che le strutture tettoniche sono legate all'area garganica e al settore appenninico, mentre l'area dell'Avanpaese Apulo è quasi priva di strutture tettoniche significative, almeno in termini di tettonica quaternaria attiva.

3.3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area di progetto ricade per intero nel Tavoliere delle Puglie, caratterizzata da vaste spianate e da una serie di rilievi poco elevati. Si tratta delle colline di Lucera (circa 220 m s.l.m), Monte Croce (279 m s.l.m) e Montedoro (253m s.l.m) i cui versanti orientali degradano verso la piana di Foggia e fino al fondo valle del T. Candelaro (circa 40 m s.l.m) (Prog.CARG note illustrative foglio Foggia 408). Nell'area del Foglio 164 Foggia della Carta Geologica D'Italia 1:100000 sono distinguibili due zone dove l'azione modellatrice delle forze esogene ha risentito delle diverse situazioni geologiche. L'area è solcata da tre

importanti torrenti: il Candelaro, il Cervaro e il Carapelle e da una rete di tributari che hanno spesso un deflusso esclusivamente stagionale. La zona di progetto ricade a destra idrografica del T. Candelaro e la morfologia è formata da vaste pianure inclinate debolmente verso il mare. Tale pendenza, molto probabilmente, può essere riconducibile alla superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su essa si sono adagiati. Il T. Candelaro scorre al piede del Gargano, mostrando un profilo longitudinale pressoché piano. Tale assetto ha favorito, nonostante le opere di regimazione e di canalizzazione, frequenti fenomeni di esondazione di vaste aree in occasione di eventi pluviometrici importanti e improvvisi (Prog.CARG note illustrative foglio Foggia 408). Le vaste opere di bonifica effettuate nell'area distale del Candelaro, vasta aree riempite da depositi di colmata.

Il reticolo idrografico del torrente Candelaro è condizionato in maniera molto evidente da un lineamento tettonico, che prende il nome di Faglia del Candelaro, e che conferisce al torrente una direzione di scorrimento nord-ovest – sud-est quasi ortogonale alle altre aste drenanti, che hanno direzione sud-ovest – nord-est. L'analisi dei principali elementi morfologici indica con chiarezza che questi sono connessi ai caratteri litostratigrafici e strutturali dell'area; la tipologia dei reticoli idrografici è infatti strettamente collegata ad effetti di importanti eventi geodinamici quali la recente strutturazione della fascia esterna dell'Appennino foggiano e del settore pedemontano del Tavoliere. Sono però le più recenti fasi erosivi-deposizionali che hanno determinato assetto morfologico e l'andamento generale del reticolo idrografico: queste fasi sono da porre in relazione anche ai movimenti relativi del livello marino le cui oscillazioni sono legate alle variazioni climatiche quaternarie (oscillazioni eustatiche). Ai periodi di *high stand* (stazionamento alto) dovuti alle fasi deposizionali dei sistemi alluvionali e *low stand* (stazionamento basso) quelli erosivi (Prog.CARG note illustrative foglio Foggia 408), a causa della caduta del livello di base generale. La struttura stratigrafica e dei reticoli idrografici sono state condizionate sia dalle oscillazioni eustatiche e sia dal sollevamento del settore garganico e dell'Appennino. A nord dell'area è molto evidente la disarticolazione verticale della Faglia di Rignano, il cui piano è solcato da una serie di conoidi che si riversano a sud in direzione del basso morfostrutturale del tavoliere.

A seguire si riportano stralci in ambiente GIS che esemplificano l'assetto altimetrico e le

pendenze locali, espresse in gradi.

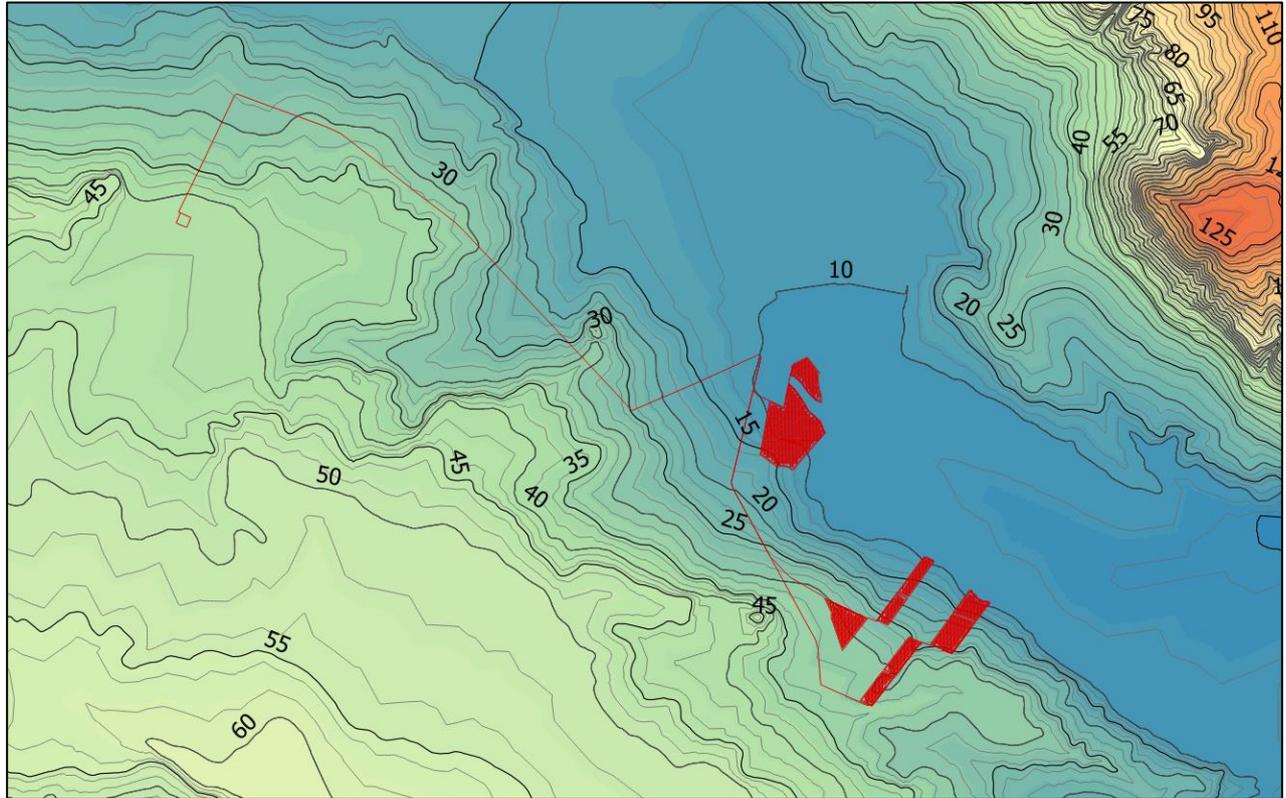


Figura 9: Modello Digitale di Elevazione con sovrapposizione delle curve di livello a equidistanze 2 m e principali a 5 m. I toni caldi indicano le aree elevate, i toni freddi le aree di fondovalle del torrente Candelaro.

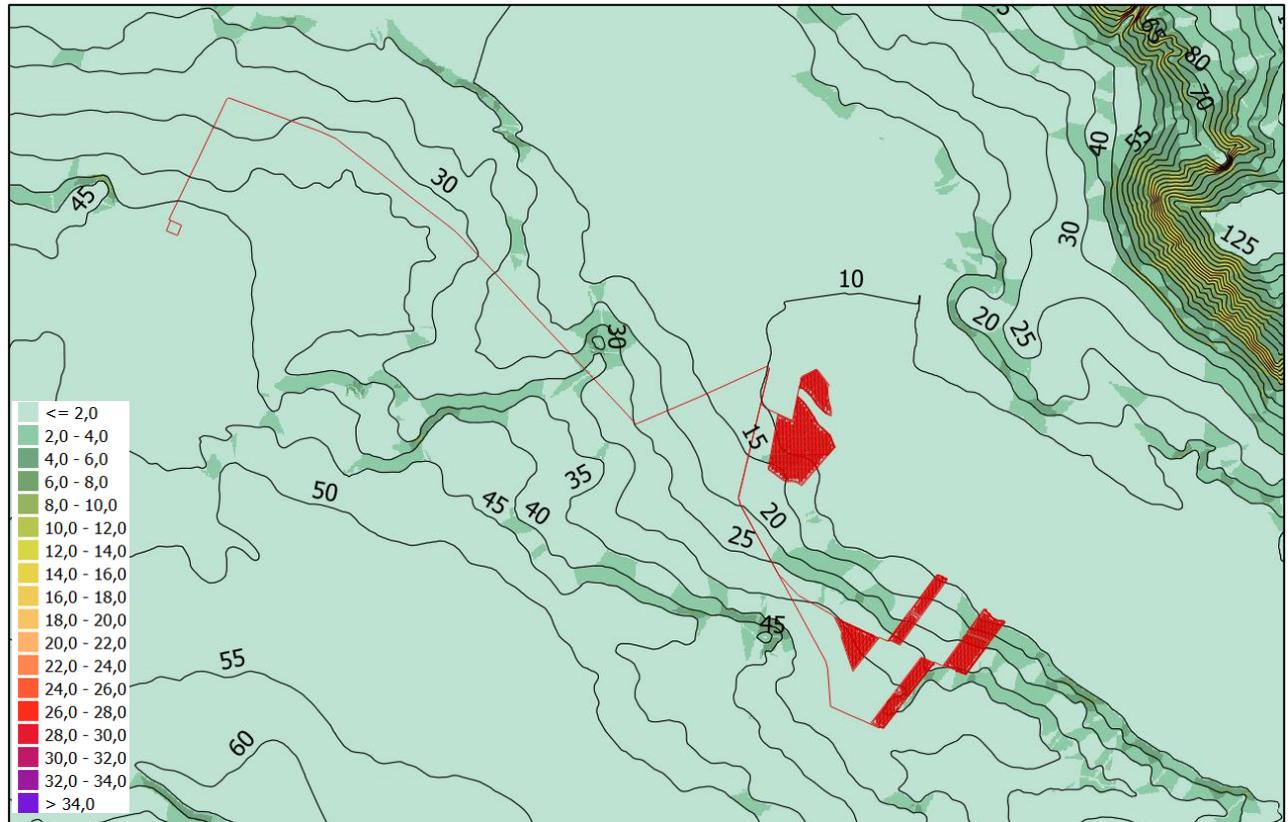


Figura 10: Carta delle pendenze (espresse in gradi) tratte dal modello di elevazione precedente.

3.4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'area di studio è caratterizzata da un reticolo idrografico piuttosto composto e asimmetrico, con un reticolo generale che da sud-ovest, ovvero dai settori appenninici, scorre in direzione nord-est, trovando sbocco in parte in Adriatico fino al Canale della Contessa, sui si innesta il Torrente Candelarò, a direzione contraria (sud-est), che segue l'andamento dell'omonima faglia e delimita il massiccio calcareo del Gargano verso sud-ovest. Il reticolo minore che digrada dal Gargano ha andamento centrifugo si disperde in corrispondenza della rottura di pendenza concava principale del Tavoliere (espressione superficiale della Faglia di Rignano) a causa della variazione di permeabilità e di condizioni meteorologiche. L'area del Tavoliere è infatti caratterizzata climaticamente da un regime semiarido, con elevatissimi tassi di evapotraspirazione e l'intero settore appare privo di circolazione idrica stabile.

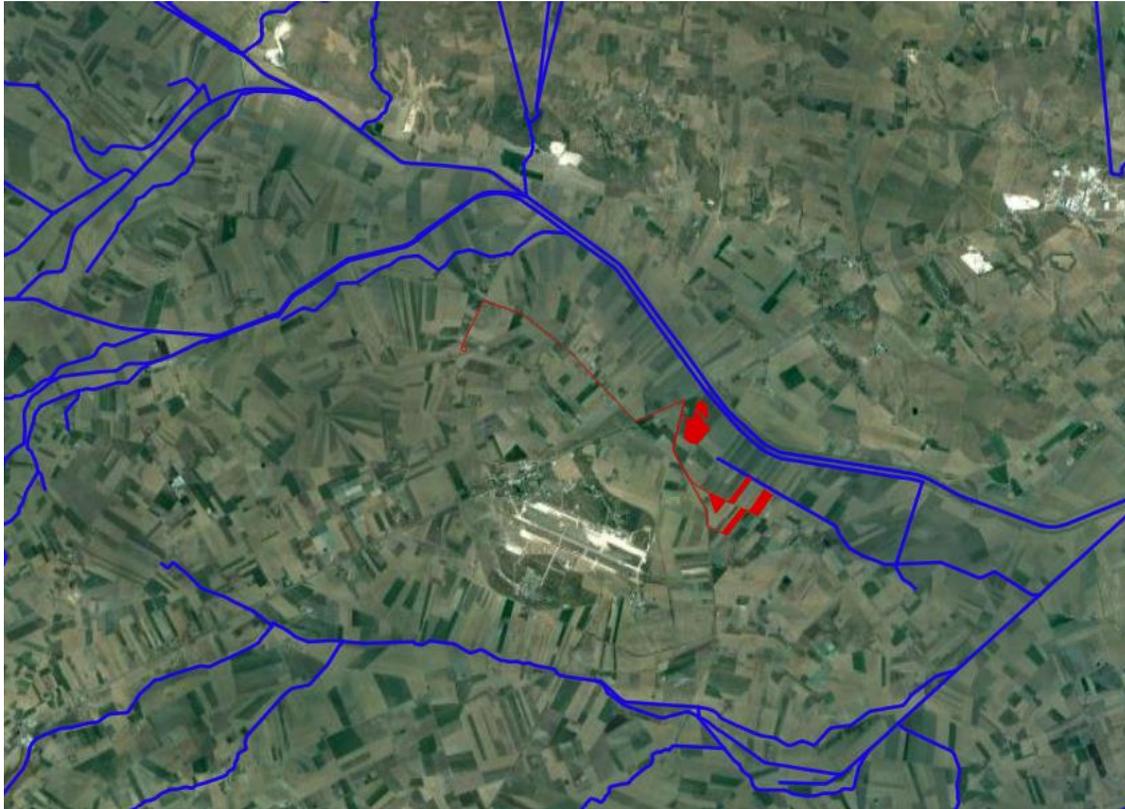


Figura 11: reticolo idrografico dell'area (reticolo idrografico tratto dal livello WMS del GeoPortale Nazionale).

Le aree sono caratterizzate superficialmente da terreni a permeabilità molto variabile, funzione principalmente delle caratteristiche granulometriche e quindi della porosità efficace; tutti i terreni sono infatti caratterizzati da permeabilità primaria per porosità singenetica. I terreni a dominanza sabbioso-ghiaiosa del Supersintema del Tavoliere sono caratterizzati da elevata permeabilità, incentivata inoltre dalle caratteristiche planoaltimetriche, con basse pendenze e quindi bassa velocità di scorrimento superficiale dei filetti fluidi, che possono così infiltrarsi in falda con maggior facilità. Alcuni sintemi e sub-sintemi sono invece caratterizzati da un assetto molto complesso, con giustapposizione di orizzonti sabbiosi, ghiaiosi e in parte limosi, con altri livelli, generalmente lenticolari e tabulari, più fini, limosi e argillosi, che influenzano notevolmente il transito profondo dei filetti fluidi, impedendo il transfert verticale degli stessi e dando quindi luogo a falde freatiche o effimere, spesso sospese, ma talora, in profondità, semiconfinate o confinate, dando luogo a un acquifero molto complesso, in parte interconnesso. La falda principale è legata solitamente ai materassi alluvionali delle principali aste drenanti, con una trasmissività media, funzione dello spessore del materasso alluvionale.

l'orizzonte di tamponamento generale dell'area è rappresentato dal tetto della Formazione

delle Argille Sub-Appennine; esse hanno porosità primaria, ma sono da considerare terreni impermeabili a causa delle ridotte dimensioni degli interstizi e rappresentano i terreni che tamponano le falde libere o semiconfinate soprastanti. All'interno di esse sono talora presenti consistenti lenti e intercalazioni a dominanza sabbiosa, che possono ospitare falde confinate, e talora in pressione tale da risultare in condizioni di artesianesimo. Da un punto di vista meramente progettuale la falda è da considerare assente; tale asserzione è però da verificare alla luce delle future indagini geognostiche.

3.5. SISMICITA' DELL'AREA

L'area di studio è prossima al lineamento sismogenico noto in letteratura come Faglia di Mattinata, del quale si riportano le caratteristiche parametriche disponibili nel database del progetto DISS di INGV e una immagine che riporta le aree sismogeniche mappate. La massima magnitudo attesa per tale fonte sismogenica è 6,2.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.71 / 15.78	LD	Based on geological observations.
Length [km]	11.0	LD	Based on geological observations.
Width [km]	12.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	0.0	LD	Based on geological observation.
Max depth [km]	11.8	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	85	LD	Based on geological observations.
Dip [deg]	80	LD	Based on geological observations.
Rake [deg]	215	LD	Based on geological observations.
Slip Per Event [m]	0.43	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	430...4300	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 12: Parametri principali della Faglia di Mattinata

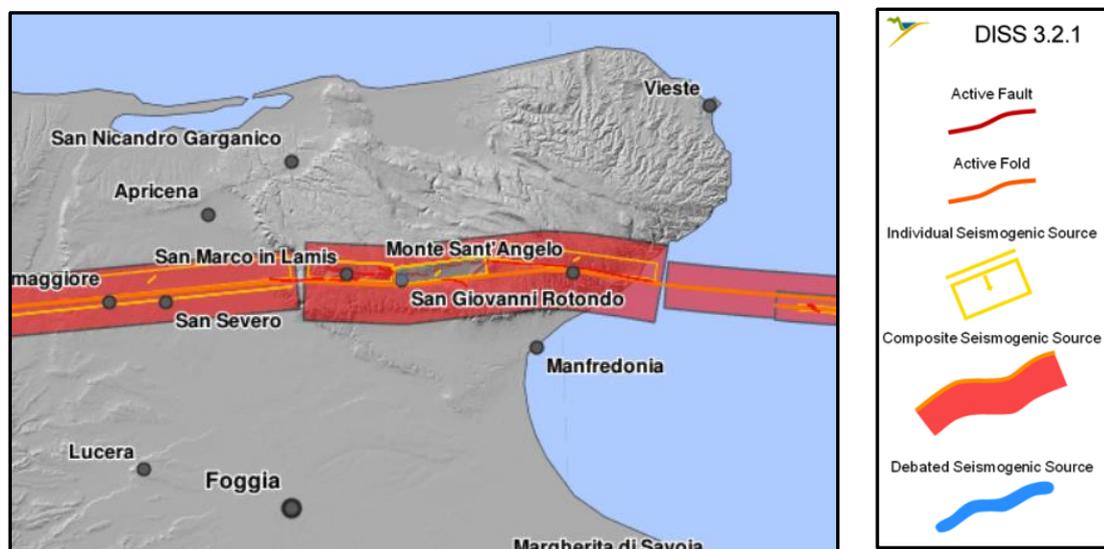


Figura 13: Progetto DISS ([DISS - Web Gis \(ingv.it\)](http://diiss-webgis.ingv.it)) e relativa legenda.

A seguire si riporta la sismicità riportata nelle fonti storiche per il comune di Manfredonia, che mostrano come l'area abbia una sismicità moderata e l'unico sisma di elevata magnitudo noto storicamente verificatosi con epicentro nel Gargano è quello del 1646, mentre sismi maggiormente prossimi hanno mostrato magnitudo sensibilmente minori.

Manfredonia



PlaceID	IT_62196
Coordinate (lat, lon)	41.630, 15.917
Comune (ISTAT 2015)	Manfredonia
Provincia	Foggia
Regione	Puglia
Numero di eventi riportati	54

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
9	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72
7-8	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
F	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
6-7	1756	10	22				Golfo di Manfredonia	4	5-6	4.40
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
5	1864	04	05	19	30		Gargano	3	4	3.70
7	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
NF	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20
5-6	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39
3-4	1900	12	23	22	30		Gargano	20	5	4.37
4-5	1904	04	08	08	22		Gargano	27	6	4.75
4	1905	08	18	04	07		Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
2	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
NF	1908	09	16	20	15		Gargano	14	3-4	3.72
NF	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
NF	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
5-6	1919	10	21	00	24		Gargano	24	5-6	5.03
5	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
2	1933	03	07	14	39		Irpinia	42	6	4.96
3	1937	07	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
NF	1937	12	15	21	25		Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58

NF	🔗	1937 12 15 21 25	Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58
6	🔗	1948 08 18 21 12 20	Gargano	58	7-8	5.55
5-6	🔗	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
4-5	🔗	1953 07 19 18 46	Gargano	5	4-5	4.55
4	🔗	1954 10 26 02 25	Gargano	8	4-5	4.72
6	🔗	1955 02 09 10 06	Gargano	31	6-7	5.05
2	🔗	1955 07 12 04 02	Gargano	8	5	4.16
5	🔗	1956 09 22 03 19 39	Gargano	57	6	4.64
NF	🔗	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
5	🔗	1962 01 19 05 01 25	Gargano	31	5	4.42
5	🔗	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4	🔗	1967 06 17 15 42 58	Gargano	16	5	4.46
6	🔗	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
5	🔗	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	🔗	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
3	🔗	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
4	🔗	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
NF	🔗	1990 02 01 06 24 1	Isole Tremiti	27		4.43
NF	🔗	1990 02 18 20 10 4	Adriatico centrale	46		4.24
NF	🔗	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
NF	🔗	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
4	🔗	1992 11 05 13 34 2	Gargano	32	5	4.34
5-6	🔗	1995 09 30 10 14 3	Gargano	145	6	5.15
3-4	🔗	1995 10 05 23 51 0	Gargano	20	5	3.95
3	🔗	1996 02 28 06 56 3	Gargano	8	5	3.68
2	🔗	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
NF	🔗	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
3-4	🔗	2001 07 02 10 04 4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
4	🔗	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
NF	🔗	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
4-5	🔗	2006 05 29 02 20 0	Gargano	384		4.64
NF	🔗	2006 10 04 17 34 0	Adriatico centrale	98	4-5	4.30
NF	🔗	2006 12 10 11 03 4	Adriatico centrale	54		4.48

Figura 14: Elenco dei sismi registrati per il comune di Manfredonia (DBMI-INGV)

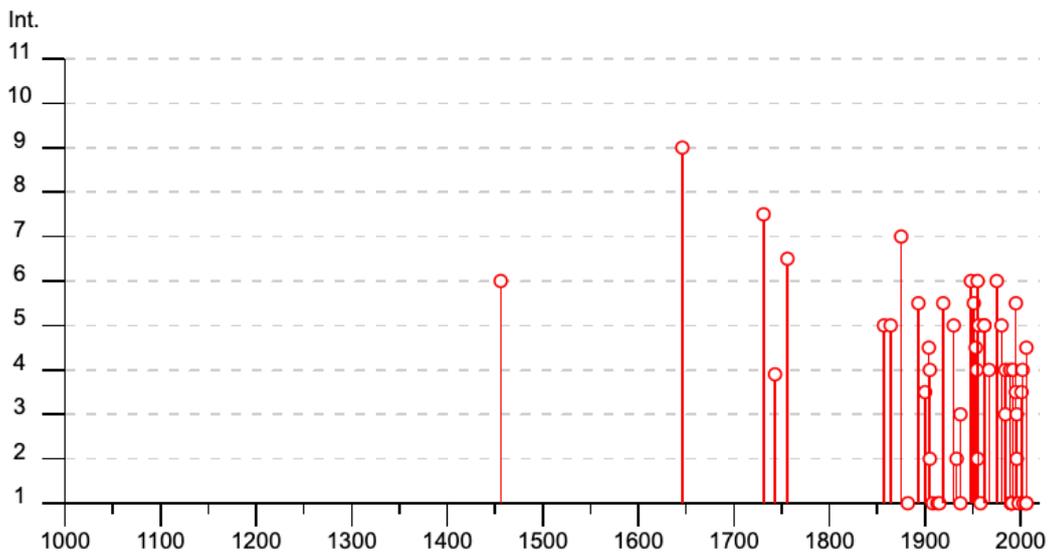


Figura 15: serie temporale dei sismi registrati a Manfredonia (DBMI-INGV)

L'area di studio ricade in parte nel comune di San Giovanni Rotondo e in parte nel comune di Manfredonia. Tali comuni sono entrambi classificati in zona sismica 2 (zona dove possono verificarsi forti terremoti).

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

3.6. NEOTETTONICA

La neotettonica locale può essere efficacemente caratterizzata mediante il catalogo delle faglie Capaci ITHACA, dove per faglia capace si intende in questa sede un lineamento tettonico che ha causato una deformazione certa in superficie o in prossimità di essa a partire dal Pleistocene superiore. Le aree di impianto non sono direttamente interessate da faglie capaci, che sono invece presenti all'intorno, in particolare nel comprensorio garganico, fittamente percorso da faglie capaci.

A seguire si riporta un'immagine di inquadramento delle faglie capaci presenti nell'area foggiana e garganica.

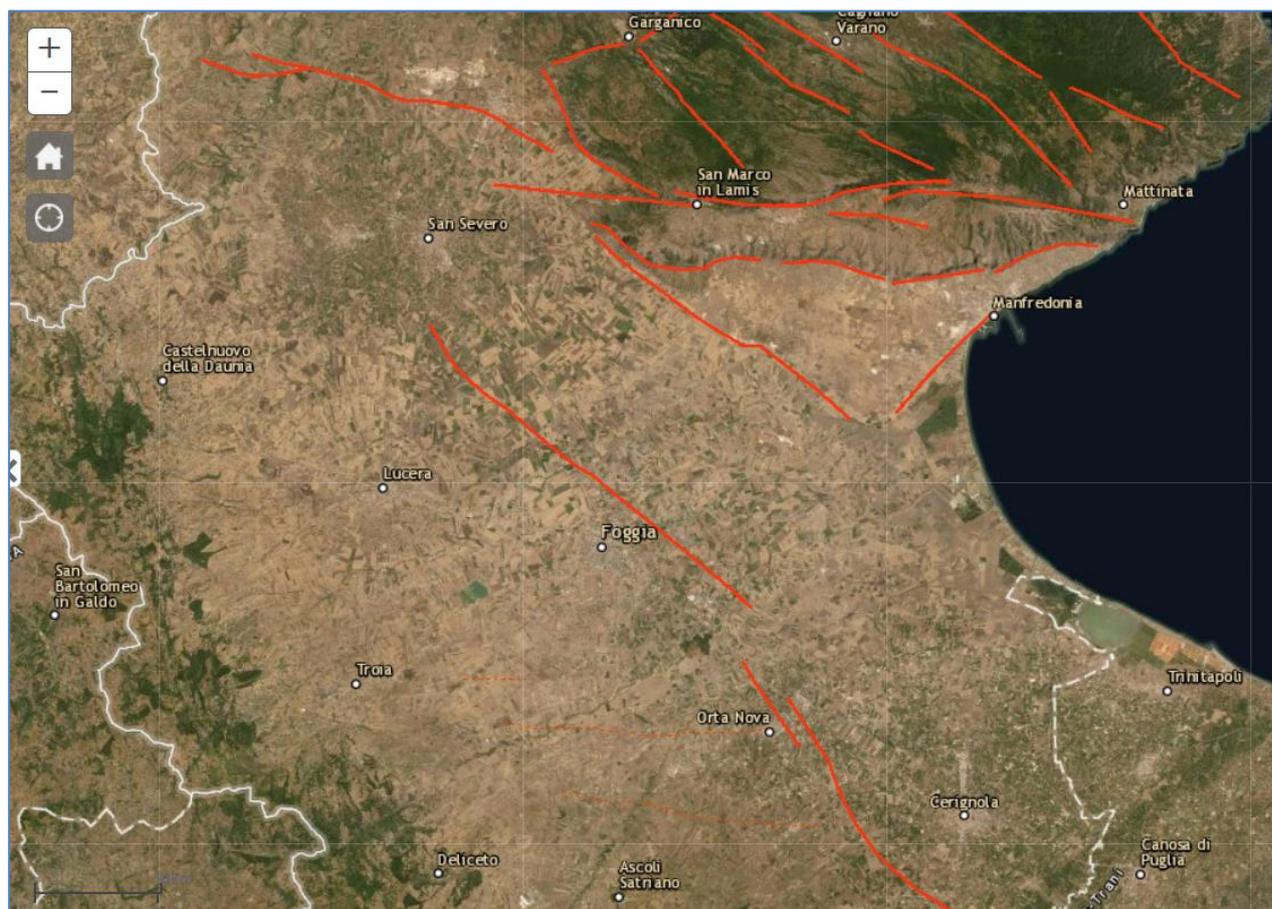


Figura 16: faglie capaci nell'intorno dell'area di impianto; fonte [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](http://ViewerProgettoITHACA(isprambiente.it))

Le faglie capaci più prossime sono la linea Foggia-Cerignola nord a ovest dell'area di progetto e le linee Rignano Garganico Candelaro (molto vicina) e Manfredonia a est, che vengono mostrate nell'immagine che si riporta a seguire, di maggior dettaglio.



Figura 17: faglie capaci nei pressi dell'area di impianto. Shapefile del progetto ITHACA in ambiente GIS.

Della Faglia del Candelaro si analizzerà, nel paragrafo dedicato alle pericolosità geologiche, la probabilità di generare fagliazione superficiale.

Di seguito si forniscono informazioni di dettaglio su tali faglie, disponibili nel database di ITHACA.

La faglia Foggia-Cerignola Nord è una faglia a segmento singolo di sviluppo pari a 35 km, con attività accertata in epoca storica (inferiore a 3000 anni), con cinematica normale e immersione verso sud-ovest, appartenente al sistema del Tavoliere pugliese; non si conosce la magnitudo massima che può essere espressa da tale lineamento.

La faglia di Manfredonia è un lineamento a cinematismo normale, dello sviluppo di 11,7 km, immergente verso sud-est, con attività genericamente riferibile al Pleistocene e magnitudo massima indefinita.

Come affermato precedentemente la faglia più prossima è la Rignano Garganico-Candelaro, caratterizzata da cinematismo normale con *slip-rate* attribuito di 0,2 mm annui, immersione

verso sud-ovest e sviluppo di 25,8 km; la magnitudo massima attesa non è definita.

3.7. INQUADRAMENTO RISPETTO AL P. A. I.

Il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI, redatto ai sensi dell'art. 1 bis della legge 365/2000, dell'art. 17 della Legge 18/05/1986 n° 183 e dell'art. 1 Legge 03/08/1998 n° 267), delimita le aree considerate a rischio di esondazione da parte dei fiumi in oggetto.

Di seguito si riportano le are a rischio alluvione per tempi di ritorno di 30 anni, 200 anni e 500 anni.

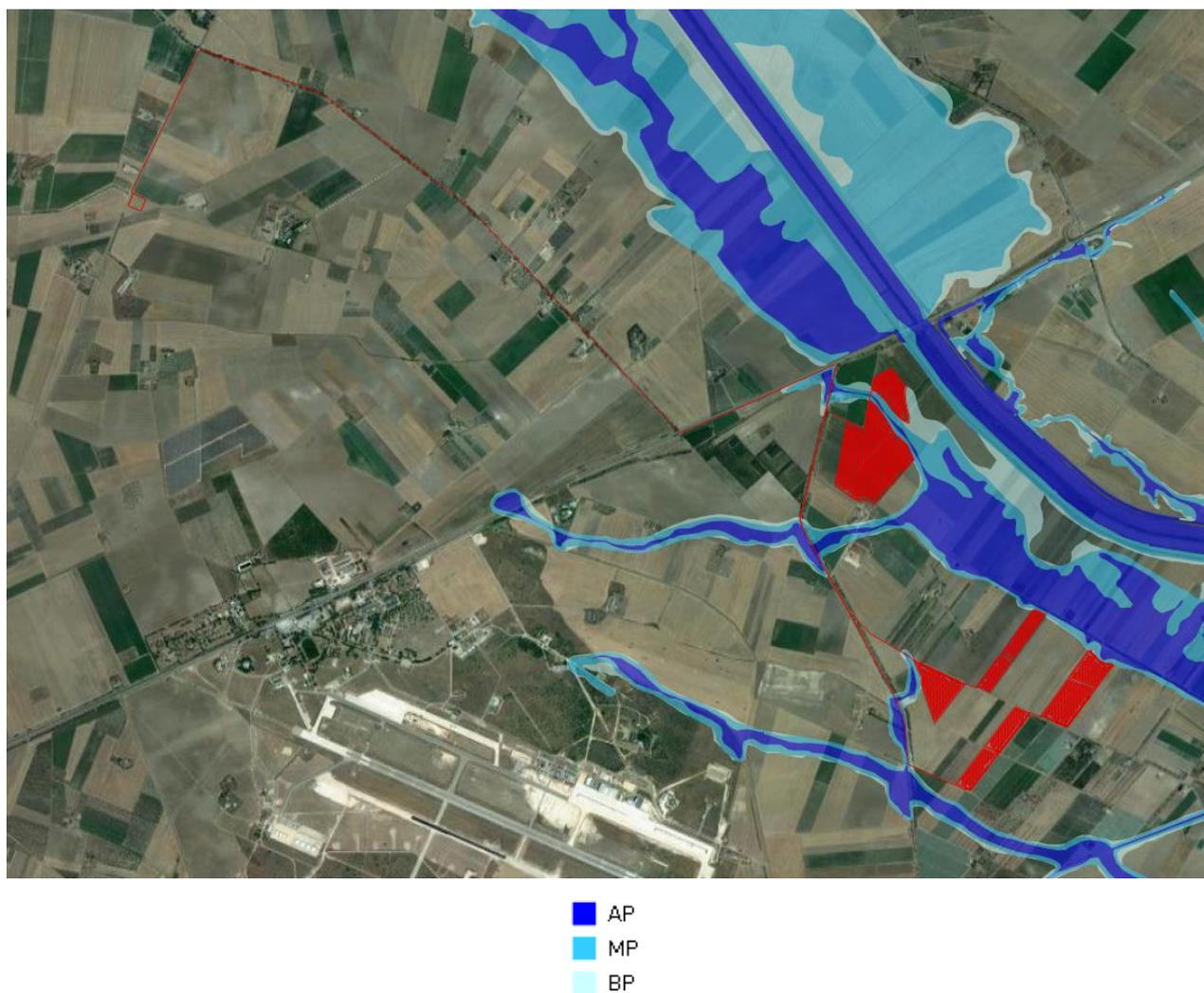


Figura 18: Aree alluvionabili per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni e rispettiva pericolosità alta, media e bassa (fonte <http://93.51.158.166/geoserver/PAI/wms?service=WMS>).

Tutte le aree sono confinate dal Torrente Candelaro e dei rispettivi affluenti, l'area in oggetto è sottoposta quindi a vincolo, anche in considerazione della collocazione morfologica, in

parte nel fondovalle del Candelaro stesso. Tali vincoli condizionano quindi in maniera sostanziale le scelte progettuali e le aree sottoposte a vincolo devono essere escluse dagli interventi di progetto.

Per quanto riguarda il rischio geomorfologico l'area risulta essere non interessata da vincolo, in quanto tutte le frane cartografate nel settore dall'Autorità di Bacino risultano esterne all'area di progetto, così come facilmente desumibile dagli stralci allegati a seguire, in considerazione della scarsa acclività generale dell'intera area; occorre però dire che un tratto di cavidotto, nella sua parte più settentrionale, ricade in un'area considerata a pericolosità geomorfologica 1 (bassa pericolosità).



■ PG3
■ PG2
■ PG1

Figura 19: Pai, Rischio frana (<http://93.51.158.166/geoserver/PAI/wms?service=WMS>); In verde chiaro la pericolosità da frana PG1.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione geolitologica e geotecnica delle aree di progetto sono state programmate ed eseguite delle indagini geognostiche, che sono consistite in n°3 prove penetrometriche dinamiche continue DPM 30-20 e n°3 stendimenti geofisici di tipo MASW. Le prove penetrometriche hanno consentito la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti superficiali, mentre le indagini MASW hanno consentito di ottenere la sismostratigrafia locale e la categoria di sottosuolo di fondazione.

4.1. PROVE PENETROMETRICHE

Le prove penetrometriche sono state effettuate con un penetrometro di tipo medio-leggero, con maglio 30 kg e volata di 20 cm, con rilievo dei colpi ogni 10 cm. Tale prova permette di caratterizzare geotecnicamente i terreni di medio-bassa resistenza e di individuare orizzonti, anche di spessore molto modesto, a bassa resistenza; in caso di terreni di medio-elevata resistenza tale prova raggiunge in breve tempo il “rifiuto strumentale”.

Le prove mostrano una marcata eterogeneità nel comportamento geotecnico e sono accomunate unicamente dalla presenza di un orizzonte di maggiore resistenza in profondità, che causa il rifiuto strumentale a profondità comprese fra un minimo di circa 6 m (P1) e un massimo di circa 9 m (P3). L’andamento delle prove negli orizzonti superiori è invece molto dissimile fra le 3 prove eseguite: la prova n.1 manifesta un andamento piuttosto tipico, con orizzonti superficiali a risposta geotecnica modesta e orizzonti più profondi che, pur con modeste variazioni, mostrano un generale miglioramento della compattezza all’aumentare della profondità e della tensione litostatica.

Prova Penetrometrica N . 1

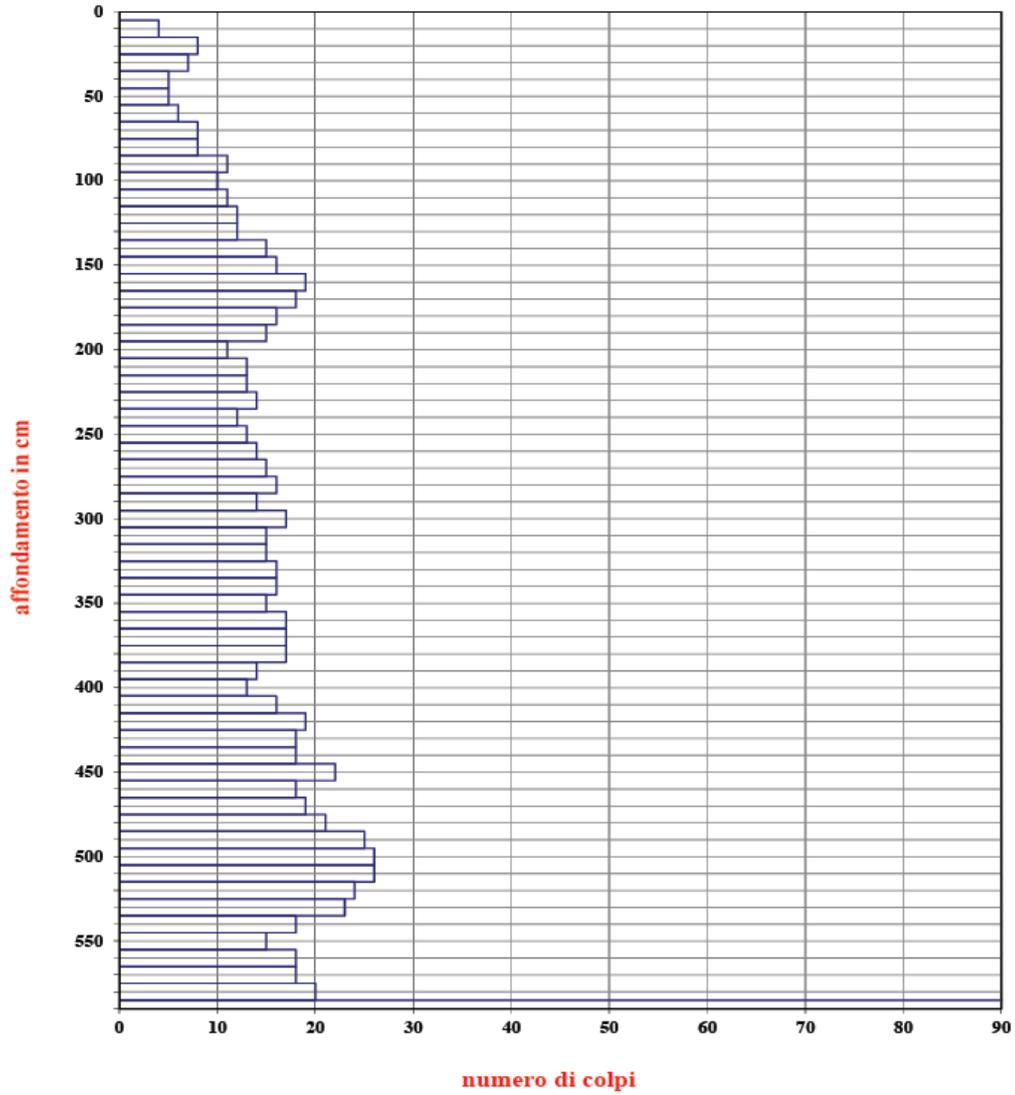


Figura 20: Andamento dei colpi con la profondità.

	Orizzonte Stratigrafico O.S.		Media Numero Colpi N	Esecuzione	Nspt Corretto	COV (%)	SPT Caratteristico	ϕ' caratteristico (°)
1	O.S. 1 da 0,00 m. a 0.80 m.	Terreni coesivi	6.1	b	4.62	20	3	27
2	O.S. 2 da 0.80 m. a 4.00 m.	Terreni coesivi	14.4	b	10.91	20	7	30
3	O.S. 3 oltre 4.0 a 5.30 metri	Terreni coesivi	20.6	b	15.61	20	10	33
4	O.S. 4 oltre 5.30 metri	Terreni coesivi	17.8	b	13.48	20	9	32

	ϕ' ridotto al 5° percentile (°)	Stato di consistenza	IC	Cu (Kpa)	Massima (Kpa)	c' Media (Kpa)	bassa (Kpa)	M (Mpa)
1	22.01	Soffice	0.10-0.20	10-25	12.2	12.2	11.3	5.86
2	25.21	Plastico	0.25-0.50	25-50	11.6	10.9	10.7	8.67
3	27.07	Compatto	0.5-0.75	50-75	9.9	10.1	10.4	10.76
4	26.25	Compatto	0.5-0.75	50-75	10.6	10.5	10.5	9.81

Tabella 1: caratteristiche geotecniche prova N.1

La colonna stratigrafica viene suddiviso in 5 orizzonti, più un sesto che corrisponde all'orizzonte che ha causato il rifiuto strumentale, che non può essere modellato. Il primo orizzonte corrisponde all'orizzonte agrario rimaneggiato, mentre i rimanenti orizzonti corrispondono a diversi stati di consistenza di litotipi prevalentemente coesivi.

La prova penetrometrica n.2 mostra un andamento molto differente poiché, a fronte di terreni superficiali di maggiore resistenza (disseccamento superficiale e concrezioni carbonatiche diffuse le motivazioni più probabili) mostra nel tratto mediano e in particolare fra i 2 e i 3 m circa, degli orizzonti geotecnicamente molto scadenti (colpi variabili da 2 a 3); un ulteriore orizzonte di bassa resistenza, ma molto più sottile, è presente fra i 6 e i 6,5 m di profondità dal piano campagna. I rimanenti orizzonti mostrano resistenza alla punta adeguata.

Prova Penetrometrica N . 2

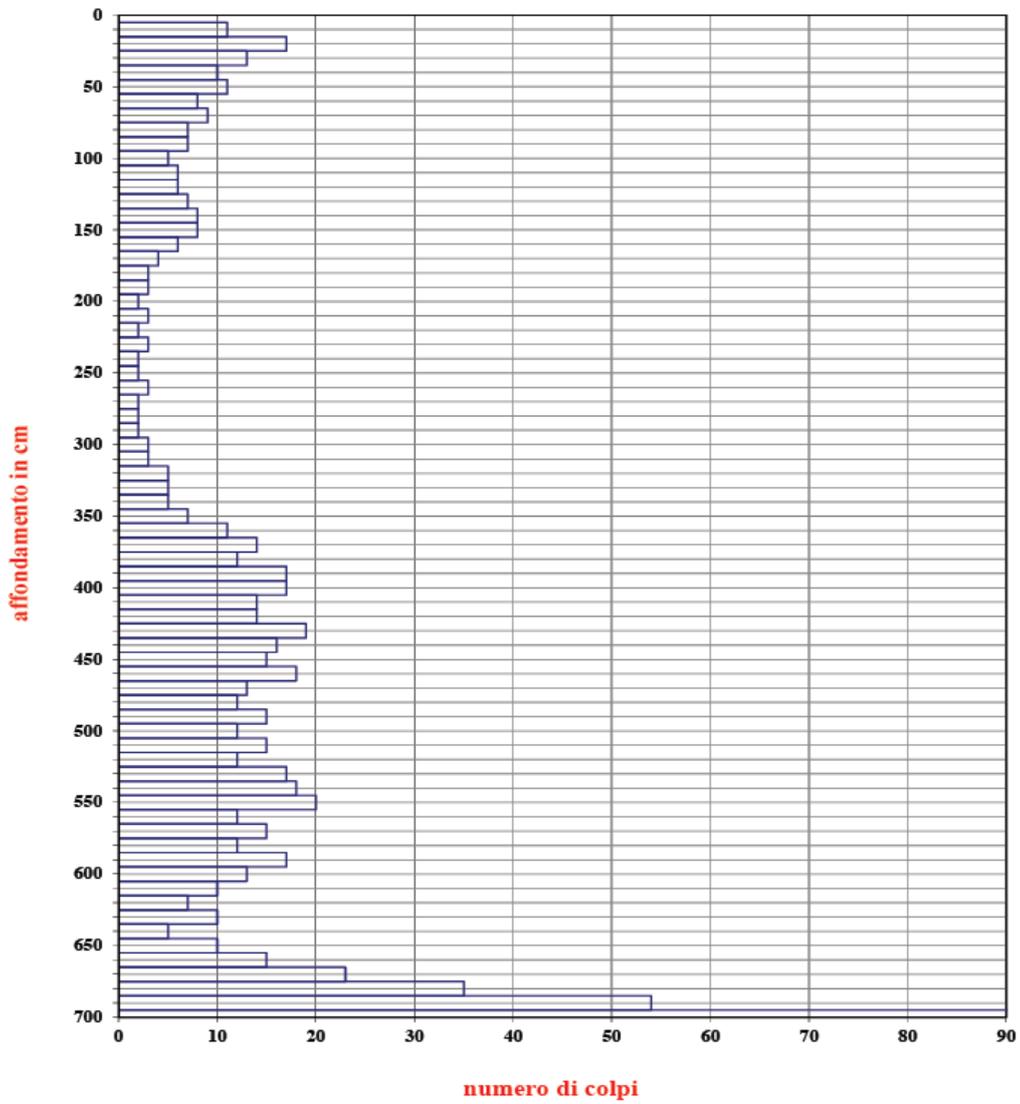


Figura 21: Andamento dei colpi con la profondità.

	Orizzonte Stratigrafico O.S.		Media Numero Colpi N	Esecuzione	Nspt Corretto	COV (%)	SPT Caratteristico	ϕ' caratteristico (°)
1	O.S. 1 da 0,00 m. a 0.50 m.	Terreni coesivi	12.4	b	9.39	20	6	30
2	O.S. 2 da 0.50 m. a 1.5 m.	Terreni coesivi	7.5	b	5.68	20	4	28
3	O.S. 3 da 1.50 a 3.50 metri	Terreni coesivi	3.4	b	2.58	20	2	25
4	O.S. 4 da 3.50 a 6.50 metri	Terreni coesivi	13.7	b	10.38	20	7	30
5	O.S. 5 oltre 6.50	Terreni coesivi	31.8	b	24.09	20	16	36

	ϕ' ridotto al 5° percentile (°)	Stato di consistenza	IC	Cu (Kpa)	Massima (Kpa)	c' Media (Kpa)	bassa (Kpa)	M (Mpa)
1	24.55	Plastico	0.25-0.50	25-50	12.2	11.2	10.8	7.99
2	21.32	Soffice	0.10-0.20	10-25	14	11.9	11.1	6.33
3	20.54	Molto Soffice	0.1	10	16	12.8	11.5	4.95
4	24.99	Plastico	0.25-0.50	25-50	11.8	11	10.7	8.43
5	29.78	Molto Compatto	0.75-1.00	75-100	7.3	9	9.9	14.54

Tabella 2: caratteristiche geotecniche prova N.2

Dalla tabella precedentemente riportata si può osservare in particolare l'orizzonte molto scadente compreso fra 1,5 e 3,5 m, soprattutto considerando le condizioni di resistenza attritiva, sottolineando però che le verifiche geotecniche vanno condotte in termini di resistenza non drenata a breve termine, utilizzando il parametro c_u .

Prova Penetrometrica N . 3

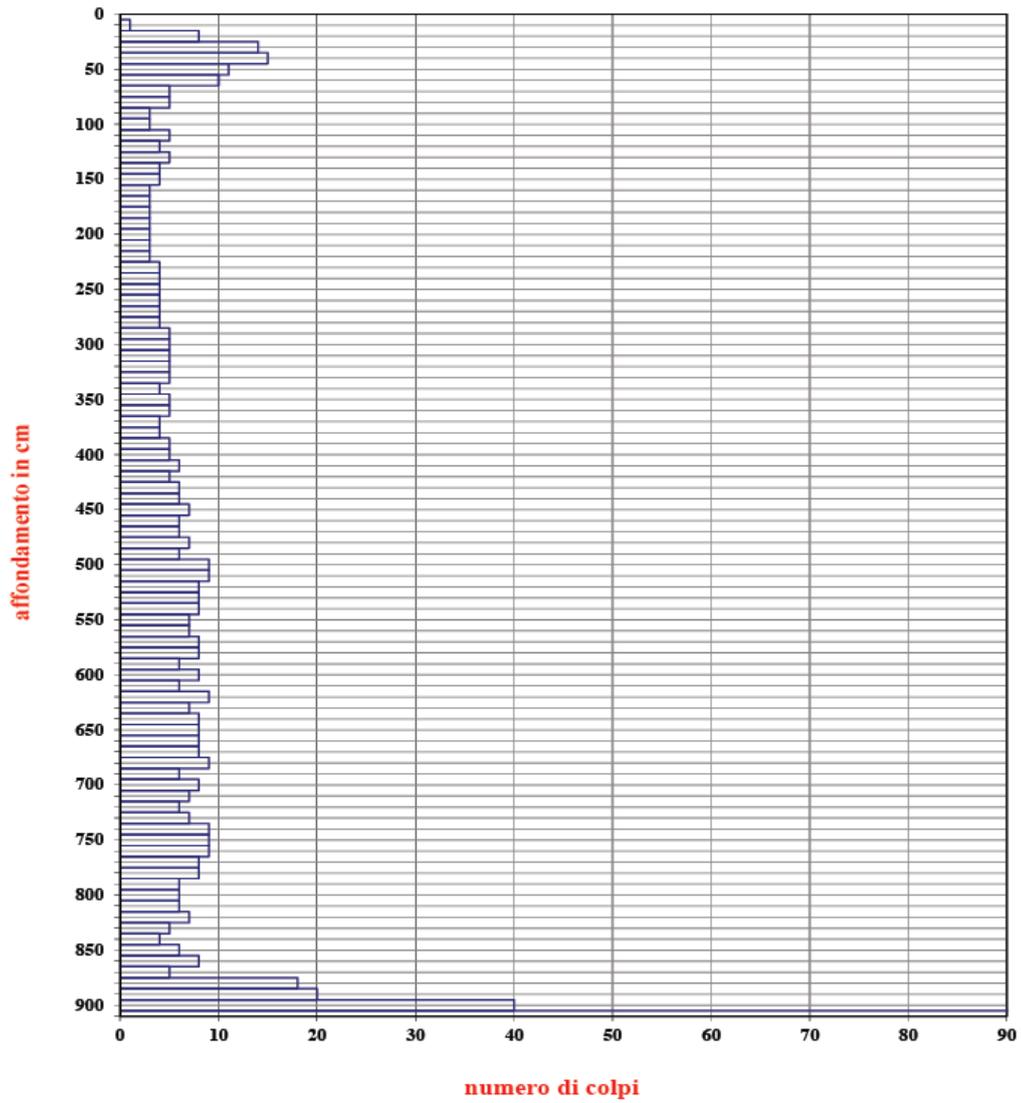


Figura 22: Andamento dei colpi con la profondità.

	Orizzonte Stratigrafico O.S.		Media Numero Colpi N	Esecuzione	Nspt Corretto	COV (%)	SPT Caratteristico	ϕ' caratteristico (°)
1	O.S. 1 da 0,00 m. a 0.60 m.	Terreni coesivi	9.8	b	7.42	20	5	29
2	O.S. 2 da 0.60 m. a 3,80 m.	Terreni coesivi	4.1	b	3.11	20	2	26
3	O.S. 3 da 3.80 m. a 8.70 m.	Terreni coesivi	7.0	b	5.30	20	4	27
4	O.S. 4 oltre 8.70 m.	Terreni coesivi	26.0	b	19.70	20	13	34

	ϕ' ridotto al 5° percentile (°)	Stato di consistenza	IC	Cu (Kpa)	Massima (Kpa)	c' Media (Kpa)	bassa (Kpa)	M (Mpa)
1	23.6	Plastico	0.25-0.50	25-50	13.1	11.5	11.00	7.11
2	20.97	Soffice	0.10-0.20	10-25	15.6	12.6	11.5	5.19
3	22.44	Soffice	0.10-0.20	10-25	14.2	12	11.2	6.17
4	28.43	Compatto	0.5-0.75	50-75	8.6	9.6	10.1	12.58

Tabella 3: caratteristiche geotecniche prova N.3

La prova penetrometrica n.3 mostra un andamento ancora differente, con valori di resistenza modesta in larga parte della colonna, in particolare fra 1 e 2,5 m circa e un orizzonte sub-superficiale a discreta resistenza; con la profondità si nota un modesto aumento medio delle caratteristiche di compattezza, ma con un livello a bassa resistenza intorno a circa 8,5 m di profondità.

4.2. STENDIMENTI MASW

Gli stendimenti M1 ed M3 sono stati eseguiti nel sub-Sintema di Amendola e si presentano piuttosto simili, con velocità delle onde S inferiori a 200 m/s fino alla profondità di 5-7 m, molto probabilmente corrispondenti ai silt argillosi e alle argille ocracee, passanti quindi alle sabbie fulvo-arancio, caratterizzate da una velocità delle onde di taglio molto costante con la profondità; l'aumento della tensione litostatica non induce un miglioramento sensibile della rigidità sismica. Nel profilo M2 si ha uno spessore molto scadente eluvio-colluviale /rimaneggiato in tutto o in parte) e un maggior spessore caratterizzato da basse velocità delle onde di taglio all'interno del sub-Sintema di Amendola.

5. MODELLO GEOLOGICO

5.1. LITOSTRATIGRAFIA

L'orizzonte superficiale è costituito da una coltre agraria di spessore circa 80-100 cm, molto rimaneggiata e con arricchimento in materia organica. Tale orizzonte è da considerare ubiquo e indipendente dalla litologia sottostante ed è caratterizzato da una granulometria sostanzialmente eterogenea, con granulometria molto variabile. Al di sotto della coltre agraria i terreni e quindi la colonna litostratigrafica hanno caratteristiche differenti in funzione della posizione territoriale: il settore nord dell'area, corrispondente alla zona di pertinenza dell'alveo del torrente Candelaro sono piuttosto eterogenei, con alternanza di argille, sabbie e silt (Sintema di Masseria Inacquata). L'area più a sud è invece caratterizzata da sabbie con concrezioni calcaree, silt argillosi e argille ocracee (sub-Sintema di Amendola). Vi è poi una fascia nastriforme in planimetria costituita da sabbie fini grigio-giallastre alternate a terreni di tipo pelitico. In definitiva tutte le litologie presenti sono caratterizzate da una forte eterogeneità granulometrica, ma con netta prevalenza di termini a carattere coesivo.

Le indagini geognostiche hanno permesso di verificare l'esistenza di tali eterogeneità, individuando da 5 a 6 orizzonti geotecnicamente significativi fino a circa 7-8 m di profondità. Data l'eterogeneità spaziale risulta conveniente suddividere le aree di impianto, che di per sé si presentano separate, valutando le singole indagini geognostiche presenti.

Le Argille Sub-Appennine sono troppo profonde e non hanno interesse progettuale.

L'area più a nord, che per comodità espositiva chiameremo "Area A", è stata caratterizzata per mezzo della MASW 2 e della penetrometrica 2. Nella figura di seguito si riportano entrambe le indagini eseguite, scalate in maniera tale da sovrapporle per raffronto. Si nota un parziale accordo, con l'orizzonte superficiale chiaramente individuabile in entrambe le indagini e un aumento sensibile delle caratteristiche di rigidità a partire da 6-7 m.

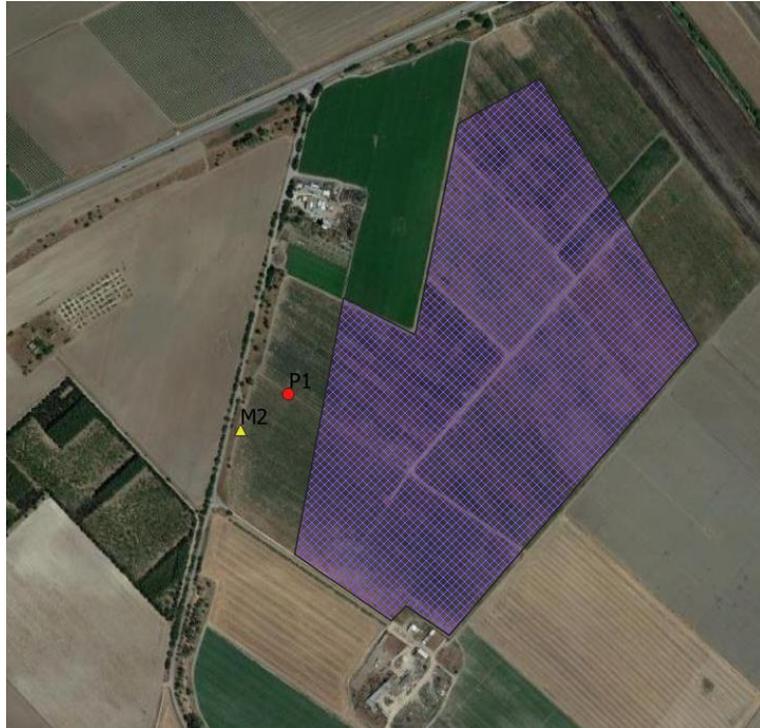


Figura 23: Ubicazione indagini area A.

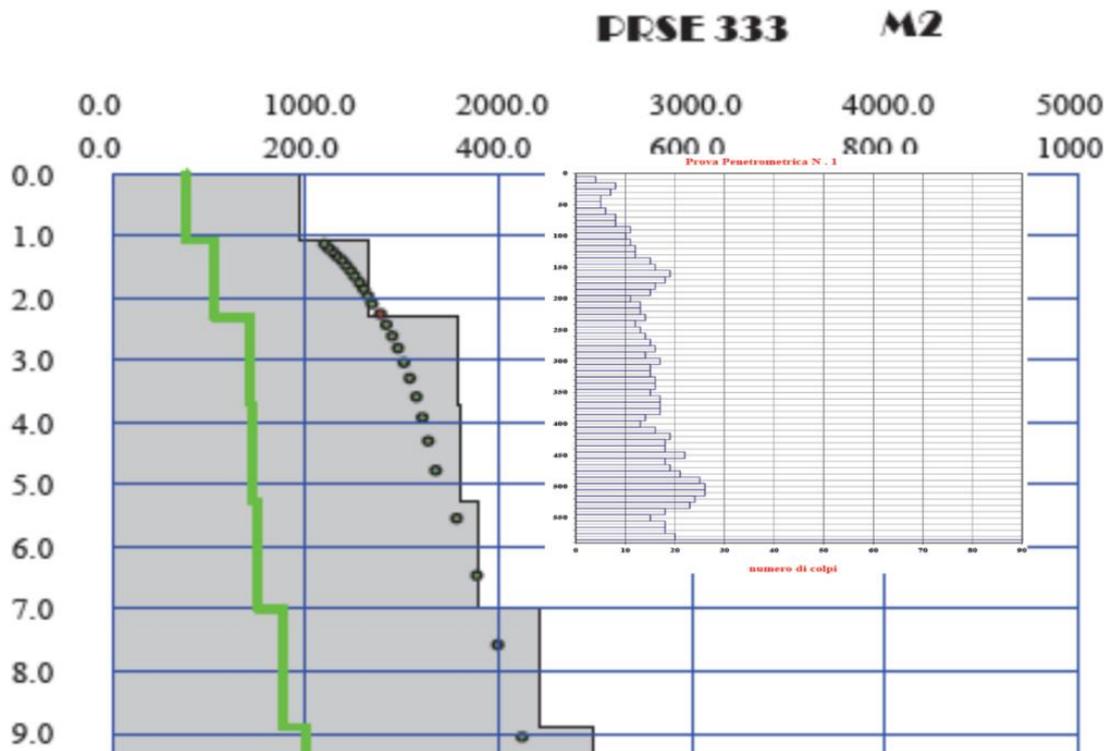


Figura 24: Confronto fra profilo MASW e prove penetrometrica; si nota un accordo parziale fra le indagini.

Per l'area B è disponibile la prova N.2, di cui si riporta l'andamento dei colpi con la profondità. Risulta di particolare rilevanza l'orizzonte a bassa resistenza presente fra circa 1,5 e circa 3,5 m, a carattere limo-argilloso, probabilmente con un discreto grado di umidità naturale, mentre al di sopra di esso l'orizzonte agrario presenta maggior resistenza a causa del disseccamento superficiale e/o della presenza di una frazione medio-grossolana. A partire da circa 3,5 m la resistenza aumenta in maniera significativa, subendo un calo verso i 6,5 m, per poi aumentare repentinamente intorno a circa 7 m, al raggiungimento di un orizzonte decisamente molto più compatto, che nelle MASW corrisponde al gradino che oltrepassa i 500 m/s circa.

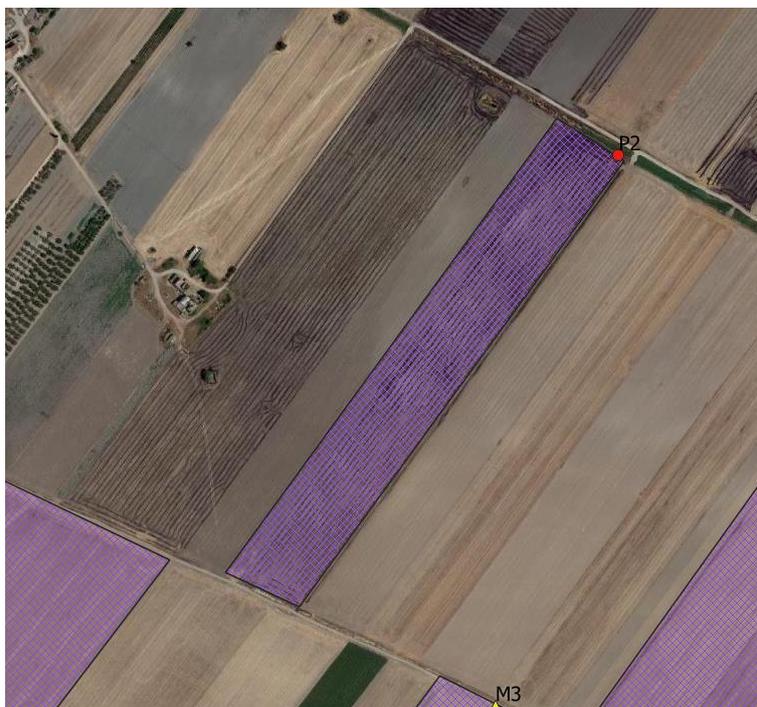


Figura 25: ubicazione indagini area B

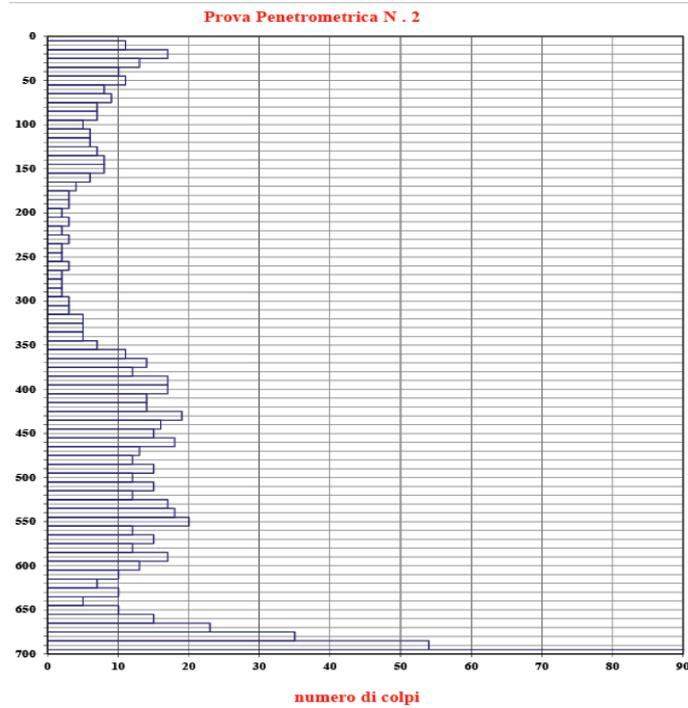


Figura 26: andamento dei colpi della prova n.2.

L'area C è ubicata immediatamente a sud dell'area B e anch'essa usufruisce di n°1 prova penetrometrica dinamica continua (la N.3).

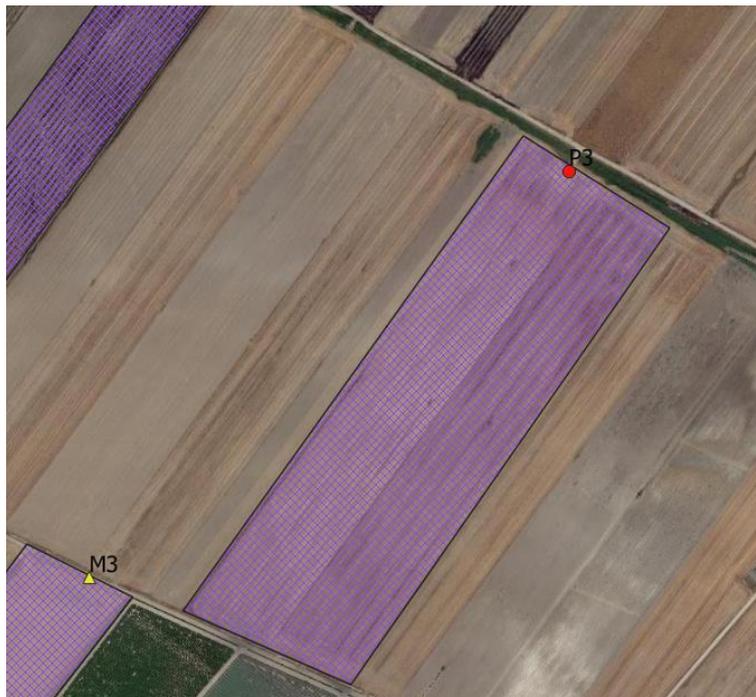
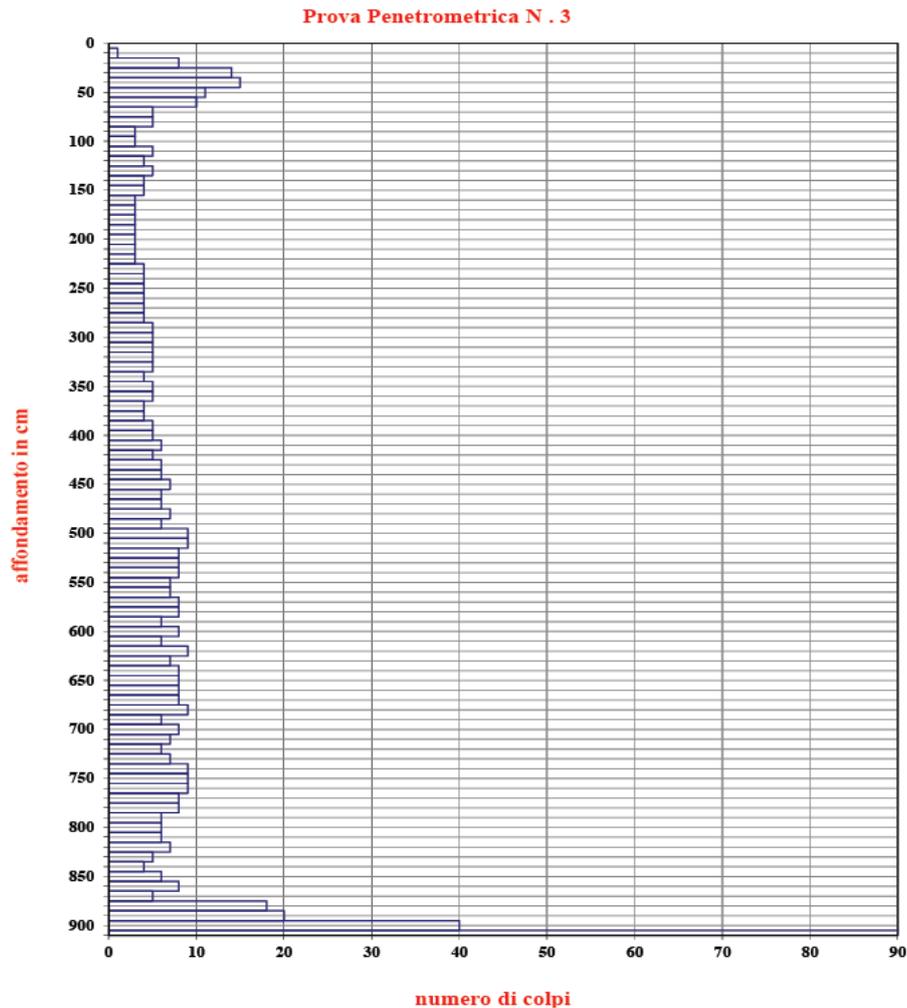


Figura 27: ubicazione indagine Area C.

La prova N.3 mostra un assetto sostanzialmente omogeneo e costante, con un orizzonte

agrario disseccato di resistenza moderata, cui segue un orizzonte piuttosto spesso, fino a circa 8,5 m, costituito da argille e limi di consistenza da bassa a moderata. Al di sotto degli 8,5 m si assiste a un repentino aumento della resistenza, in analogia alle precedenti prove penetrometriche.



L'area denominata D è stata caratterizzata unicamente attraverso lo stendimento MASW M1, per cui non è disponibile il modello geologico di dettaglio. Sostanzialmente può essere proposto un modello a 3 strati significativi, corrispondenti all'orizzonte agrario superficiale (fino a circa 1 m), ad un orizzonte a carattere coesivo con velocità delle onde di taglio crescenti in maniera grosso modo costante fino a circa 9 m, e un terzo orizzonte a velocità delle onde di taglio costante, nel quale non si assiste all'usuale aumento della rigidità sismica all'aumentare della tensione litostatica.



Figura 28: Ubicazione Area D e relativa indagine MASW.

L'area denominata E è stata caratterizzata anch'essa unicamente per mezzo di profilo MASW (M3).

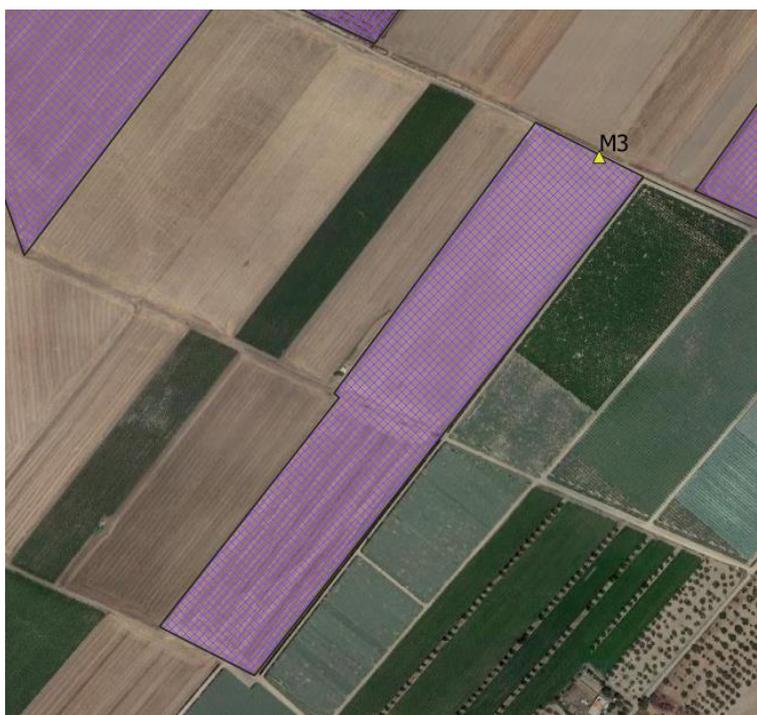


Figura 29: Area E ed ubicazione indagine MASW M3.

Anche in questo caso possono essere distinti 3 strati significativi, corrispondenti

all'orizzonte agrario (circa 1 m di spessore), a un orizzonte coesivo che migliora le sue caratteristiche di compattezza con la profondità (presente fino a circa 15,5 m), e un orizzonte profondo con modestissimi aumenti di rigidità sismica all'aumentare della tensione litostatica.

5.2. MODELLO GEOTECNICO

Anche il modello geotecnico viene ricostruito per singola area, essendo le aree separate, così come pure differenti i risultati delle prove eseguite. Per le aree in cui è disponibile la prova penetrometrica essa costituirà il riferimento principale per la determinazione dei parametri geotecnici, mentre rappresenterà un utile riferimento per le aree in cui sono state realizzate solo indagini di tipo MASW.

Area A

Orizzonte	Da - a (m dal p.c.)	Descrizione	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	γ kN/m ³	Modulo Edometrico (MPa)
1	0,0-0,8	Orizzonte agrario	27	12,2	10-25	17,0	5,8
2	0,8-4,0	Limi-argille	30	10,9	25-50	19,0	8,6
3	4,0-5,3	Limi-argille	33	10,1	50-75	20,0	10,7
4	5,3-5,9	Limi-argille	32	10,5	50-75	19,5	9,8
5	> 5,9	Limi-argille sovracconsolidati	35	20,0	75-100	21,0	20,0

Area B

Orizzonte	Da - a (m dal p.c.)	Descrizione	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	γ kN/m ³	Modulo Edometrico (MPa)
1	0,0-0,5	Orizzonte agrario	30	11,2	25-50	18,0	8,0

2	0,5-1,5	Limi-argille	28	11,9	10-25	17,5	6,3
3	1,5-3,5	Limi-argille	25	12,8	10	18,0	4,9
4	3,5-6,5	Limi-argille	30	11,0	25-50	18,5	8,4
5	6,5-6,8	Limi-argille	34	9,0	75-100	20,0	14,5
6	> 6,8	Limi-argille sovracconsolidati	36	10,0	75-100	21,0	20,0

Area C

Orizzonte	Da - a (m dal p.c.)	Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	c (kPa)	c_u (kPa)	γ kN/m ³	Modulo Edometrico (MPa)
1	0,0-0,6	Orizzonte agrario	29	11,5	25-50	18,0	7,1
2	0,6-3,8	Limi-argille	26	12,6	10-25	18,0	5,2
3	3,8-8,7	Limi-argille	27	12,0	10-25	18,5	6,2
4	8,7-8,9	Limi-argille	33	9,6	50-75	19,5	12,6
5	> 8,9	Limi-argille sovracconsolidati	36	10,0	75-100	21,0	20,0

Area D

Orizzonte	Da - a (m dal p.c.)	Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	c (kPa)	c_u (kPa)	γ kN/m ³	Modulo Edometrico (MPa)
1	0,0-1,1	Orizzonte agrario	27	10,0	10-25	17,5	5,5
2	1,1-9,0	Limi-argille	30	10,9	25-50	19,0	8,6

3	9,0-30,0	Limi-argille sovracconsolidati	35	10,0	75-100	21,0	20,0
---	----------	-----------------------------------	----	------	--------	------	------

Area E

Orizzonte	Da - a (m dal p.c.)	Descrizione	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	γ kN/m ³	Modulo Edometrico (MPa)
1	0,0-1,1	Orizzonte agrario	27	10,0	10-25	17,5	5,8
2	1,1-5,3	Limi-argille	27	12,0	10-25	18,5	6,2
3	5,3-15,6	Limi-argille	30	10,9	25-50	19,0	8,6
4	15,6-30,0	Limi-argille sovracconsolidati	35	10,0	75-100	21,0	20,0

6. ANALISI PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

Per quanto attiene le pericolosità geologiche l'area risulta priva di fenomeni gravitativi a causa delle caratteristiche planoaltimetriche, prive di dislivelli significativi per l'instaurarsi di fenomeni gravitativi. Le condizioni geotecniche possono incidere sulle scelte di progetto in termini di tipologia di fondazione, ma non rappresentano una pericolosità geologica. La pericolosità legata alla probabilità di fagliazione superficiale della frana è valutabile attraverso le relazioni di Wells & Coppersmith (1994), che legano la probabilità di fagliazione superficiale alla distanza dalla sorgente sismogenica attiva, alla posizione su *hanging-wall* o *foot-wall* dell'area, alla cinematica della faglia e alla magnitudo massima del sisma. Il segmento di faglia più prossimo è posto a circa 1,5 km dal punto più prossimo del futuro è la Rignano Garganico – Candelaro, cui non è associata una magnitudo, ma che rientra nel sistema sismogenico complesso dell'area Sud-Garganica, cui viene attribuita una magnitudo 6,4. Date le condizioni la probabilità di fagliazione cosismica nell'area di

progetto è nulla, poiché la probabilità è negativa e perde di significato fisico.

La pericolosità geologica effettiva del sito è legata esclusivamente al rischio di esondazione, che interessa alcune aree, che saranno escluse dall'intervento di progetto, così come risultano perimetrate nel paragrafo dedicato alla vincolistica relativa al PAI.

6.1. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari, con fuso granulometrico a dominanza sabbiosa e in condizioni sature. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno, fino a comportare uno scorrimento del terreno come fosse un liquido.

L'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), così come già indicato nelle NTC 2008, indica che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a $0.1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 23(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Figura 23(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

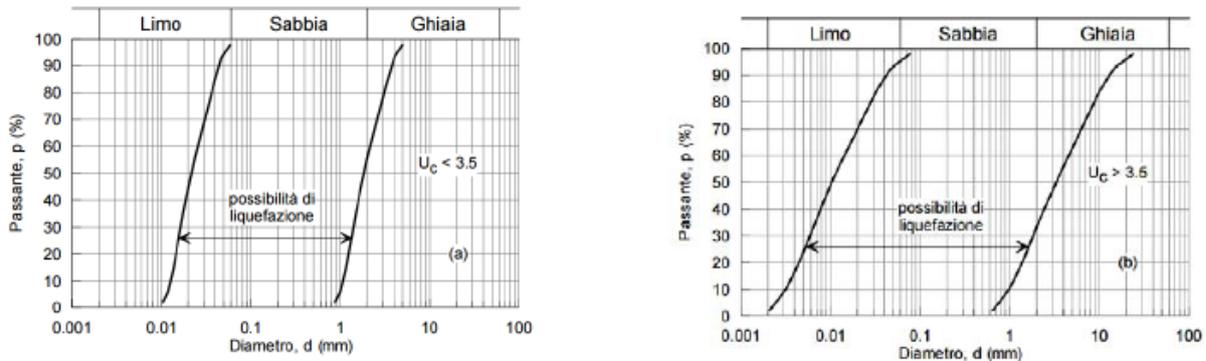


Figura 30 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC

Le indagini geognostiche eseguite hanno permesso di verificare la presenza di litotipi a carattere prevalentemente coesivo, con fuso granulometrico dominante a carattere limoso-argilloso; inoltre le prove penetrometriche hanno escluso la presenza della falda fino alla massima profondità di indagine (9 m circa). Il fattore granulometrico e l'assenza di falda fanno sì che la probabilità di liquefazione sia nulla.

6.2. RISPOSTA SISMICA

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di "pericolosità sismica di base" è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica

orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR , nel periodo di riferimento VR .

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La pericolosità sismica di base stabilita ([Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](#)) indica che il territorio fra Manfredonia e San Giovanni Rotondo in corrispondenza dell'area di progetto possiede accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compreso tra 0,200 e 0,225 g.

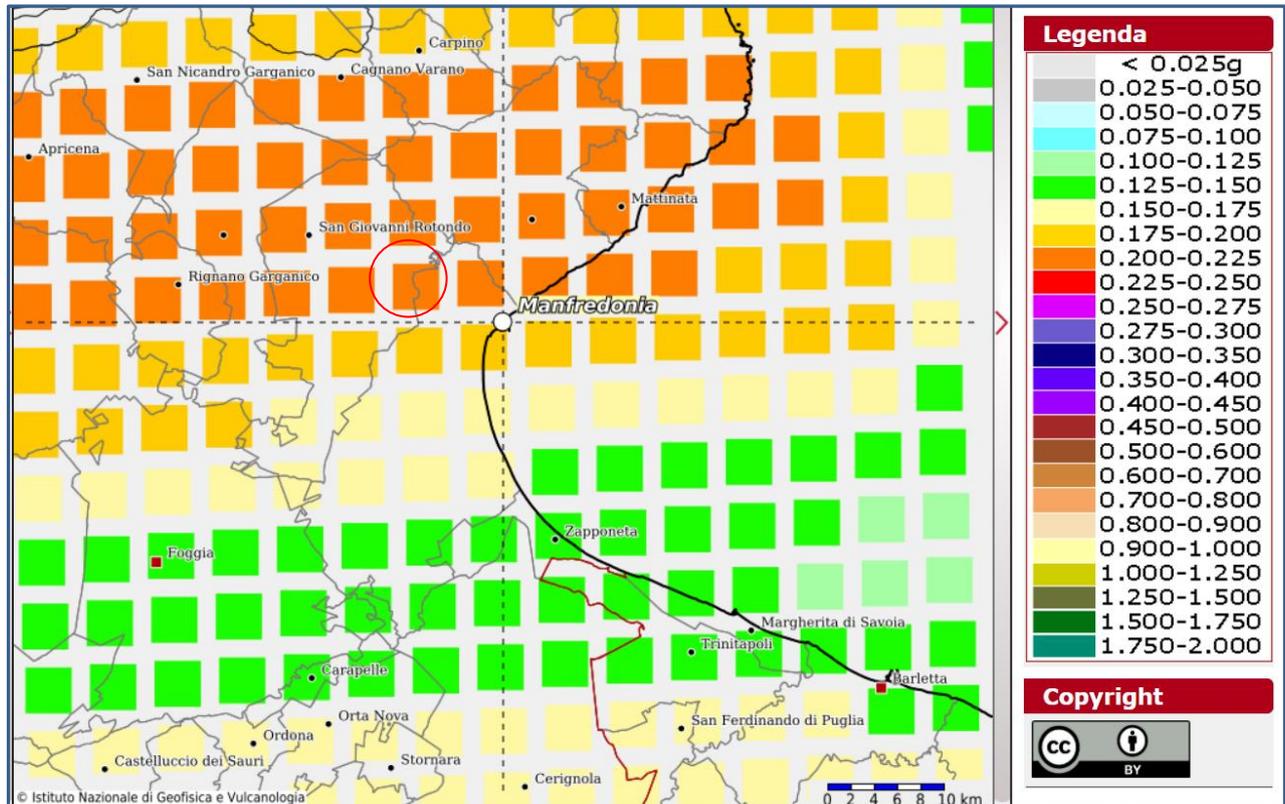


Figura 31: Valori di accelerazioni al bedrock ([Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](#)).

6.2.1. Categorie di sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, si fa riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche. La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, che è definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = h / \sum h_i / V_{S,i} \quad (\text{m/sec})$$

Con $i = 1, N$

Nella precedente espressione si indica con:

- h_i spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso al di sopra del *bedrock*;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati compresi sopra il *bedrock*.

Se il *bedrock* è posto al di sotto dei 30 m al parametro h si attribuisce il valore 30.

La categoria di sottosuolo di fondazione deve essere attribuita sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche.

La categoria di suolo di fondazione è attribuita sulla scorta delle indagini geofisiche che sono state effettuate; sono state realizzate n°3 stendimenti MASW nelle 6 aree di cui è composto l'impianto, che hanno fornito velocità delle onde di taglio variabili fra 475,1 e 496 m/s, ovvero tutte riferibili alla categoria di suolo **B**. Tale categoria può essere quindi utilizzata per tutte le aree.

6.2.2. Condizioni topografiche

L'area di progetto è posta su versante di bassa e a tratti nulla acclività, per cui la categoria topografica è la T1: "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "; tale affermazione è valida per tutte le aree di impianto.

6.2.3. Spettri di risposta

Sulla base di quanto definito dalle indagini geofisiche (categoria di suolo di fondazione) e sulla base della pericolosità sismica di base stabilita dalle norme, vengono di seguito definiti gli spettri elastici per i vari stati limite, sia in formato grafico sia in termini numerici e formato tabellare. Le coordinate di riferimento per il calcolo dei parametri di base sono riferite alla verticale geofisica M1, circa baricentrale rispetto all'intero impianto.

Coordinate di riferimento ED50: Lat 41,549268 - Lng 15,746195

Categoria di suolo di fondazione B

Categoria topografica T1

A seguire si riportano gli spettri di risposta per tutti gli stati limite.

Stato limite SLC

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLC

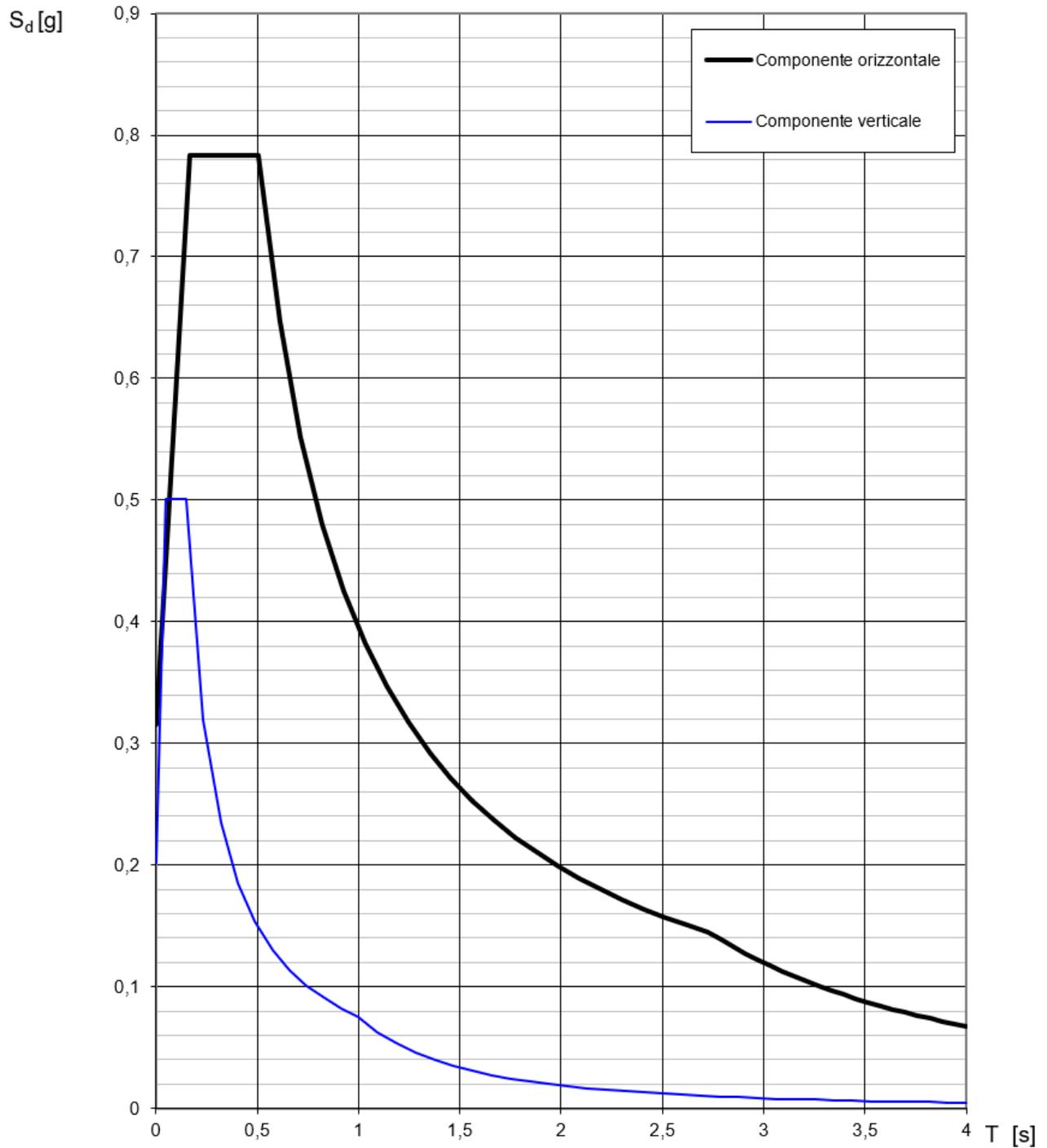


Figura 32: Spettro di risposta Stato limite SLC in forma grafica

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,282 g
F_o	2,480
T_C	0,378 s
S_s	1,121
C_C	1,337
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,121
η	1,000
T_B	0,168 s
T_C	0,505 s
T_D	2,727 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,316
$T_B \leftarrow$	0,168	0,783
$T_C \leftarrow$	0,505	0,783
	0,610	0,647
	0,716	0,552
	0,822	0,481
	0,928	0,426
	1,034	0,382
	1,140	0,347
	1,245	0,317
	1,351	0,292
	1,457	0,271
	1,563	0,253
	1,669	0,237
	1,774	0,223
	1,880	0,210
	1,986	0,199
	2,092	0,189
	2,198	0,180
	2,303	0,172
	2,409	0,164
	2,515	0,157
	2,621	0,151
$T_D \leftarrow$	2,727	0,145
	2,787	0,139
	2,848	0,133
	2,909	0,127
	2,969	0,122
	3,030	0,117
	3,091	0,113
	3,151	0,108
	3,212	0,104
	3,272	0,101
	3,333	0,097
	3,394	0,094
	3,454	0,090
	3,515	0,087
	3,576	0,084
	3,636	0,081
	3,697	0,079
	3,757	0,076
	3,818	0,074
	3,879	0,072
	3,939	0,069
	4,000	0,067

Figura 33: Spettro di risposta Stato limite SLC in forma tabellare

Stato limite SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

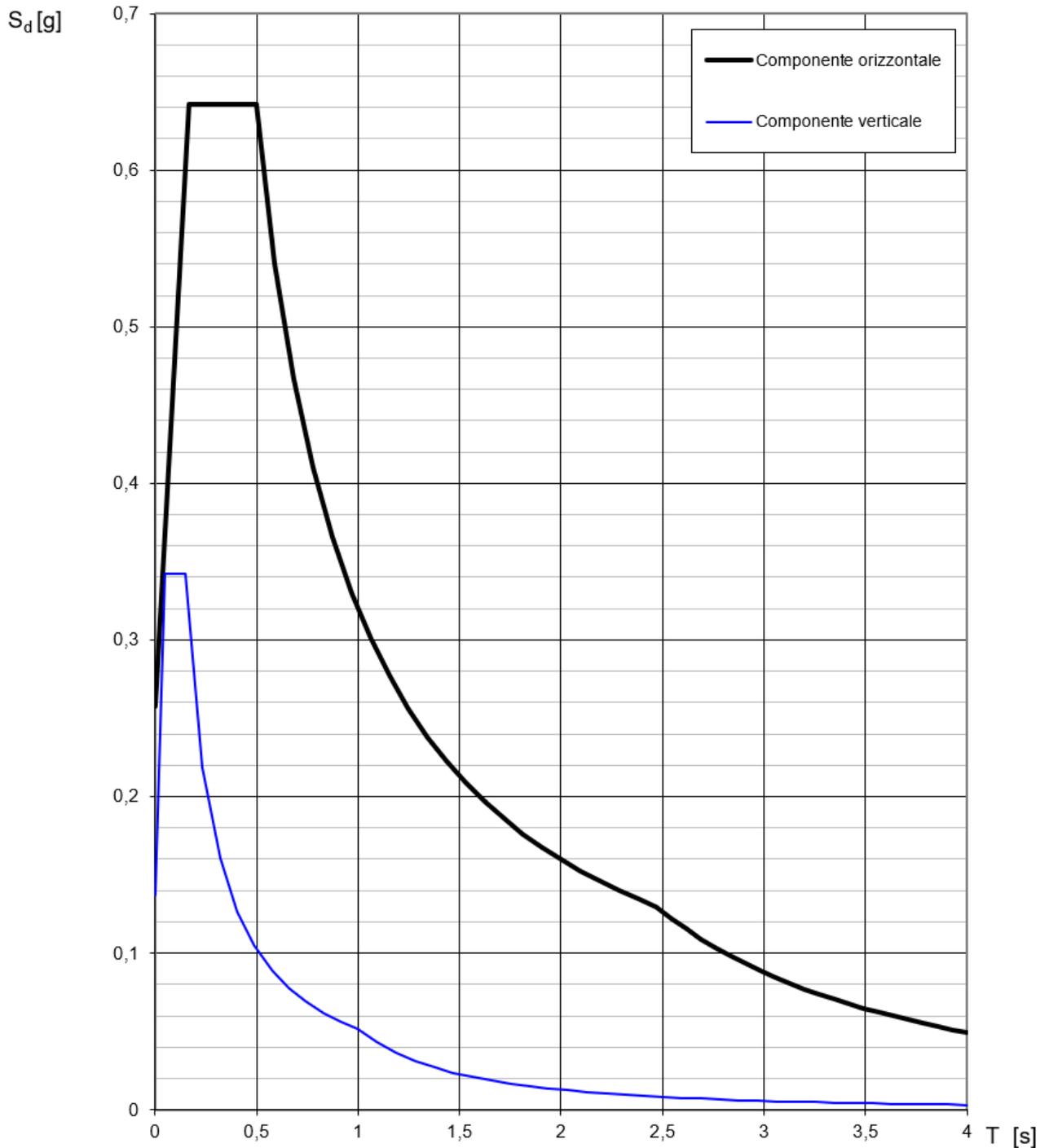


Figura 34: Spettro di risposta Stato limite SLV in forma grafica

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,218 g
F_o	2,494
T_C^*	0,371 s
S_S	1,183
C_C	1,341
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,183
η	1,000
T_B	0,166 s
T_C	0,498 s
T_D	2,471 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_o(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,258
$T_B \leftarrow$	0,166	0,642
$T_C \leftarrow$	0,498	0,642
	0,592	0,540
	0,686	0,466
	0,780	0,410
	0,874	0,366
	0,968	0,330
	1,061	0,301
	1,155	0,277
	1,249	0,256
	1,343	0,238
	1,437	0,222
	1,531	0,209
	1,625	0,197
	1,719	0,186
	1,813	0,176
	1,907	0,168
	2,001	0,160
	2,095	0,153
	2,189	0,146
	2,283	0,140
	2,377	0,134
$T_D \leftarrow$	2,471	0,129
	2,544	0,122
	2,617	0,115
	2,689	0,109
	2,762	0,104
	2,835	0,098
	2,908	0,093
	2,981	0,089
	3,053	0,085
	3,126	0,081
	3,199	0,077
	3,272	0,074
	3,345	0,071
	3,418	0,068
	3,490	0,065
	3,563	0,062
	3,636	0,060
	3,709	0,057
	3,782	0,055
	3,854	0,053
	3,927	0,051
	4,000	0,049

Figura 35: Spettro di risposta Stato limite SLV in forma tabellare

Stato limite SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

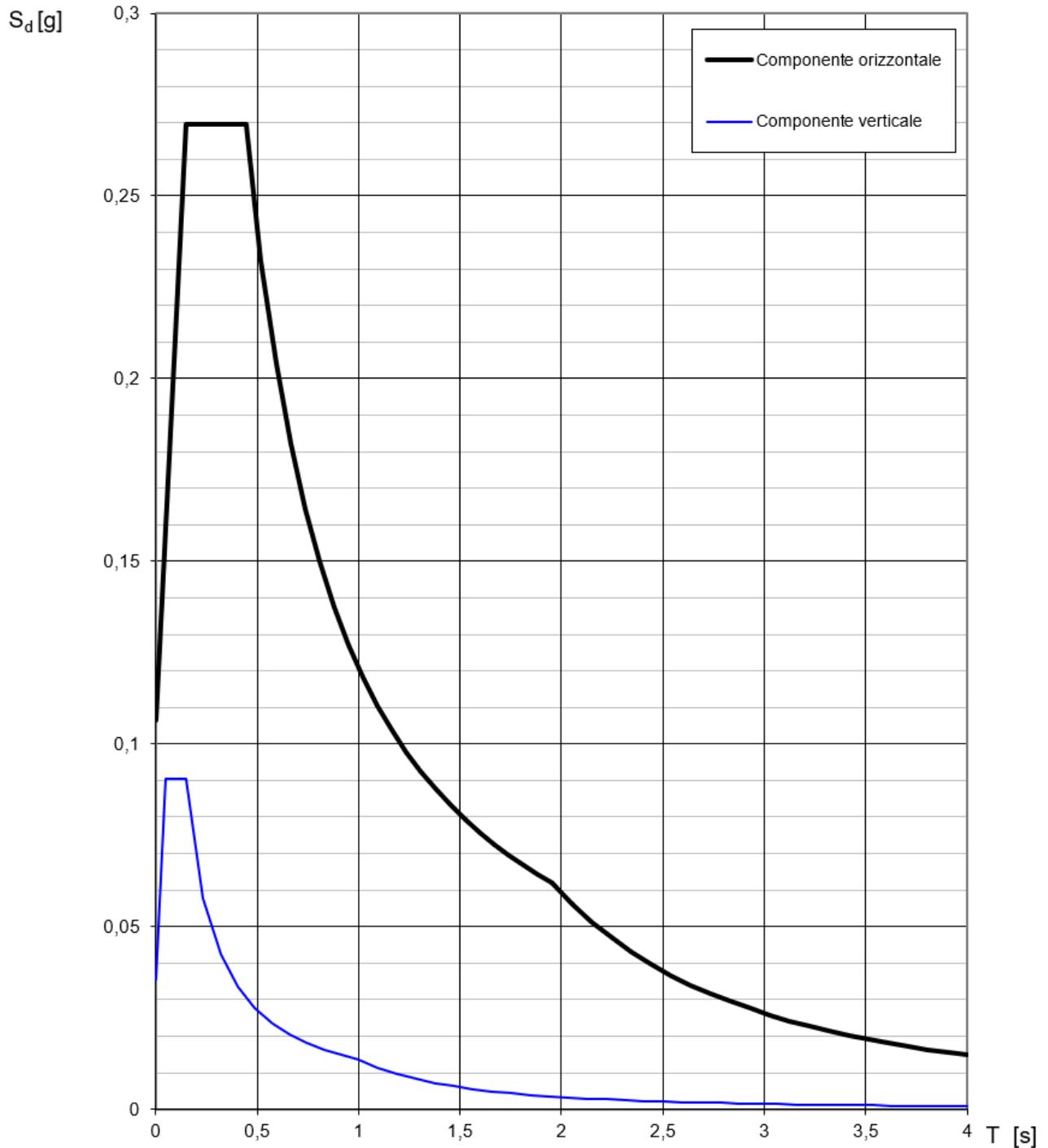


Figura 36: Spettro di risposta Stato limite SLD in forma grafica

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,089 g
F_o	2,533
T_C^*	0,326 s
S_S	1,200
C_C	1,376
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,150 s
T_C	0,449 s
T_D	1,955 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,106
$T_B \leftarrow$	0,150	0,270
$T_C \leftarrow$	0,449	0,270
	0,520	0,232
	0,592	0,204
	0,664	0,182
	0,736	0,164
	0,807	0,150
	0,879	0,138
	0,951	0,127
	1,022	0,118
	1,094	0,111
	1,166	0,104
	1,238	0,098
	1,309	0,092
	1,381	0,088
	1,453	0,083
	1,525	0,079
	1,596	0,076
	1,668	0,073
	1,740	0,070
	1,811	0,067
	1,883	0,064
$T_D \leftarrow$	1,955	0,062
	2,052	0,056
	2,150	0,051
	2,247	0,047
	2,344	0,043
	2,442	0,040
	2,539	0,037
	2,637	0,034
	2,734	0,032
	2,831	0,029
	2,929	0,028
	3,026	0,026
	3,123	0,024
	3,221	0,023
	3,318	0,021
	3,416	0,020
	3,513	0,019
	3,610	0,018
	3,708	0,017
	3,805	0,016
	3,903	0,016
	4,000	0,015

Figura 37: Spettro di risposta Stato limite SLD in forma tabellare

Stato limite SLO

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO

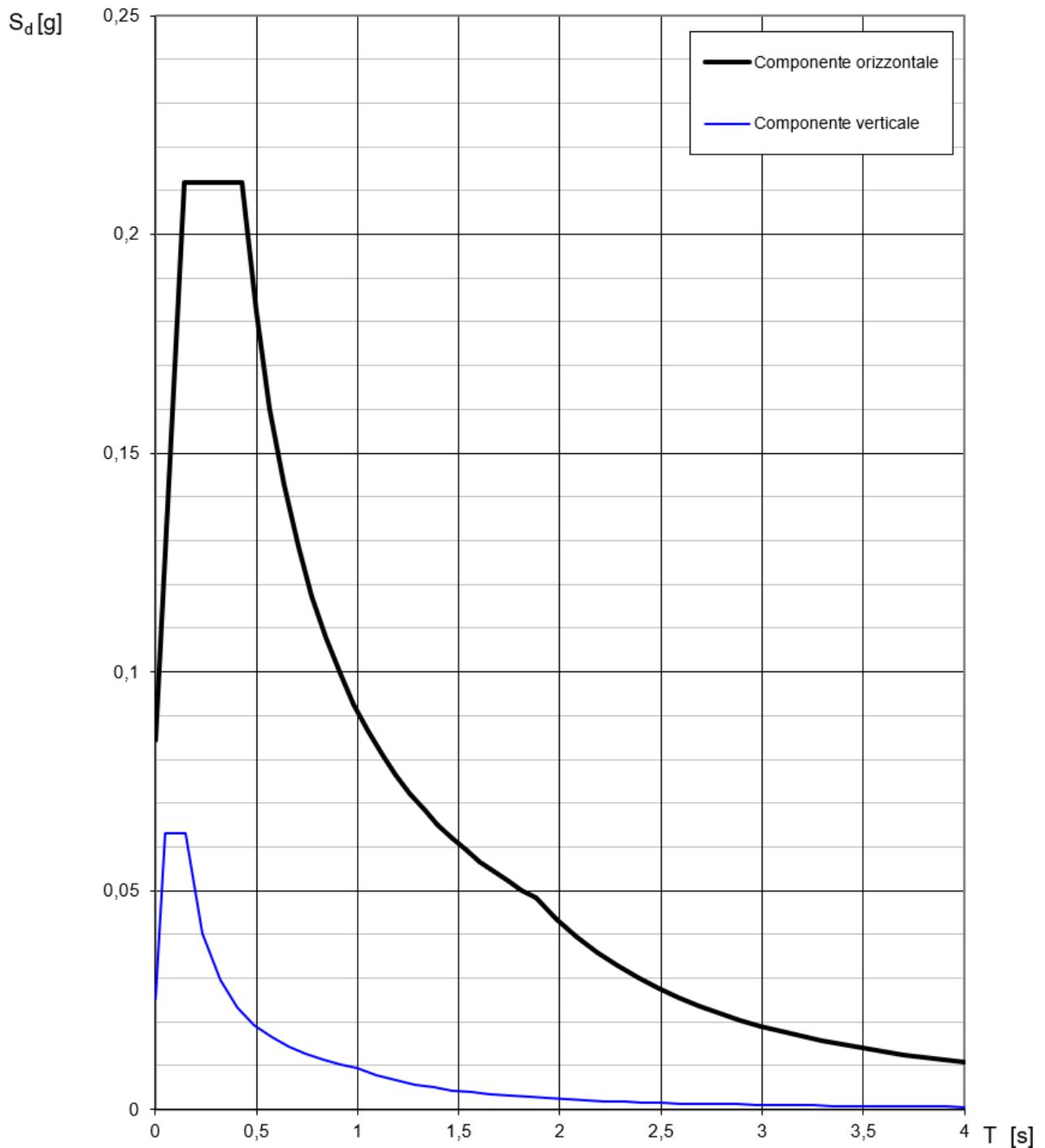


Figura 38: Spettro di risposta Stato limite SLO in forma grafica

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,070 g
F_o	2,512
T_C^*	0,308 s
S_S	1,200
C_C	1,392
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,143 s
T_C	0,429 s
T_D	1,881 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,084
$T_B \leftarrow$	0,143	0,212
$T_C \leftarrow$	0,429	0,212
	0,498	0,182
	0,567	0,160
	0,636	0,143
	0,706	0,129
	0,775	0,117
	0,844	0,108
	0,913	0,100
	0,982	0,093
	1,051	0,086
	1,120	0,081
	1,190	0,076
	1,259	0,072
	1,328	0,068
	1,397	0,065
	1,466	0,062
	1,535	0,059
	1,605	0,057
	1,674	0,054
	1,743	0,052
	1,812	0,050
$T_D \leftarrow$	1,881	0,048
	1,982	0,044
	2,083	0,039
	2,184	0,036
	2,285	0,033
	2,386	0,030
	2,487	0,028
	2,587	0,026
	2,688	0,024
	2,789	0,022
	2,890	0,020
	2,991	0,019
	3,092	0,018
	3,193	0,017
	3,294	0,016
	3,395	0,015
	3,496	0,014
	3,596	0,013
	3,697	0,013
	3,798	0,012
	3,899	0,011
	4,000	0,011

Figura 39: Spettro di risposta Stato limite SLO in forma tabellare

7. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO - CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato redatto su incarico di Green&Green srl, ed è a corredo del progetto definitivo “**La Feudale 30MW**”, da realizzare nei comuni di Manfredonia e San Giovanni Rotondo, entrambi in provincia di Foggia.

L'area è caratterizzata da un orizzonte agrario ubiquo di spessore di qualche decimetro e quindi dai terreni appartenenti a tre diversi Sintemi e Sub-sintemi, tutti caratterizzati da una notevole eterogeneità granulometrica, con termini che variano dalle argille alle sabbie, solitamente con arrangiamento in strati sottili e spesso in lenti e intercalazioni. La dominante granulometrica degli orizzonti indagati dalle indagini è solitamente di tipo argilloso-limoso.

La categoria topografica è la **T1**, mentre la categoria di suolo di fondazione ricavata dalle indagini geofisiche è la categoria **B**.

Le prove penetrometriche dinamiche hanno consentito la ricostruzione di un modello geotecnico di riferimento, suddiviso per aree, che viene riportato nell'apposito paragrafo.

L'area di studio ricade in parte nel comune di San Giovanni Rotondo e in parte nel comune di Manfredonia. Tali comuni sono classificati in zona sismica 2 (zona dove possono verificarsi forti terremoti).

Non sono da prevedersi fenomeni di amplificazione locale del moto sismico per fattori geometrici, mentre la suscettibilità alla liquefazione è da considerarsi trascurabile a causa della presenza di terreni a carattere coesivo, non suscettibili di liquefazione, anche in considerazione dell'assenza di falda, almeno fino alla massima profondità indagata con le indagini geognostiche.

Nell'area di studio e in un suo intorno significativo non sono presenti lineamenti tettonici attivi e capaci di generare deformazione permanente in superficie o nei suoi pressi secondo quanto riportato nel database del progetto ITHACA.

Non sono presenti fenomeni gravitativi, mentre invece sono presenti aree a vincolo idrogeologico per rischio di esondazione; tali aree sono escluse dagli interventi di progetto.

Le aree di realizzazione dell'impianto dovranno essere dotate di una idonea rete di raccolta e smaltimento delle acque, al fine di regolare il ruscellamento superficiale e limitare le possibilità di impaludamento e di imbibizione degli orizzonti limoso-argillosi superficiali e

sub-superficiali.

In definitiva si esprime un positivo parere di fattibilità geologica, vincolandolo all'esclusione delle aree a rischio esondazione e alla gestione delle acque superficiale.

Il geologo

Dott. Agostino Scalercio

