

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Dott.Geol. Luca SALCUNI

Via Mazzaccara 1 - 71036 Lucera (FG)
Tel./fax 0881 371526 – cell. 3498161003
P.IVA 03440580714

Pec: geologosalcuni@pec.it e-Mail: lucasalcuni@yahoo.it

COMUNE DI
CARAPELLE
PROVINCIA DI FOGGIA



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

PROGETTO

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA
AI SENSI DELL'ART 21 DELLA LEGGE REGIONALE
PUGLIA 56/80 DI AREE DA DESTINARE AD
ATTIVITÀ PRODUTTIVE DI TIPO ARTIGIANALE IN**

COMMITTENTE

Matteo Sgarro

SETTEMBRE 2022

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3	CENNI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	6
4	ASPETTI GEOLOGICI DEL SITO.....	10
4.1	MORFOLOGIA e IDROGRAFIA.....	10
4.2	SISMICITÀ	13
5	INDAGINI ESEGUITE	15
5.1	PROSPEZIONE SISMICA MASW	15
6	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI	18
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	20



1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati i risultati dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico compiuto sui terreni interessati dal progetto per la realizzazione del **"PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA AI SENSI DELL'ART 21 DELLA LEGGE REGIONALE PUGLIA 56/80 DI AREE DA DESTINARE AD ATTIVITÀ PRODUTTIVE DI TIPO ARTIGIANALE IN ZONA "D1" DEL VIGENTE P.R.G."** nel comune di Carapelle (Fg).

A tal proposito, su incarico del **Sig. Il Sig. Matteo Sgarro, nato a Carapelle il 05/11/1967, ivi residente in Via E. Berlinguer n. 3, con codice fiscale SGR MTT 67S05 B724R**, proponente la realizzazione dell'opera, lo scrivente, Dott. Luca Salcuni, geologo, iscritto all'O.R.G. PUGLIA con il n. 649, ha eseguito i necessari studi e ha redatto la presente relazione volta alla definizione di un quadro geologico-ambientale funzionale e di ausilio alle più opportune scelte tecniche da adottare in fase di progettazione.

Sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nella zona interessata e si è portato a termine il seguente piano di lavoro:

- ricerca bibliografica di pubblicazioni e studi di carattere geologico effettuati nell'area di interesse;
- rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e della zona specificatamente interessata dalle opere in progetto;
- raccolta ed analisi di informazioni e dati provenienti da precedenti studi di carattere geologico ricadenti nell'area oggetto di intervento ed in aree attigue.
- realizzazione di una indagine sismica di superficie per la determinazione dei sismo strati, delle caratteristiche elastomeccaniche e del parametro V_{Seq} .

Obiettivo dello studio è stato quello di chiarire le caratteristiche geostrutturali dell'area in esame, con riferimento al quadro geologico,

geomorfologico, e idrogeologico, in considerazione degli effetti che la realizzazione dell'opera potrebbe comportare sulla componente suolo e sottosuolo.

Si è inoltre restituita una puntuale parametrizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, indispensabile alle necessarie calcolazioni strutturali.

Va peraltro rilevato, in relazione ai vincoli di interesse geologico esistenti, che l'area in esame:

- ricade in zona sismicamente attiva e legalmente classificata come Zona 2 così come da Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/03.

Per ciò che concerne la legislazione di settore applicabile, si sono tenute in debito conto le indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che le norme cogenti, contenute nei seguenti provvedimenti:

Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.	Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2018
Decreto 17 gennaio 2018	Norme Tecniche per le Costruzioni
Ordinanza P.C.M. n. 3274 20/03/03 e s.m. e i.	"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
Circ. Min. LL. PP. n. 30483 del 24/09/1988	"Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988";
DM LL.PP. 11/03/88	"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01/06/88, n.127 Suppl.
R.D. n° 3267/23	Vincolo idrogeologico
NTA del PAI –Puglia del 30/11/05	Norme Tecniche di attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia
L.R. n°11 del 12/4/2001	"Norme sulla valutazione dell'impatto ambientale"

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Carapelle ha una superficie di circa 24.86 Km² ed è situato nei pressi del torrente omonimo, a sud-est del territorio provinciale, tra i comuni di Foggia, Cerignola, Orta Nova, Ortona e un'isola amministrativa di Manfredonia, chiamata Borgo Mezzanone. Il territorio quasi del tutto pianeggiante ha una altezza di circa 62 m. s.l.m.

Nell'area esaminata posta a SUD dell'agglomerato urbano di Carapelle, non si evidenziano significativi segni di erosione ne tanto meno fenomeni gravitativi, una attenta analisi dell'intera area non ha evidenziato fenomeni di dissesto in atto, la giacitura degli strati è sub-orizzontale, l'assetto dei fabbricati esistenti risulta stabile. L'intera area è ubicata in area prettamente piaggiante.

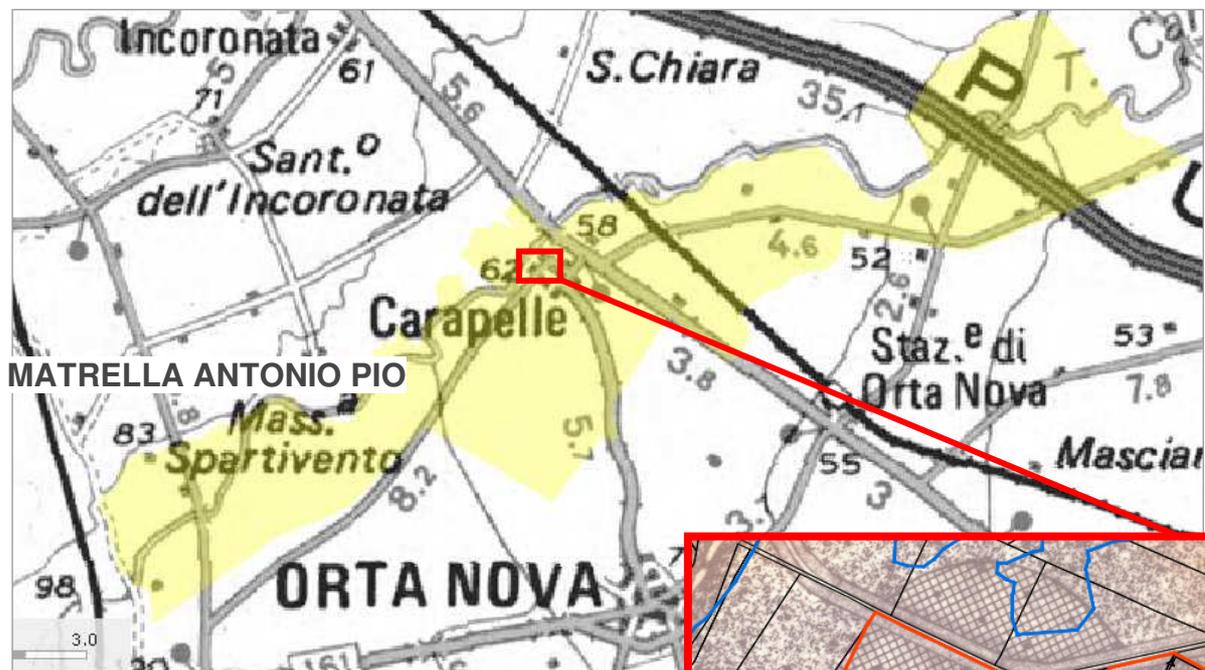


Fig. 1 Inquadramento geografico generale

Area d'interesse

Il presente progetto si riferisce a 2 distinte aree in parte già lottizzate ed edificate; ora è intenzione della proprietà di fonderle in un'unica area

rimodulando i terreni da cedere al comune senza diminuirne le consistenza delle cessioni, ma ubicandole solo in modo più funzionale alle nuove esigenze.

AREA 1

Il Sig. Matteo Sgarro, è proprietario dei terreni siti nel comune di Carapelle, individuati ai mappali nn. 2972-3009 (area edificabile), nn.2975 (2.100mq) e 2973 (905mq) (area ceduta al Comune) del foglio n.6 del NCT, ricadenti in zona "D1" del vigente PRG. Sull'area sopra citata, avente superficie totale pari a 33.049 mq, insisteva un fabbricato destinato alla prima lavorazione di prodotti agricoli, realizzato con licenze edilizie n. 27, prot.n.2981 del 18/10/1975, e n. 29 prot.n.1862 del 27/05/1978, rilasciate dal Comune di Carapelle e relativo successivo ampliamento assentito con Permesso di Costruire n. 03 del 02/03/2009. Con la Delibera di Consiglio Comunale n. 7 del 16/05/2014 l'area è stata resa edificabile ed è stato approvato lo schema di convenzione per la cessione delle aree e la realizzazione delle urbanizzazioni primarie. Successivamente è stato realizzato l'ampliamento dei fabbricati suddetti, sono state realizzate le opere di urbanizzazione e cedute le relative aree (3.005,00 mq).

AREA 2

In seguito a sopraggiunte necessità imprenditoriali, il Sig. Matteo Sgarro oggi intende ampliare l'AREA 1 (i fabbricati e le aree di pertinenza) in una zona contigua all'area suddetta, situata nel Comune censuario e amministrativo di Carapelle (provincia di Foggia), individuata ai mappali nn. 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2681, 2682, 2685, 2688, 2689, 2690, 82, 2991, 3033, 2993, 2378, 1420, 2684, 2687, 2695, 2694, 2683, 2686 del foglio n.6 del NCT, già in parte lottizzate (convenzione urbanistica del 17/03/2010 Rep. 1533, registrata a Cerignola (FG) il 31/03/2010 al n.43/1 e trascritta a Foggia il

23/03/2010 al n.6434 R.G. – N.4445 R.P., regolante i rapporti tra il Comune e la ditta lottizzante). Le aree cedute con tale lottizzazione non sono ancora state urbanizzate.

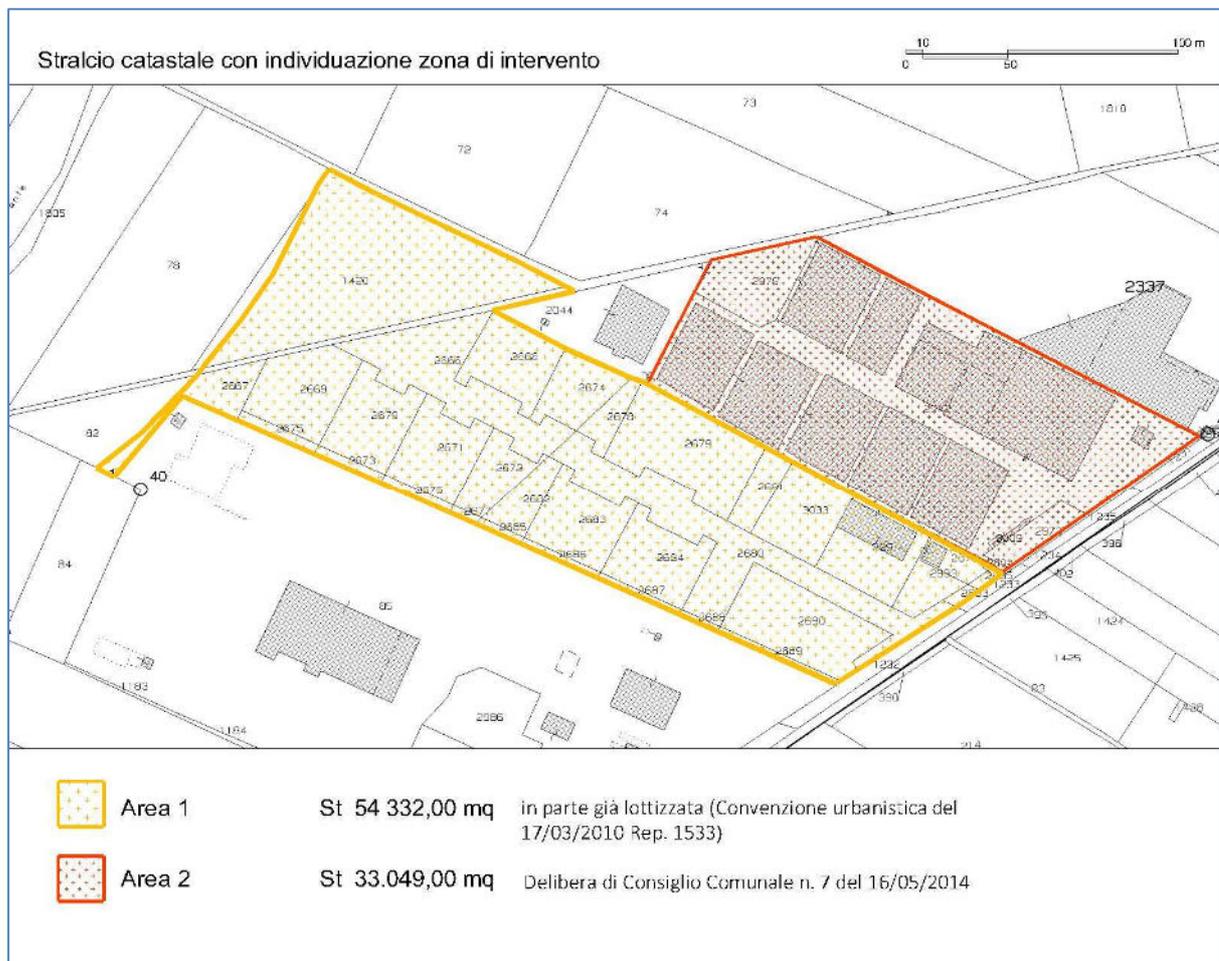


Fig. 2 Ubicazione aree di intervento

3 CENNI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Il territorio del comune di Carapelle si estende nel Tavoliere di Puglia, vasta pianura coincidente con il tratto dell'avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avanpaese Appulo; il Tavoliere corrisponde infatti all'area compresa fra i Monti della Daunia e il Promontorio del Gargano.

Questa immensa pianura, estesa per oltre 4000 Km² è interamente ricoperta da depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale.

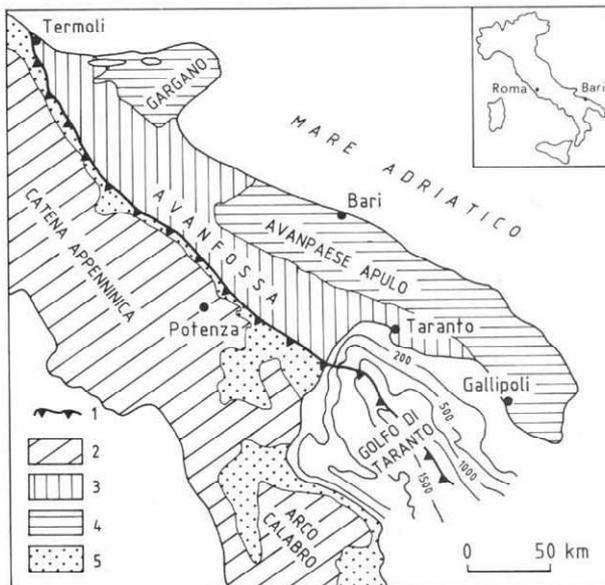


Fig. 3 Schema dei principali domini geodinamici: 1) Limite delle Unità Appenniniche Alloctone, 2) Catena Appenninica ed Arco Calabro; 3) Avanfossa; 4) Avampaese Apulo-Garganico; 5) Bacini Plio-Pleistocenici. (da: Zezza et al., 1994)

Dal punto di vista geologico, facendo riferimento alla letteratura ufficiale (Carta Geologica d'Italia), il sottosuolo del suddetto territorio è parte integrante dei terreni quaternari sommitali, che formano la parte settentrionale della pianura della Capitanata, costituiti da depositi alluvionali terrazzati, di genesi continentale, e sedimenti marini pleistocenici, di sabbie, calcareniti e conglomerati.

Ai terreni di copertura seguono in profondità depositi marini pliocenici di sabbie, argille e argille marnose.

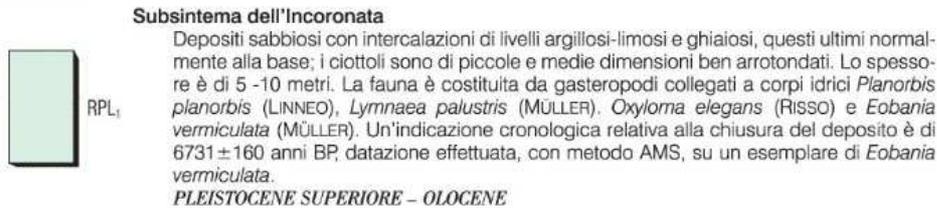
Le formazioni presentano un assetto sub-orizzontale e rappresentano il risultato dello smantellamento delle falde tettoniche dell'Appennino Dauno e della sedimentazione nell'Avanfossa Bradanica. Tale deposizione è avvenuta prima in ambiente marino, con grandi continuità orizzontale dei sedimenti, poi in condizioni d'emersione totale, con deposizione di terreni a continuità orizzontale limitata e locale. A quest'ultima modalità di sedimentazione sono da imputare la formazione di lenti a granulometria diversa nell'ambito di una stessa sequenza sedimentaria.

In dettaglio, il sottosuolo in esame è interessato dalla formazione denominata "**Subsistema dell'Incoronata**", costituito essenzialmente da depositi sabbiosi con intercalazioni di livelli argillosi-limosi e ghiaiosi.



Figura 4 Foglio n. 422 "Cerignola" progetto CARG

Area d'interesse 



Il suolo oggetto di studio si trova alla periferia sud occidentale dell'abitato di Carapelle, ed è parte integrante di una zona pianeggiante.

Per l'area indagata, già nota dal punto di vista geologico perché su di essa sono stati effettuati numerosi studi che hanno accompagnato la realizzazione di altri manufatti, in base ai dati del rilevamento geologico e delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica:

- **Terreno vegetale di copertura;** caratterizzato da materiale siltoso-sabbioso di colore scuro, ricco di sostanze vegetali spesso circa 1.00 m.

- **Limi sabbiosi argillosi**; caratterizzato da materiale siltoso-sabbioso di colore scuro, ricco di sostanze vegetali rinvenuti sino alla profondità di 4.50 m.

- **Ghiaie etero dimensionate in matrice sabbiosa**. Al di sotto dei limi sabbiosi argillosi vi è la presenza di un orizzonte costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa.

PROF. DAL P.C. (m)	POTENZA (m)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI			FALDA		% DI CAROTTAGGIO	CONSISTENZA	S.P.T. PROF. m n.colpi	POCKET PENETROMETER (Kg/cm ²)	VANE TEST PROF. G _u (Kg/cm ²)
		SIMBOLOGIA A.G.I.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROF. DI PRELIEVO (m)	CAMPIONATORE	TIPO PRELIEVO	PROF. DI RINV. (m)	PROF. DI STAB. (m)					
0.0			TERRENO BRUNASTRO VEGETALE										
			LIMO SABBIOSO ARGILLOSO										
5.0			GHIAIE POLIGENICHE DI MEDIE DIMENSIONI IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSA. I CLASTI RISULTANO BEN ARROTONDATI, PRESENZA DI CONCREZIONI CARBONATICHE DI ORIGINE EVAPORITICA.										
10.0													

4 ASPETTI GEOLOGICI DEL SITO

4.1 MORFOLOGIA e IDROGRAFIA

L'area d'interesse presenta un paesaggio blandamente pianeggiante con forme prevalentemente dolci, come dimostrano le curve di livello.



Fig. 4 Stralcio ortofoto con curve di livello

area d'interesse



L'idrografia superficiale della zona è costituita principalmente dal Torrente Carapelle distante circa 1500 m. dall'area di progetto; esso è caratterizzato, attualmente, da un alveo discretamente profondo e generalmente presenta un deflusso idrico tipicamente occasionale con portate che assumono un valore significativo solo in seguito a precipitazioni particolarmente abbondanti e prolungate nel tempo.

Per quanto riguarda l'idrografia subaerea e sotterranea, la scarsa omogeneità geolitologica della formazione affiorante nel sottosuolo di gran parte del territorio Comunale, determina l'esistenza nel sottosuolo

di falde idriche del tipo "freatiche" molto estese sia orizzontalmente che verticalmente, a volte limitate arealmente (falde sospese); .

I depositi alluvionali del territorio Comunale ospitano, in generale, una estesa falda idrica, generalmente frazionata su più livelli; si evidenzia, infatti, l'esistenza di una successione di terreni ghiaioso-ciottoloso-limosi con scarsa sabbia e/o ghiaioso-sabbiosi, permeabili per porosità (con coefficiente di permeabilità $K < 10^{-3}$ m/sec), con il ruolo di acquiferi, interstratificati con livelli limoso-argillosi, a minore permeabilità, con il ruolo di acquitardi (strati semipermeabili) o acquicludi (strati impermeabili).

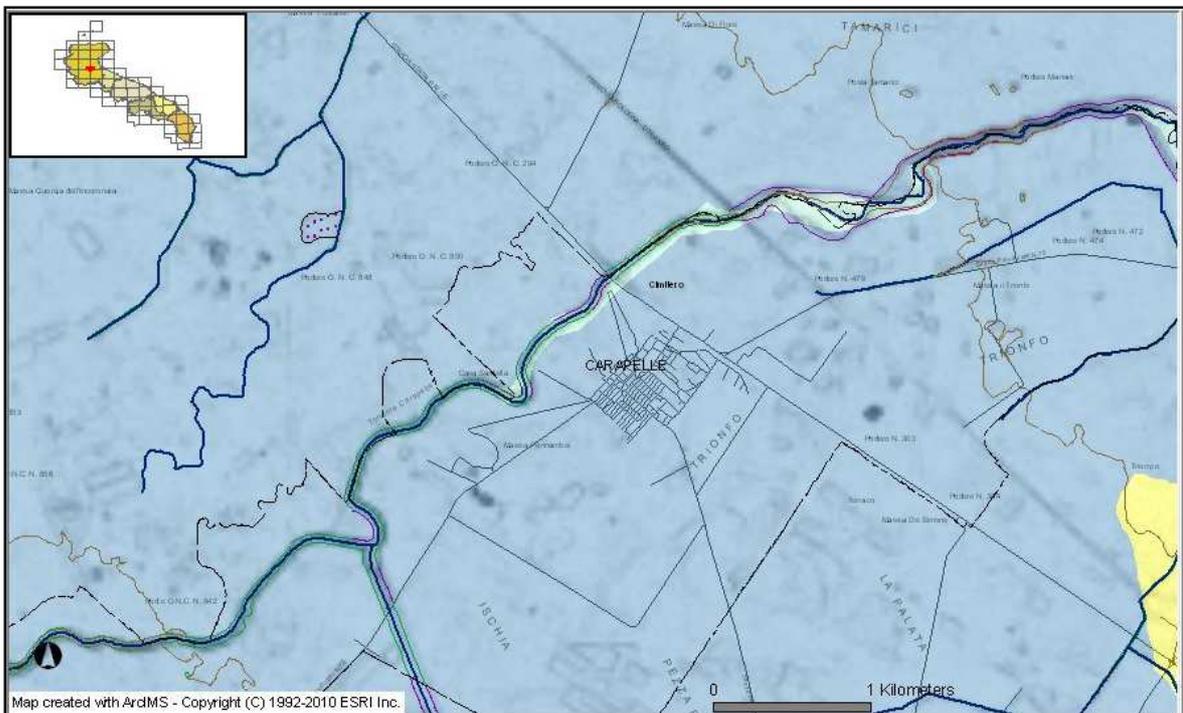
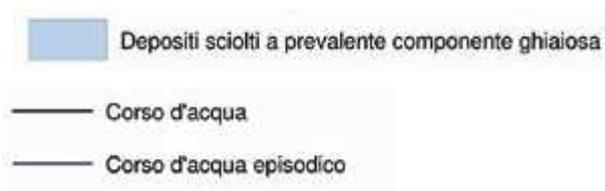


Fig.5 Stralcio Carta idrogeomorfologica

area d'interesse



La base della circolazione idrica è rappresentata dalle Argille grigio-azzurre (Argille Subappennine), praticamente impermeabili (acquiclide), con tetto presente nell'area in parola ad una profondità di circa di 40 mt. dal piano campagna.

Questi corpi idrici sotterranei, in virtù delle caratteristiche geologiche della stessa formazione acquifera, generalmente presentano una superficie piezometrica che rispecchia sostanzialmente quella topografica, ovvero sub-orizzontale e, quindi, con gradienti idraulici molto bassi (0,5%, direzione SW-NE).

Va peraltro rilevato che l'originaria morfologia dei luoghi sia stata in gran parte rimodellata e ulteriormente addolcita dalle pratiche antropiche.

L'orografia assume così, un andamento complessivamente dolce. Le evidenze geomorfologiche, analizzate sia attraverso l'esame di foto aeree che attraverso il rilevamento geologico, hanno consentito di accertare che l'area esaminata presenta generali condizioni di stabilità non essendo interessata da alcun sensibile fenomeno morfoevolutivo in atto né potenziale.

Anche la sovrapposizione delle caratteristiche geolitologiche con quelle dell'acclività dei versanti porta ad escludere il verificarsi di processi e fenomeni erosivi di modellamento sia profondi che superficiali.

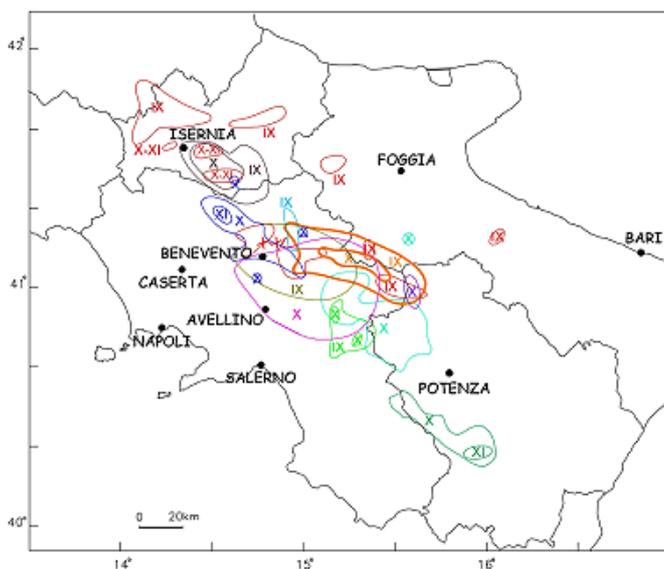
È quindi possibile affermare che **l'area è geomorfologicamente stabile** ed escludere ogni possibile alterazione e/o impatto diretto e indiretto dell'opera sugli attuali equilibri geodinamici.

4.2 SISMICITÀ

Per quanto riguarda l'aspetto sismo-tettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante gli eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Essa infatti risente della vicinanza delle strutture sismo-genetiche dell'Appennino Dauno, i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici. Oltre al terremoto dell'Irpinia (1980) l'ultimo evento significativo, in ordine temporale, è stato il terremoto con epicentro in Molise del 31/10/2002. La magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli.

Gli eventi sismici più forti, verificatisi in epoca storica nelle vicinanze dell'area in studio sono:

- la sequenza appenninica del dicembre 1456, di cui si ricordano danni gravi a Casacalenda;
- la sequenza del 5 giugno 1688 nel Sannio;
- il terremoto del 8 settembre 1694 in Irpinia e Basilicata;
- il terremoto del 14 marzo 1702 in Baronia;
- l'evento del 29 novembre 1732 in Irpinia.



- l'evento del 14 agosto 1851 in Basilicata.
- l'evento del 16 dicembre 1857 in Basilicata.
- l'evento del 23 luglio 1930 in Irpinia
- l'evento del 21 agosto 1962 in Irpinia
- il terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia - Basilicata.

Figura 6 -

Rappresentazione delle isosiste di intensità superiore al IX grado della scala Mercalli rilevate per i terremoti distruttivi avvenuti in Appennino Meridionale negli ultimi 600 anni.

Ad ogni modo, il territorio del Comune di Carapelle, secondo la

classificazione sismica (O.P.C.M. 20.03.2003 e succ. mod. ed integr.)
ricade in Zona 2, come da tabella.

Codice ISTAT 2001	Classificazio ne 2003	PGA (g)	I
16071010	Zona 2	0.198 g	8,1 MCS

(In Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale. - Quaderni di Geofisica n°12 (2000) - Servizio Sismico Nazionale. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.)

Dove:

- PGA (g)=accelerazione orizzontale di picco del terreno (estimatore dello scuotimento alle alte frequenze), valore atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 457 anni).
- I=intensità macrosismica (MCS) valore di intensità MCS atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).
- $g=981 \text{ cm/sec}^2$ (accelerazione di gravità).

Circa la categoria di suolo l'indagine geosismica effettuata ha consentito di ricavare valori di V_{Seq} sperimentali che consentono di classificare il suolo di fondazione come di **categoria C**.

5 INDAGINI ESEGUITE

Ai fini della definizione del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione e della determinazione delle caratteristiche geotecniche degli stessi sono state eseguite indagini in sito che hanno visto:

- La realizzazione di uno stendimento sismico avente una lunghezza di 36 m per la determinazione dei parametri elastomeccanici e del parametro del V_{Seq} ;

5.1 PROSPEZIONE SISMICA MASW

La prospezione sismica, ubicata in corrispondenza dell'area di intervento, ha visto la realizzazione di un profilo sismico di tipo MASW che ha consentito la determinazione delle V_{Seq} .

E' stato utilizzato un sismometro a rifrazione tipo M.A.E.-A6000S, in configurazione a 24 canali con acquisizione computerizzata dei dati, massa battente di 10 kg quale sorgente generatrice di onde sismiche e sensori (geofoni) con frequenza di 4,5 Hz; questo ha permesso di caratterizzare elastomeccanicamente i terreni in posto. Il profilo ha avuto una lunghezza complessiva di 36 m, con offset di 3 m e interdistanza geofonica pari a 1,5 m.

L'indagine si realizza disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale una mazza battente su piastra metallica, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, e l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni, quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative

ampiezze dei treni d'onda. La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione matematica con algoritmi finalizzati a minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata dall'indagine, di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento. Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p). Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. Il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri. La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale. La massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Interpretazione dei dati

Dal sismogramma è possibile risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione

$$V_R(f) = f/k,$$

dove f = frequenza e k = numero d'onda.

Il processo di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è eseguito tramite software. La successiva fase di elaborazione-interpretazione è condotta eseguendo una "analisi spettrale", e consiste sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici, secondo il seguente schema:

- Concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ.
- Fase di pre-processing per "ottimizzare" i record stessi in modo da migliorare la qualità dell'interpretazione cioè eventuale filtraggio o "pulizia" dei dati grezzi.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
 - Picking dei punti dello spettro per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare per ogni frequenza i massimi assoluti/relativi dello spettro FK, ed è finalizzata alla individuazione del modo fondamentale di propagazione dell'onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare eventuali modi superiori.
 - Estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK.
- Inversione: tale procedura è effettuata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito.
- Fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d'inversione, con inserimento di strati, assegnazione di moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante prove dirette o più frequentemente osservazioni di campagna, ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il

risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale

- Ottenimento di un profilo verticale delle Vs, minimizzando le imprecisioni (risultati random), e ottenendo un modello finale ad elevata attendibilità e fortemente rappresentativo, mediante le tarature del reale profilo Vs/profondità del sito in analisi.

La categoria di suolo così determinata (**VSeq** ≈ **355 m/sec**), risulta la **categoria C** m/s da NTC 2018.

Per i calcoli strutturali, nel caso di utilizzo della recente normativa sismica, si raccomanda di tenere tale dato in debita considerazione.

6 CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI

Dai dati in possesso dello scrivente e dai risultati dell'indagine sismica è stato possibile raggruppare, i diversi litotipi costituenti il sottosuolo in unità litotecniche (complessi) per ognuna delle quali si sono definite le principali caratteristiche geomeccaniche (**modello geologico-geotecnico di massima**).

In particolare i terreni che saranno interessati dalle fondazioni, sono caratterizzati da due sostanziali complessi geotecnici costituiti rispettivamente da:

da m 0.00 a m 1.00 : terreno vegetale non adatto ad ospitare strutture fondazionali;

peso volume γ

17 KN/m³

potenziale di liquefacibilità

NON LIQUEFACIBILI

Parametri meccanici	
Angolo di attrito φ'	8-10°
Coesione teorica c'	0 KPa

da m 1.00 a m 4.50 : limo sabbioso argilloso, di colore avano, con elementi litici radi \varnothing max 1cm, venature argillose grigio e marroncino, nuclei carboniosi nerastri.

peso volume γ	17.00 KN/m ³
potenziale di liquefacibilità	NON LIQUEFACIBILI
Parametri meccanici in condizioni drenate	
Angolo di attrito φ'	17-18°
Coesione c'	18-20 KPa
Parametri meccanici in condizioni non drenate	
Angolo di attrito drenato φ_u 0.00	
Coesione non drenata C_u	60-80 KPa
Modulo di Young statico E	30 MPa
Modulo di Poisson	0.36
Modulo di Taglio G_d	70 MPa

da m 4.50 a m 10.00: ghiaia e ciottoli in scarsa matrice sabbiosa color beige scuro, molto addensato, caratterizzato dalle seguenti proprietà geotecniche;

peso volume γ	17-19 KN/m ³
potenziale di liquefacibilità	NON LIQUEFACIBILI
Parametri meccanici	
Angolo di attrito φ'	28-30°
Coesione teorica c'	0 KPa
Modulo di Young statico E	40 MPa

Modulo di Poisson	0.35
Modulo di Taglio Gd	90 MPa

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerate le risultanze dell'indagine e le finalità del presente studio geologico, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche connesse con le previsioni realizzative previste, è possibile affermare la compatibilità dell'opera con il quadro geomorfologico e geologico locale.

In particolare, alla luce di quanto illustrato nei capitoli precedenti a cui si rimanda per ogni utile approfondimento, è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- Considerando le opere da eseguire come da progetto non si evidenziano particolari strutture o manufatti che possano in qualche modo modificare l'assetto idro-geologico dell'area, ne possano costituire ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque rispetto sia allo stato di fatto nel momento di realizzazione dell'opera, e sia alle previsioni di assetto futuro della rete idrografica. In relazione agli aspetti geomorfologici e a possibili dissesti superficiali e profondi, non si evidenziano situazioni che possano modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare che l'area si presenta globalmente stabile, essendo la zona prettamente pianeggiante.
- Ai fini sismici si tenga conto nei calcoli di verifica che l'area rientra in Zona 2 caratterizzata da un'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (ag) pari a 0,25g (dove g = accelerazione di gravità) e che il suolo è classificabile quale **Categoria C**.

Tanto dovevasi per quanto si competenza

Lucera, Settembre 2022

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
Dott. Luca Salcuni

ALLEGATO

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), la quale si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

Per ciò che riguarda l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il seguente software:

"SURF SAIS 2.05" del Kansas Geological Survey.

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro V_{seq} , richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito (velocità delle onde di taglio S) tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di *Rayleigh* (VR) ed un successivo processo di inversione.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero"

(time break)

- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;

- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 1.5 metri;
- n. 1 energizzazione ad offset (Sx) -3 m ;
- passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali: lungo i numeri d'onda k la risoluzione è di 0.261, mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.488 Hz.

Elaborazione dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 1) nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;

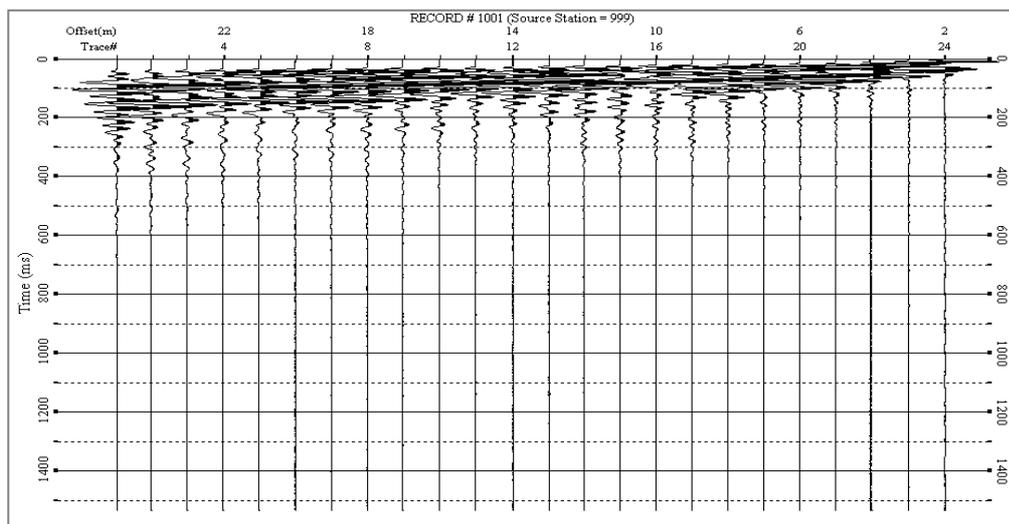
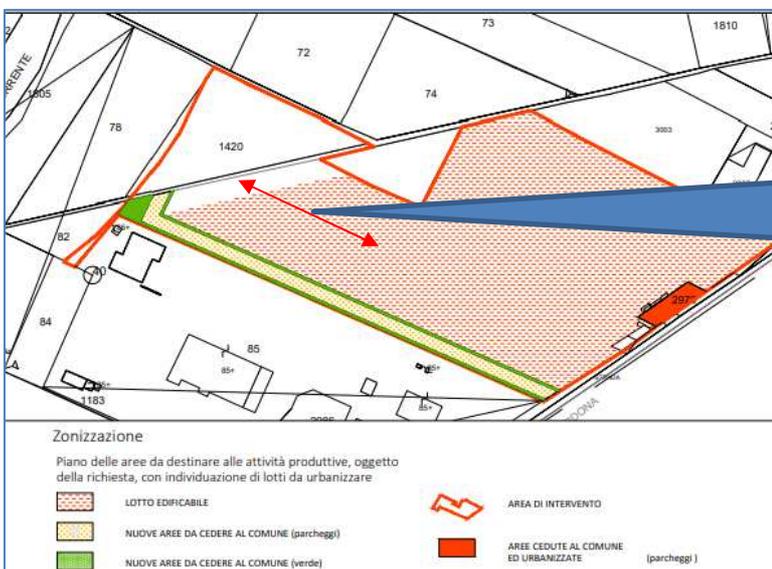


Fig. 1 – Sismogramma ottenuto.

- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz) (fig.2).
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (fig. 3);
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (sec/m)-frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 0 Hz e 50 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/sec e 1000 m/sec (Fig.2).



UBICAZIONE MASW

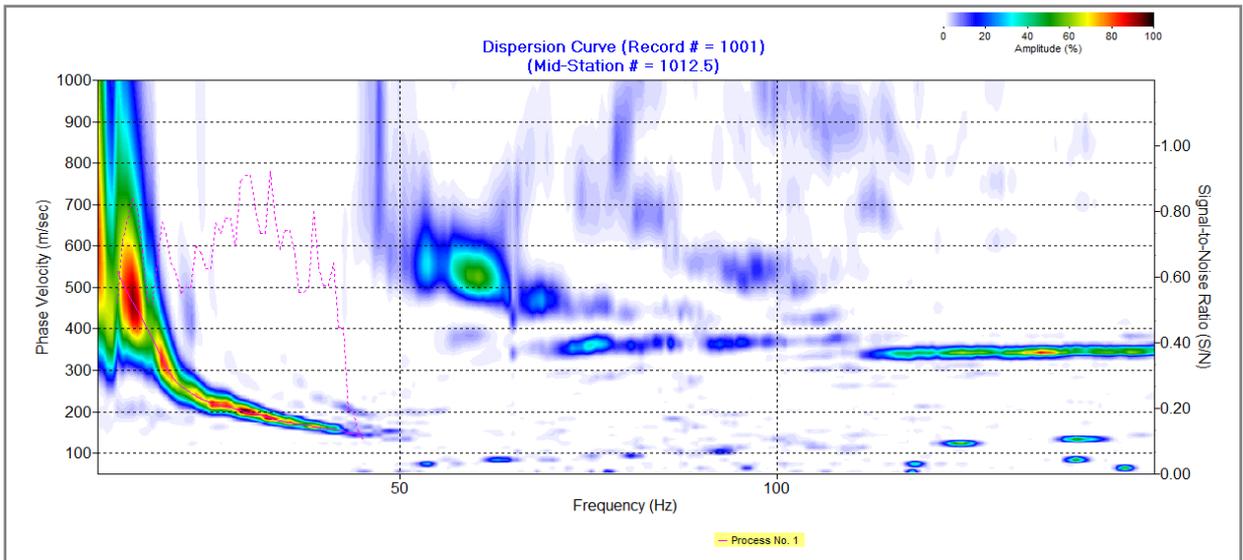


Fig. 2 – Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase

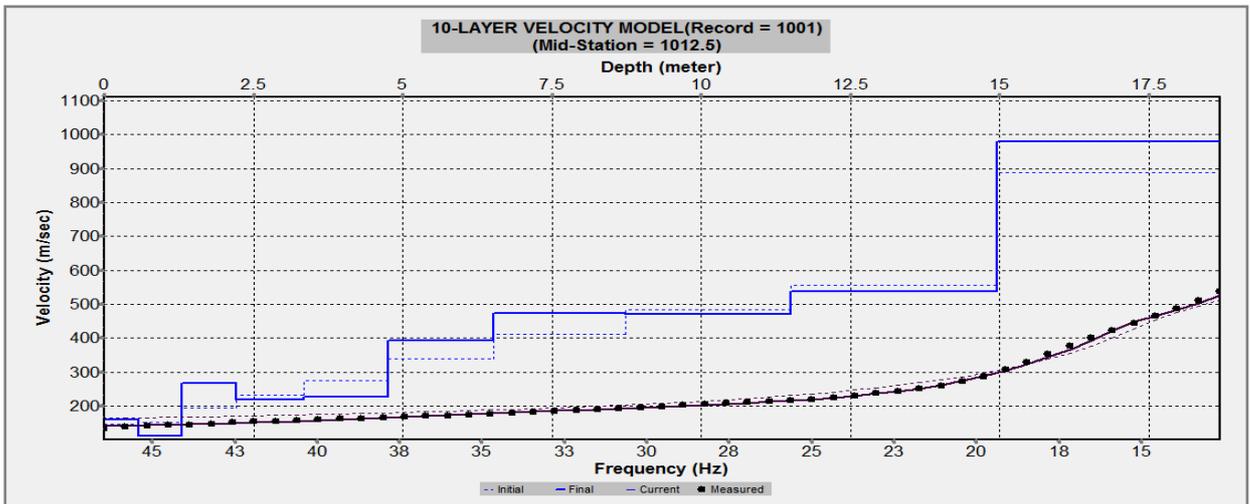


Fig. 3 – Modello di velocità del sottosuolo

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'*inversione* del modello di velocità evidenzia un buon accordo con la curva di dispersione sperimentale.

($V_{S_{30eq}} = 355 \text{ m/s}$) Categorie di suolo di fondazione tipo C

