



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA



PROVINCIA DI  
MATERA

## PROGETTO UNIFICATO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Lavori di ampliamento per la costruzione di aule speciali ed auditorium e manutenzione straordinaria finalizzati a garantire l'agibilità e il diritto allo studio del liceo umanistico/musicale/coreutico "Pitagora" di Montalbano Jonico (MT).

C.U.P.: H31B21002120001

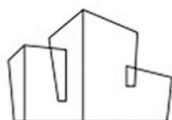
### IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Tagliente

### STUDIO GEOLOGICO

ELABORATO 1.D: RELAZIONE GEOLOGICA

### REDATTO DA:



**COVING** S.R.L.  
SERVIZI DI INGEGNERIA E COSTRUZIONI

COVING S.R.L. – Servizi di Ingegneria  
Via Nazario Sauro n.102 – POTENZA (PZ)  
P.IVA 02113980763

**Legale Rappresentante**  
Dott. Ing. Giovanni Corallo

**IL DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Paolo Montanari

### IL GEOLOGO

Dott. Geol. Antonio De Carlo

### I COLLABORATORI

Dott.ssa Geol. Annagrazia Mancini  
Dott. Geol. Bartolo Romaniello



**Studio di Geologia e GeIngegneria**  
Dott. Geol. Antonio De Carlo

## INDICE ANALITICO

1.	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
2.	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>4</b>
3.	<b>UBICAZIONE DEL SITO D'INTERVENTO .....</b>	<b>5</b>
4.	<b>DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA IN SITO .....</b>	<b>6</b>
4.1	<b>Sondaggi meccanici a carotaggio continuo.....</b>	<b>6</b>
4.2	<b>Prelievo campioni indisturbati .....</b>	<b>7</b>
4.3	<b>Indagini geofisiche.....</b>	<b>8</b>
5.	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE E ALLUVIONAMENTO DEL SITO.....</b>	<b>10</b>
6.	<b>INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>11</b>
7.	<b>CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI .....</b>	<b>15</b>
7.1	<b>Profilo sismico a rifrazione in onda P SR1 .....</b>	<b>15</b>
7.2	<b>Profilo sismico a rifrazione in onda P SR2 .....</b>	<b>16</b>
7.3	<b>Prospezione sismica MASW/Re.Mi.....</b>	<b>18</b>
8.	<b>DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>21</b>
9.	<b>CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI .....</b>	<b>24</b>
10.	<b>MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO DELL'AREA .....</b>	<b>26</b>
11.	<b>CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA.....</b>	<b>32</b>
12.	<b>CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI.....</b>	<b>34</b>
13.	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>35</b>

## ALLEGATI

- Allegato 01: **Cartografia Tematica**
- Allegato 02: **Risultati delle indagini geognostiche**
- Allegato 03: **Stratigrafia dei sondaggi geognostici**
- Allegato 04: **Indagini Geofisiche**
- Allegato 05: **Analisi geotecniche di laboratorio**
- Allegato 06: **Relazione di Microzonazione Sismica di III livello**

## 1. PREMESSA

Il presente studio geologico è stato redatto per il progetto **"Lavori di ampliamento per la costruzione di aule speciali ed auditorium e manutenzione straordinaria finalizzati a garantire l'agibilità e il diritto allo studio del liceo umanistico/musicale/coreutico "Pitagora" di Montalbano Jonico (MT)"**, ed ha lo scopo di inquadrare in maniera puntuale l'area in esame sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico al fine di fornire al progettista tutti i dati necessari per la progettazione geotecnica e strutturale dell'opera di che trattasi. Inoltre, lo studio è stato eseguito in conformità alle normative in vigore ed alla vigente legge urbanistica regionale (L.R. n°23/99) e sismica regionale (L.R. n°9/2011 "Tutela, governo ed uso del Territorio" e L.R. n°19/2011). Lo studio è conforme al D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Circolare del C.S.LL.PP. n° 7 del 21.01.2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Poiché i terreni di sedime, come buona parte di quelli affioranti nelle aree contermini, risultano essere mascherati da opere antropiche e di urbanizzazione oltre che da terreno agrario, si è proceduto allo svolgimento di uno studio idrogeomorfologico che si è sviluppato attraverso tre fasi di approfondimento successive ed interattive:

- analisi geologica e geomorfologica preliminare per la definizione delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e della morfoevoluzione dell'area con ricerca della relativa cartografia tematica;
- analisi di aerofoto stereoscopiche per l'eventuale precisazione del tipo ed entità dei processi denudazionali e morfoevolutivi che potrebbero interagire con la struttura in progetto;
- verifica in sito dei dati acquisiti e controllo diretto in loco delle caratteristiche e dei parametri geotecnici, sismici e stratigrafici delle successioni litologiche affioranti, tramite l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche consistenti in:
  - a) n° 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati rispettivamente S1, S2 e S3, spinti fino ad una profondità di 20 m, di cui il sondaggio S1 attrezzato con tubo piezometrico;
  - b) prelievo di n° 6 campioni indisturbati sottoposti poi ad analisi e prove geotecniche di laboratorio;
  - c) n°2 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con le sigle SR1 ed SR2, della lunghezza rispettivamente di 120 m e 90 m;

d) n°1 prospezione sismica attiva di tipo MASW e passiva Re.Mi denominata con la sigla MASW/Re.Mi., eseguita sullo stesso allineamento utilizzato per la prospezione sismica a rifrazione SR2.

Si è altresì fatto riferimento a dati geotecnici in possesso dello scrivente, attinenti a terreni con caratteristiche assimilabili a quelle dell'area di sedime ed alla letteratura geotecnica.

Alla luce di quanto appena riportato si sono prodotti i seguenti elaborati riportati in allegato alla presente relazione:

- Allegato 01: **Cartografia Tematica;**
- Allegato 02: **Risultati delle indagini;**
- Allegato 03: **Stratigrafia dei sondaggi geognostici e report fotografici;**
- Allegato 04: **Indagini Geofisiche;**
- Allegato 05: **Analisi e prove geotecniche di laboratorio;**
- Allegato 06: **Relazione di Microzonazione Sismica.**

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

Nella redazione del presente documento si è fatto riferimento alla normativa vigente e alla documentazione bibliografica esistente:

- **Normativa di riferimento (nazionale):**

- L.N. 64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 11.03.1988 - 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;
- O.P.C.M. 3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Norme di Attuazione - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) - Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata;
- O.P.C.M. 3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D.M. LL.PP. del 17.01.2018 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S.LL.PP. n° 7 del 21.01.2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

- **Normativa di riferimento regionale:**

- L.R. n° 38 del 06.08.1997 - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;
- L.R. n° 9 del 16.04.1984;
- L.R. n° 23/99;
- Delibera del Consiglio Regionale di Basilicata n° 575 del 04.08.2009;
- L.R. 9/2011 – Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica;
- Norme di Attuazione - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) - Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata.

- **Riferimenti cartografici e bibliografici:**

- Foglio 212 "Montalbano J." della Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000) e Note Illustrative;
- Elemento 507111 "Montalbano Jonico" della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale (scala 1:5.000);
- Elemento 507110 "Montalbano Jonico" della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale (scala 1:10.000);
- Foglio 507 "Pisticci" della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale (scala 1:50.000);
- Tavola 507111 "Carta del Rischio" – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata (scala 1:10.000) e Norme di Attuazione.



### 3. UBICAZIONE DEL SITO D'INTERVENTO

Il sito di interesse progettuale sarà ubicato in adiacenza all'Istituto "Pitagora", nel Comune di Montalbano Jonico (MT) ad una quota di circa 240 metri s.l.m..



**Fig.01:** Veduta aerea dell'area con ubicazione del sito d'intervento

Dal punto di vista cartografico, il sito ricade nel Foglio 212 “Montalbano J.” della Carta Geologica d’Italia in scala 1: 100.000, nell’Elemento 507111 “Montalbano Jonico” della Carta Tecnica dell’Italia Meridionale in scala 1:5.000, nell’Elemento 507110 “Montalbano Jonico” della Carta Tecnica dell’Italia Meridionale in scala 1:10.000, nella Foglio 507 “Pisticci” della Carta Tecnica dell’Italia Meridionale in scala 1:25.000 e nella Tavola 507111 “Carta del Rischio” – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell’Autorità Distrettuale dell’Appennino Meridionale - sede Basilicata in scala 1:10.000. Le coordinate baricentriche WGS84 dell’area di sedime sono di seguito riportate:

**Latitude** <sub>WGS84</sub> = 40.287578°; **Longitude** <sub>WGS84</sub> = 16.570376°

#### 4. DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA IN SITO

Per le finalità del presente studio sono state eseguite delle indagini geognostiche dirette ed indirette di cui se ne descrive di seguito la tipologia, la strumentazione utilizzata e le modalità operative. Le indagini sono state svolte in conformità a quanto disposto dal D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le Costruzioni", oltre che secondo le regole tecnologiche dell'ANISIG. Le stesse sono state finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico ed a costituire l'elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici, in conformità a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018. Infatti, sulla base degli esiti delle stesse indagini, è stato possibile identificare e/o confermare le formazioni ed i litotipi già individuati nel rilievo di superficie, la struttura del sottosuolo, i caratteri fisico-meccanici dei terreni e caratterizzare gli aspetti idrogeologici e geomorfologici, quindi i livelli conseguenti delle pericolosità geologiche del territorio. La loro ubicazione è riportata nell'allegato: **Allegato 01: Cartografia Tematica.**

##### 4.1 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

Per la ricostruzione del modello stratigrafico e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni dell'area di sedime sono stati appositamente eseguiti n°3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, indicati con la sigla S1, S2 e S3 di cui il sondaggio S1 è stato attrezzato con tubo piezometrico. Tale attività ha comportato in campo lo svolgimento delle seguenti operazioni:

- Carotaggio continuo a profondità prestabilita;
- Descrizione della successione stratigrafica rinvenuta.

I fori sono stati eseguiti utilizzando una sonda CMV 600 dalla ditta Trivel Sondaggi S.r.l.. La perforazione adottata è stata effettuata a rotazione ed a carotaggio continuo, con metodo di avanzamento idraulico. L'utensile di perforazione utilizzato è stato il carotiere semplice, diametro nominale  $\varnothing_{est}=101$  mm, lunghezza utile  $L=300$  cm. È altresì stata utilizzata la tubazione di rivestimento provvisorio (tubo-forma in acciaio,  $\varnothing_{est} = 127$  mm) per evitare franamenti e/o chiusure del foro ed aste di perforazione di diametro  $\varnothing 76$  mm e lunghezze di 150 cm e 300 cm a seconda delle necessità di manovra. Il carotaggio è stato eseguito a secco, utilizzando l'acqua come fluido di perforazione solo per agevolare l'avanzamento del carotiere, in quanto i terreni in affioramento presentano discreta consistenza e/o addensamento. La percentuale di carotaggio è risultata quasi sempre elevata, compresa tra 90÷100% e contemporaneamente all'approfondimento della trivellazione sono stati calati tubi di rivestimento  $\varnothing 127$  mm a protezione del bocca foro ed in prossimità dei litotipi particolarmente instabili o rigonfianti. Le carote estratte nel corso delle

terebrazioni sono state stipate in apposite cassette catalogatrici in plastica munite di scomparti divisori e coperchio. Esse, siglate e fotografate immediatamente dopo il loro riempimento, sono state accatastate in prossimità del foro di sondaggio, restando a disposizione per la visione. È stata redatta una "Stratigrafia litotecnica" contenente i dati identificativi del sito, il tipo di macchina utilizzato e le informazioni sulla natura e sulle caratteristiche dei terreni attraversati, con riferimento allo stato di consistenza/addensamento dei terreni a carattere coesivo e al TCR (percentuale di carotaggio totale, data dal rapporto percentuale tra la lunghezza delle carote estratte e la lunghezza della manovra di carotaggio o battuta).

Di seguito si riporta, per ciascun sondaggio eseguito, la profondità raggiunta a partire dal piano campagna, la profondità del rivestimento utilizzato, il tipo di allestimento e le coordinate dei boccafori:

Sigla sondaggio	Profondità Sondaggio (m dal p.c.)	Piezometro	Coordinate WGS-84-F33
S1	20.00	X	N = 40.287889 ° E = 16.570641°
S2	20.00		N = 40.287889 ° E = 16.570641°
S3	20.00		N = 40.287889° E = 16.570641°

**Tabella 01** – Schema dei sondaggi maccanici eseguiti

La relativa ubicazione è riportata nelle planimetrie contenute nell'**Allegato 01: Cartografia Tematica**.

#### **4.2 Prelievo campioni indisturbati**

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati complessivamente n°6 campioni indisturbati, a profondità prestabilite e compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili (*Shelby*) e un campionatore a rotazione (*Mazier*). Tutti i campioni sono stati sottoposti ad Analisi e Prove Geotecniche di laboratorio (**Allegato 05: Analisi e prove geotecniche di laboratorio**). Su ogni campione è stata affissa un'etichetta contenente i dati relativi al Committente dei lavori, al cantiere, alla data del prelievo, alla metodologia di campionamento, alla quota di inizio e fine campionatura. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle profondità di prelievo rispetto al sondaggio geognostico:



Sigla sondaggio	Sigla campione indisturbato	Profondità di prelievo (m dal p.c.)
S1	C.I. 1	3.60 - 3.90
	C.I. 2	8.10 - 8.50
S2	C.I. 1	6.60 - 7.00
	C.I. 2	16.20 - 16.60
S3	C.I. 1	7.40 - 7.70
	C.I. 2	11.40 - 11.90

**Tabella 02** - Schema dei campioni indisturbati prelevati durante le indagini

### 4.3 Indagini geofisiche

Lo scopo delle indagini è stato quello di individuare, sulla base della velocità delle onde sismiche misurate, il profilo sismostratigrafico relativo all'area di indagine con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche, e quindi di identificare lo spessore degli orizzonti a diversa rigidità sismica e conseguentemente con comportamento geotecnico differente. Più in dettaglio, si è voluto valutare la variazione laterale e longitudinale delle caratteristiche elastiche del terreno e i rapporti stratimetrici delle litologie presenti nelle aree investigate con i profili sismici condotti. La variazione delle caratteristiche elastiche del terreno sono state rappresentate con un elevato dettaglio grazie all'adozione delle più moderne tecniche di elaborazione tomografica, opportunamente tarate sulla base dei risultati emersi dalle indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo e analisi e prove geotecniche di laboratorio), che hanno permesso di ottenere una restituzione ad alta risoluzione del sottosuolo investigato.

Inoltre sono stati acquisiti i dati necessari utili alla definizione del profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) e di classificare i terreni sulla base del valore della  $V_{s,eq}$  (il valore medio della  $V_s$  negli starti sovrastanti il bedrock) in accordo con quanto previsto dal D.M. 17/01/2018. Il modello sismico monodimensionale costituisce, infatti, l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni locali di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (D.M. 17.01.2018). In dettaglio sono state eseguite:

- n°2 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con le sigle SR1 ed SR2, della lunghezza rispettivamente di 120 m e 90 m;

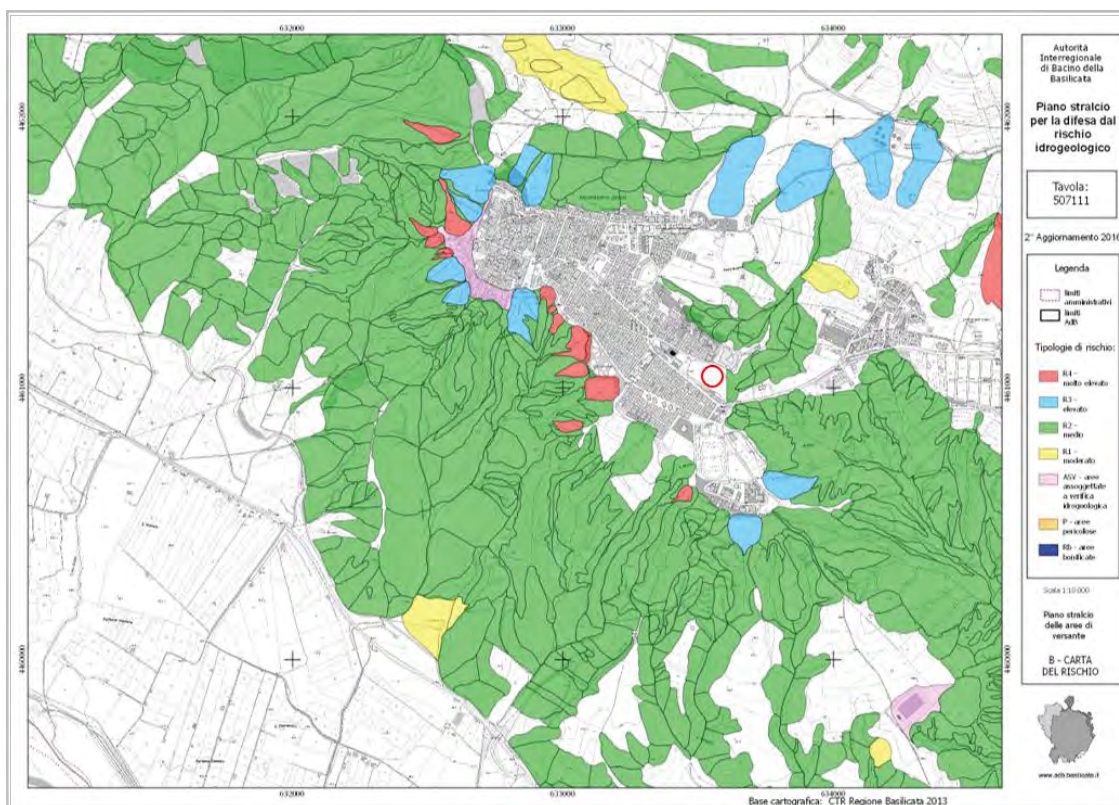
- n°1 prospezione sismica attiva di tipo MASW e passiva Re.Mi denominata con la sigla MASW/Re.Mi. eseguita sullo stesso allineamento utilizzato per la prospezione sismica a rifrazione SR2.

Dai dati sismici, si sono altresì, ricavate informazioni utili per elaborare la carta di microzonazione sismica nonché per definire, mediante analisi numeriche, la risposta sismica locale ai sensi della L.R. 9/2011 e secondo le indicazioni contenute negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica.

Per tutto quanto attiene ai risultati delle indagini eseguite si rimanda all'**Allegato 04: Indagini Geofisiche**, nel quale si riportano i relativi certificati e le modalità operative e strumentali.

## 5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE E ALLUVIONAMENTO DEL SITO

La stesura di questa relazione geologica è stata suffragata dalla consultazione del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata, che rappresenta uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino. **La consultazione della cartografia tematica redatta dall'AdB, ovvero della Carta del Rischio, per il sito d'interesse progettuale non ha messo in evidenza alcuna pericolosità e/o rischio determinati da fenomeni franosi.**



**Fig.02:** Carta del Rischio Idrogeologico dell'AdB con l'individuazione del sito di interesse progettuale (cerchio rosso)

La consultazione dell'ultimo aggiornamento disponibile del **Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico** dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata, consente di escludere che tale area venga classificata come esposta a pericolosità e rischio da frana, né interessata da fenomeni di alluvionamento. Pertanto, **in riferimento alle norme d'attuazione del PAI, l'intervento previsto in progetto non è soggetto a particolari prescrizioni salvo quelle di rito. Di conseguenza, si esprime giudizio positivo sulla sua fattibilità e compatibilità idrogeologica.**

## 6. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

L'area del territorio comunale di Montalbano Jonico si sviluppa su un'ampia collina, posta ad una quota media di 250 metri circa s.l.m., prevalentemente costituita da sedimenti argillosi pleistocenici noti in letteratura con il nome di Argille Subappennine. Tale unità disposta secondo una monoclinale inclinata di circa 5-10° verso SE è troncata in sommità da più superfici terrazzate costituite da sedimenti conglomeratici-sabbiosi. Il territorio in esame ricade nella porzione meridionale di una ampia depressione tettonico-morfologica nota in letteratura col nome di Fossa Bradanica; verso E è delimitata dall'Avampaese Apulo, mentre verso W la stessa è delimitata dalla Catena Appenninica.

La definizione litologica e stratigrafica dei terreni affioranti nell'area di studio ha necessitato, quindi, di un rilevamento geologico di campagna più ampio rispetto ai settori di versante interessati dall'opera in progetto. Ciò in quanto tali terreni risultano poco esposti per la sistematica presenza di opere di urbanizzazione e di una coltre di alterazione. Dal rilevamento geomorfologico dell'area d'interesse, dalla verifica diretta in sito, è stato possibile individuare, dall'alto verso il basso, i seguenti litotipi:

### a) **MATERIALE ELUVIO-COLLUVIALE** (*Pleistocene*)

Sono composti da sabbie medio-fini di colore giallastro, da ciottoli poligenici ed eterometrici arrotondati immersi in una matrice essenzialmente sabbiosa e da sabbie e limi sabbiosi di colore variabile dal grigio giallastro al rossastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, poco consistenti, caotici e, quindi, con caratteri di eterogeneità ed anisotropia, sia da un punto di vista litologico che fisico-meccanico. Inoltre, l'elevato tenore sabbioso e lo scarso preconsolidamento, fanno ascrivere a tali materiali caratteri di pessimi terreni di fondazione e, di conseguenza, assolutamente se ne sconsiglia l'utilizzo per qualsiasi tipo di edificazione se non con l'impiego di idonee strutture fondali. Nell'area di sedime tali materiali assumono uno spessore di circa 3.00/4.00 m.

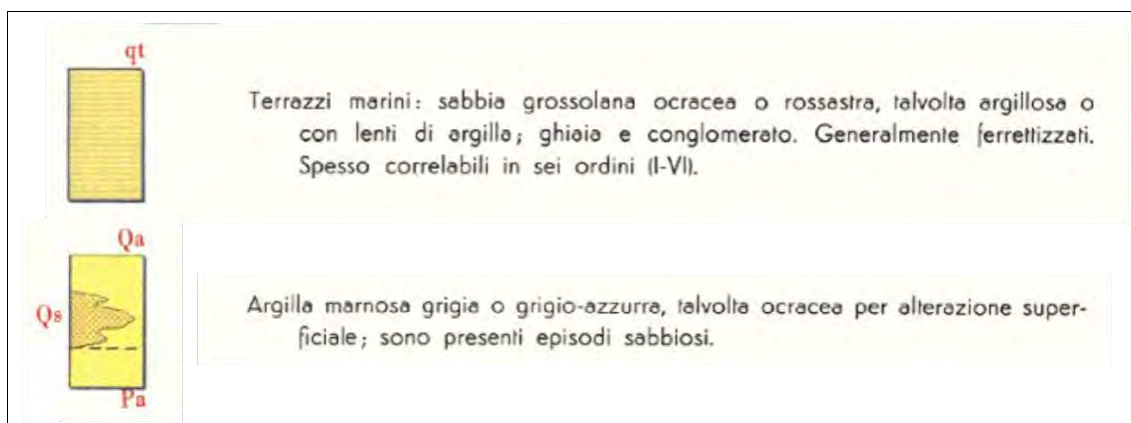
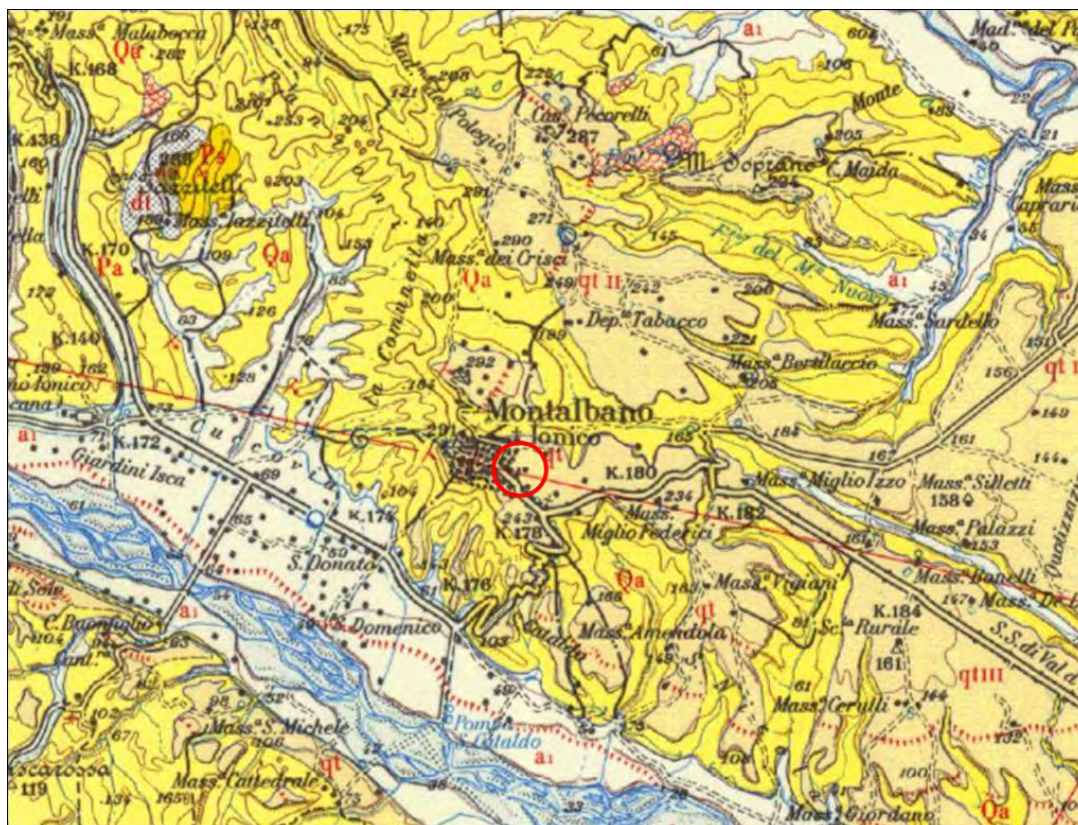
### b) **ARGILLE SUBAPPENNINE** (*Pleistocene inferiore-medio*)

Sono caratterizzati da una grande omogeneità laterale e verticale e sono costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati di norma da una laminazione parallela. Da un punto di visto litotecnico si può fare una suddivisione in **Litofacies Sabbioso-Limosa** e **Litofacies Argilloso-Limosa**. La prima è costituita da sabbie di colore giallo-ocra, a stratificazione incrociata e piano parallela e con intercalazioni verso l'alto di lenti di ghiaia. In rapporti di eteropia, sono sabbie medie e fini, massive e a laminazione piano-parallela e



con piccole lenti conglomeratiche. Si presentano da addensate fino a litificate e non plastiche. La **Litofacies Argilloso-Limosa** è costituita da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati di norma da una laminazione parallela. Si presentano da consistenti a molto consistenti e poco plastiche.

Di seguito si riporta stralcio del Foglio n°212 "Montalbano Jonico" della Carta Geologica d'Italia:



**Fig.03:** Stralcio del Foglio n°212 "Montalbano Jonico" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 con l'individuazione dell'area in esame (cerchio rosso)

Da un punto di vista strettamente litotecnico qui di seguito si riporta la descrizione dei litotipi carotati nell'area di interesse durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici:



- **Sondaggio meccanico S1**

Durante la terebrazione del sondaggio **S1** è stato carotato, dal piano campagna fino alla profondità di 3.50 m, il **Materiale Eluvio-Colluviale**, costituito da terreni, a prevalente componente limoso-sabbiosa di colore rossastro-brunastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, assolutamente inconsistenti, caotici, mediamente compressibili e mediamente plastici. Nei primi livelli il terreno si presenta humificato e di colorazione brunastra in cui sono rilevabili frustoli vegetali.

Da m 3.50 a m 6.80 sono stati carotati i terreni appartenenti alla **Litofacies Sabbioso-Limosa** costituiti da sabbie limose o limi sabbiosi di colore giallo-ocra, a stratificazione incrociata e piano-parallela. Sono sabbie medie e fini. Si presentano da compatte ad addensate, poco compressibili e non plastiche.

Seguono fino a fondo foro, da m 6.80 a m 20.00, i terreni appartenenti alla **Litofacies Limoso-Argillosa** costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati da una laminazione parallela. Si presentano da consistenti a molto consistenti, poco plastici, poco compressibili ed asciutti al tatto.

- **Sondaggio meccanico S2**

Durante la terebrazione del sondaggio **S2** è stato carotato, dal piano campagna fino alla profondità di 3.80 m, il **Materiale Eluvio-Colluviale**, costituito da terreni, a prevalente componente limoso-sabbiosa di colore rossastro-brunastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, assolutamente inconsistenti, caotici, mediamente compressibili e mediamente plastici. Nei primi livelli il terreno si presenta humificato e di colorazione brunastra in cui sono rilevabili frustoli vegetali e ciottoli da decimetrici a centimetrici.

Da m 3.80 a m 8.00 sono stati carotati i terreni appartenenti alla **Litofacies Sabbioso-Limosa**. Si tratta di sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi di colore giallo-ocra, a stratificazione incrociata e piano-parallela. Sono sabbie medie e fini. Tra m 5.30 e m 5.60 di profondità si intercala una lente di ciottoli eterometrici e poligenici. Si presentano da compatte ad addensate, poco compressibili e non plastiche.

Seguono fino a fondo foro, da m 8.00 a m 20.00, i terreni appartenenti alla **Litofacies Limoso-Argillosa** costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o

argilloso-siltosi caratterizzati da una laminazione parallela. Si presentano da consistenti a molto consistenti, poco plastici, poco compressibili ed asciutti al tatto.

- **Sondaggio meccanico S3**

Durante la terebrazione del sondaggio S3 è stato carotato, dal piano campagna fino alla profondità di 4.50 m, il **Materiale Eluvio-Colluviale**, costituito da terreni, a prevalente componente limoso-sabbiosa di colore rossastro-brunastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, assolutamente inconsistenti, caotici, mediamente compressibili e mediamente plastici. Nei primi livelli il terreno si presenta humificato e di colorazione brunastra in cui sono rilevabili frustoli vegetali.

Da m 4.50 a m 9.00 sono stati carotati i terreni appartenenti alla **Litofacies Sabbioso-Limosa** costituiti da sabbie limose o limi sabbiosi di colore giallo-ocra, a stratificazione incrociata e piano-parallela. Sono sabbie medie e fini. Si presentano da compatte ad addensate, poco compressibili e non plastiche.

Seguono fino a fondo foro, da m 9.00 a m 20.00, i terreni appartenenti alla **Litofacies Limoso-Argillosa** costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati da una laminazione parallela. Si presentano da consistenti a molto consistenti, poco plastici, poco compressibili ed asciutti al tatto.

## 7. CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

Al fine di integrare i sondaggi a carotaggio continuo, per la caratterizzazione sismo-stratigrafica dei terreni in affioramento e per poter accertare la categoria del "sottosuolo di fondazione" (D.M. 17 gennaio 2018) ricavata dai valori della velocità equivalente degli orizzonti sovrastanti il bedrock sismico ( $V_{s,eq}$ ), sono state eseguite, come già accennato, n°2 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con le sigle SR1 ed SR2, della lunghezza rispettivamente di 120 m e 90 m, oltre a n°1 prospezione sismica attiva di tipo MASW e passiva Re.Mi denominata con la sigla MASW/Re.Mi eseguita sullo stesso allineamento utilizzato per la prospezione sismica a rifrazione SR2.

### 7.1 Profilo sismico a rifrazione in onda P SR1

Il profilo sismico, denominato SR1, è stato eseguito all'interno del lotto in cui sarà realizzato il progetto in epigrafe con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato. Per la realizzazione del profilo sismico denominato SR1, sono stati impiegati n°25 geofoni verticali, lo stendimento si è sviluppato con direzione da NW verso SE.

La Sismosezione SR1, eseguita in onde P (l. 120,0 m) all'interno del volume investigato, evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,60 a 5,30 metri, con velocità delle onde P compresa tra 300 e 1000 m/s, riferibile a terreni superficiali maggiormente areati, poco addensati/consistenti ascrivibili a terreno vegetale e a materiali detritici superficiali;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 6,40 a 13,90 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000 - 1700 m/s e corrisponde a terreni mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato**, a profondità variabile da 10,30 a 15,40 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione di circa 35 m, caratterizzato da una velocità  $V_P$  dai 1700 a 2700 m/s, riferibile a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

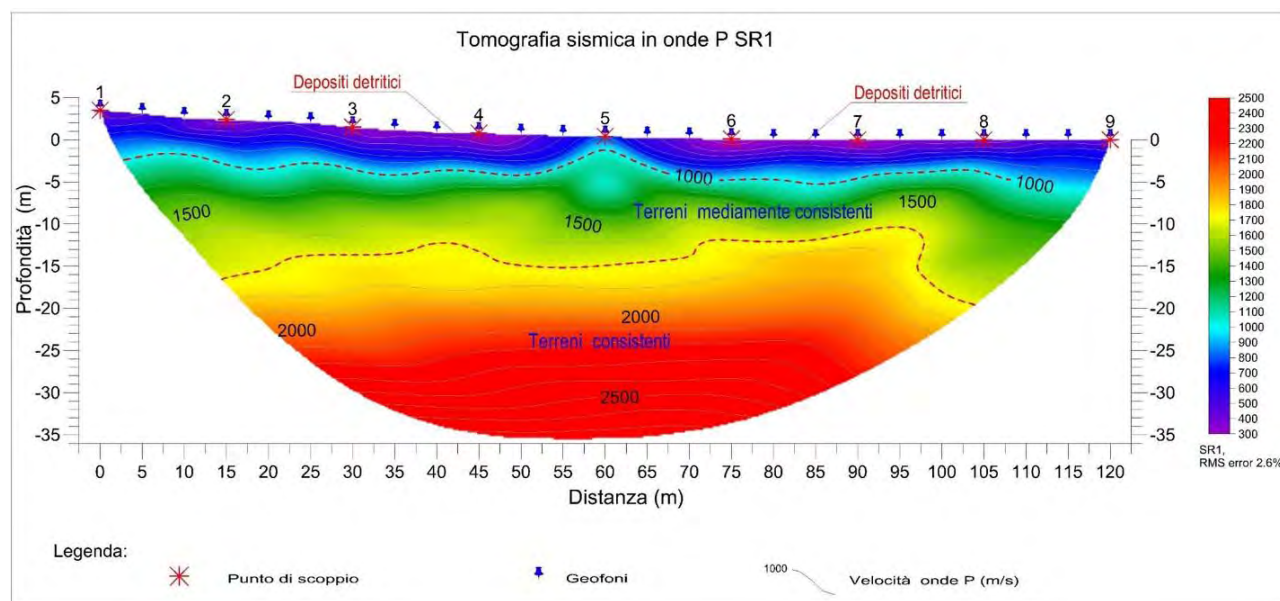
Dalla sismosezione ottenuta mediante inversione tomografica della prospezione sismica SR1 è possibile fare delle considerazioni in chiave litostratigrafica lungo tutto il profilo investigato.

Analizzando il **primo sismostrato**, quello più superficiale, si nota che l'andamento delle linee di isovelocità risulta piuttosto irregolare ad indicare una certa variabilità sia verticale che laterale delle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni. Le velocità di tale sismostrato sono relativamente basse (300-1000 m/s) ascrivibili alla presenza di terreno vegetale e terreni detritici superficiali poco consistenti/addensati (cromatismo blu/fucsia nella tomografia sismica).

Più in profondità, nel **secondo sismostrato**, l'andamento delle linee di isovelocità, appare ancora irregolare ed ondulato e le velocità del sismostrato sono comprese tra 1000 e 1700 m/s, indice quindi di depositi maggiormente consistenti e/o addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da circa 10,0 m a circa 15,0 m fino alla profondità di investigazione di circa 35,0 m caratterizzato da velocità comprese tra 1700 e 2700 m/s riferibile a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

Per una maggiore comprensione di quanto detto, si riporta di seguito la sismosezione ottenuta dall'elaborazione tomografica delle tracce sismiche acquisite:



**Fig.04:** Sismosezione ottenuta dall'elaborazione tomografica

## 7.2 Profilo sismico a rifrazione in onda P SR2

Anche il profilo sismico, denominato SR2, è stato eseguito all'interno del lotto di progetto per la cui realizzazione sono stati impiegati n°19 geofoni verticali e lo stendimento si è sviluppato con direzione da NE verso SW.

La Sismosezione SR2, eseguita in onde P (l. 90,0 m) all'interno del volume investigato, evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 3,70 a 6,20 metri, con velocità delle onde P compresa tra 400 e 1000 m/s, riferibile a terreni superficiali maggiormente areati, poco addensati/consistenti ascrivibili a terreno vegetale e a materiali detritici superficiali;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 9,70 a 12,20 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000 - 1700 m/s e corrisponde a terreni mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato**, a profondità variabile da 14,30 a 16,30 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione di circa 22 m, caratterizzato da una velocità  $V_P$  dai 1700 a 2000 m/s, riferibile a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

Anche dalla sismosezione ottenuta mediante inversione tomografica della prospezione sismica SR2 è possibile fare delle considerazioni in chiave litostratigrafica lungo tutto il profilo investigato. Analizzando il **primo sismostrato**, quello più superficiale, si nota che l'andamento delle linee di isovelocità risulta piuttosto irregolare ad indicare una certa variabilità sia verticale che laterale delle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni. Le velocità di tale sismostrato sono relativamente basse (300-1000 m/s) ascrivibili alla presenza di terreno vegetale e terreni detritici superficiali poco consistenti/addensati (cromatismo blu/fucsia nella tomografia sismica).

Più in profondità, nel **secondo sismostrato**, l'andamento delle linee di isovelocità, appare più regolare con linee di isovelocità più ravvicinate tra loro ad indicare un incremento del gradiente di velocità con la profondità. Le velocità di tale sismostrato sono comprese tra 1000 e 1700 m/s, indice quindi di depositi maggiormente consistenti e/o addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da circa 10,0 m a circa 12,0 m fino alla profondità di investigazione di circa 22,0 m, caratterizzato da velocità comprese tra 1700 e 2000 m/s riferibile a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

Per una maggiore comprensione di quanto detto, si riporta di seguito la sismosezione ottenuta dall'elaborazione tomografica delle tracce sismiche acquisite:



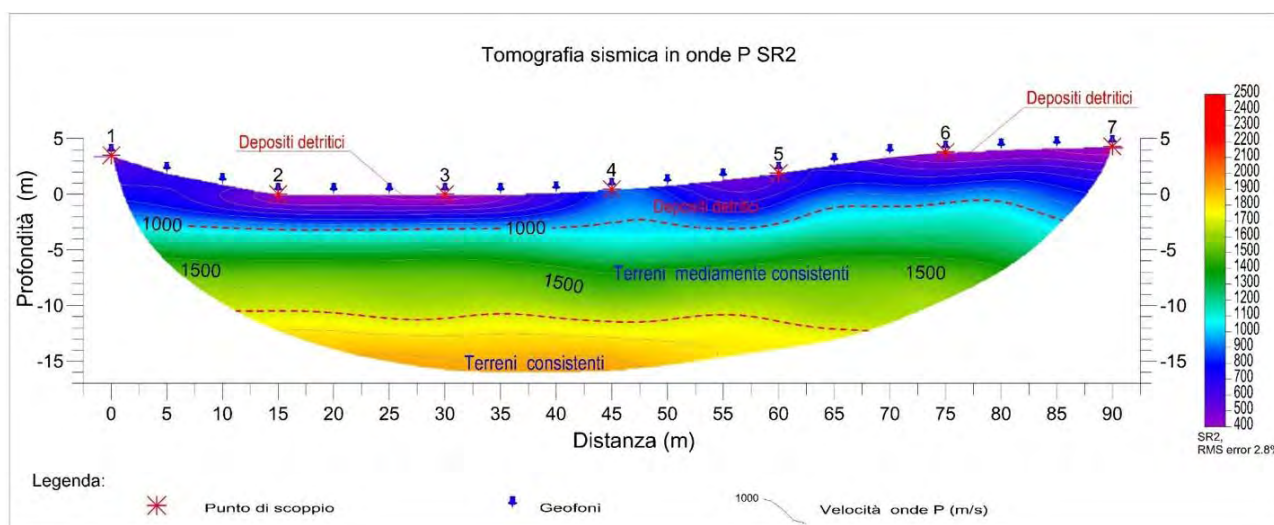
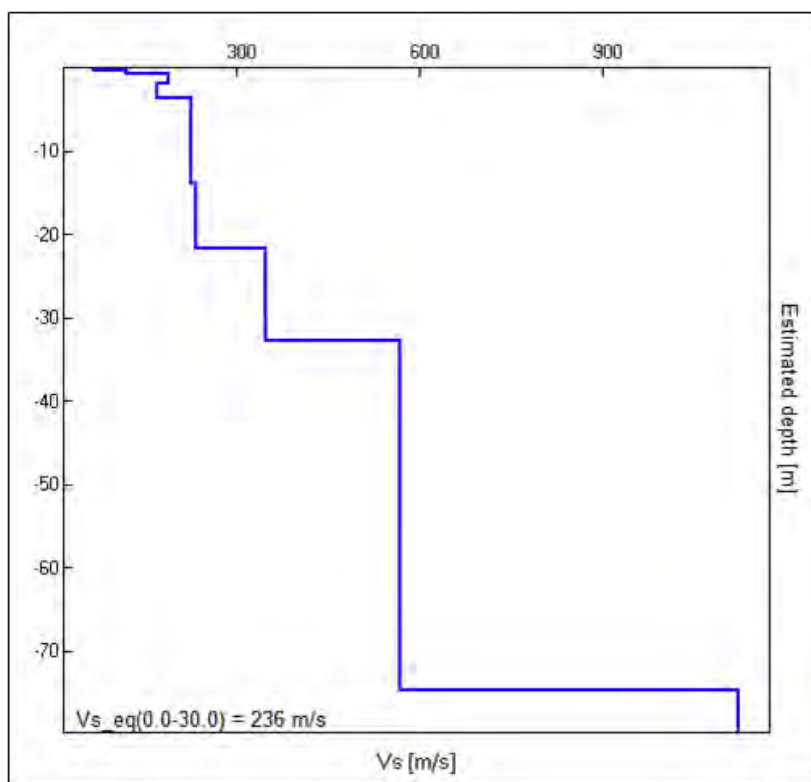


Fig.05: Sismosezione ottenuta dall'elaborazione tomografica

### 7.3 Prospezione sismica MASW/Re.Mi.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati e il profilo di velocità del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di 236 m/s a partire dal p.c.

Spessore (m)	$V_s$ (m/s)
0.28	66
0.42	118
1.18	188
1.74	170
4.80	224
5.60	224
7.60	234
11.10	347
42.00	568
semi-spazio	1124



Sintetizzando il profilo di velocità ottenuto, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 3,60 m, con velocità delle onde S comprese tra 66 e 180 m/s riferibili, nel contesto litologico del profilo sismico investigato, a terreno vegetale e depositi detritici sciolti;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore di 29,10 m con velocità Vs compreso tra 224 e 347 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il **terzo sismostrato** presenta uno spessore di 42,00 m con velocità Vs di 568 m/s e corrisponde a consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 75,00 m, un **quarto sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 1124 m/s riferibile al bedrock sismico con ottime caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche  $V_P$  (m/s) misurate con la sismica a rifrazione e dalla velocità delle onde  $S_{vs}$  (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi.; adottando opportuni valori del peso di volume  $\gamma$  (g/cm<sup>3</sup>), rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile

inoltre stimare attraverso relazioni teoriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato										
Strato	Spessore	Vp m/s	Vs m/s	$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup>	$\mu$ (-)	Vp/Vs (-)	E <sub>d</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	R T/m <sup>2</sup> *s	G <sub>0</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	K Kg/cm <sup>2</sup>
I°	3.60	650	162	1.8	0.47	4.0	1386	292	472	6975
II°	29.0	1800	273	1.9	0.49	6.6	4215	519	1416	59672
III°	42.0	3000	568	2.0	0.48	5.3	19118	1136	6452	171397
IV°	-	4000	1124	2.1	0.46	3.6	77318	2360	26531	300625

Vp= velocità onde P (m/s); Vs= velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson; E<sub>d</sub>= Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s); G<sub>0</sub>=Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

In definitiva, l'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW/Re.Mi.) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **V<sub>s,eq</sub>**, pari alla VS<sub>30</sub> (in quanto non è stato rinvenuto il bedrock entro i primi 30 m) risultato per il modello medio pari a **236 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Linea sismica	V <sub>s,eq</sub> (m/sec)	Categoria di Sottosuolo
<b>MASW/Re.Mi.</b>	<b>236</b>	<b>"C"</b>

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame rientra quindi nella categoria **"C"** ovvero dei *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

## 8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni in affioramento, si è fatto riferimento a tutti i dati geotecnici scaturiti dall'analisi fisico-meccanica eseguita sui campioni indisturbati di terreno prelevati durante la campagna di indagini geognostiche. Durante i sondaggi, infatti, sono stati prelevati n°6 campioni sottoposti a prove ed analisi geotecniche di laboratorio presso la Laborgeo srl di Matera, così come riportato nella Tabella 03:

Sigla sondaggio	Sigla campione indisturbato	Profondità di prelievo (m dal p.c.)
S1	C.I. 1	3.60 - 3.90
	C.I. 2	8.10 - 8.50
S2	C.I. 1	6.60 - 7.00
	C.I. 2	16.20 - 16.60
S3	C.I. 1	7.40 - 7.70
	C.I. 2	11.40 - 11.90

Tabella 03 - Schema dei campioni indisturbati prelevati durante le indagini

Le analisi e prove geotecniche di laboratorio sono state finalizzate alla determinazione della classificazione granulometrica, delle proprietà indice, delle proprietà fisico-volumetriche e dei parametri di resistenza meccanica.

Essendo i terreni in affioramento, sia afferenti il **Materiale Eluvio-Colluviale**, sia alla **Litofacies Sabbioso-Limosa** che alla **Litofacies Argillosa-Limosa**, caratterizzati da una eterogeneità ed anisotropia sia verticale che orizzontale in senso litologico e fisico-meccanico, una volta analizzati tutti i parametri geotecnici a disposizione, tenendo conto che questi ultimi ricavati in laboratorio geotecnico si riferiscono a singoli campioni indisturbati e che i terreni di sedime presentano eterogeneità ed anisotropia granulometrica sia verticale che laterale, si è preferito attribuire valori numerici non alla scala di singolo campione indisturbato (dato puntuale), ma piuttosto alla scala di "affioramento" e, cioè, tenendo conto della litologia complessiva. In tal modo, si è pervenuti alla definizione di un modello geotecnico per il quale sono state distinte delle unità geotecniche in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità.

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei risultati di tutte le analisi e prove geotecniche effettuate su tutti i campioni prelevati durante la terebrazione dei tre sondaggi a carotaggio continuo:

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE																						
Lavori di ampliamento per la costruzione di aule speciali ed auditorium e manutenzione straordinaria finalizzati a garantire l'agibilità e il diritto allo studio del Liceo umanistico/musicale/coreutico "Pitagora" di Montalbano Jonico (MT)																						
Sond.	Camp.	Profondità m	W %	Y <sub>v</sub> KN/m <sup>3</sup>	Y <sub>d</sub> KN/m <sup>3</sup>	Y <sub>sat</sub> KN/m <sup>3</sup>	Y <sub>s</sub> KN/m <sup>3</sup>	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	E.L.L. cu KN/m <sup>2</sup>	TG-CD c KN/m <sup>2</sup> φ°	EDOMETRICA P (KPa) - Ed (kPa)	CNR-UNI 10006	
1	1	3.60 - 3.90	23,20	18,60	15,10	19,30	26,30	0.743	42,60	83,80	1,10	27,60	45,50	25,80	29,8	21,2	8,6	167,00	16.20 - 25,4°	25,00	A4	
																				50,00		4808,0
																				100,00		3636,0
																				200,00		4926,0
																				400,00		8016,0
																				800,00		12539,0
																				1600,00		22890,0
1	2	8.10 - 8.50	22,90	18,70	15,30	19,40	26,60	0.745	42,70	83,40	0,20	11,40	42,80	45,60	35,3	22,8	12,5	146,00	24.60 - 24,3°	25,00	A6	
																				50,00		
																				100,00		5988,0
																				200,00		6309,0
																				400,00		9029,0
																				800,00		14363,0
																				1600,00		23669,0
3200,00	43243,0																					
Legenda:																						
W= Umidità naturale - y <sub>v</sub> = Peso di volume naturale - y <sub>d</sub> = Peso di volume secco - y <sub>s</sub> = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - y <sub>sat</sub> =peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido																						
L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - I.P.= Indice plastico - c=Coesione - c <sub>u</sub> =Coesione non drenata - φ°= Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico - ES = Equivalente in sabbia																						

A seguire, si riportano i parametri geotecnici operativi, valori ritenuti caratteristici ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 2018 NTC e che si consigliano al progettista per le verifiche geotecniche ingegneristiche, per il cui dettaglio si rimanda agli appositi certificati geotecnici di laboratorio contenuti nell'**Allegato 05: Analisi e prove geotecniche di laboratorio**. In tal senso si è pervenuti alla definizione di un modello geotecnico per il quale sono state definite tre Unità Litotecniche afferenti i Materiali Eluvio-Colluviali, la Litofacies Sabbioso-Limosa (Argille Subappennine) e la Litofacies Argilloso-Limosa (Argille Subappennine) in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità:

#### a) **UNITA' LITOTECNICA 1: Materiali Eluvio-Colluviali**

Costituita da terreni, a prevalente componente limoso-sabbiosa di colore rossastro-brunastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, assolutamente inconsistenti, caotici, mediamente compressibili e mediamente plastici. Nei primi livelli il terreno si presenta humificato:

Y <sub>n</sub> k (t/m <sup>3</sup> )	Y <sub>sat</sub> k (t/m <sup>3</sup> )	φ' <sub>k</sub> (gradi)	C' <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	μ
1.80	1.95	22	0.00	0.30	40	47

#### b) **UNITA' LITOTECNICA 2: Litofacies Sabbioso-Limosa**

Costituita da sabbie limose o limi sabbiosi di colore giallo-ocra, a stratificazione incrociata e piano-parallela. Sono sabbie medie e fini. Si presentano da compatte ad addensate, poco compressibili e non plastiche:

Y <sub>n</sub> k (t/m <sup>3</sup> )	Y <sub>sat</sub> k (t/m <sup>3</sup> )	φ' <sub>k</sub> (gradi)	C' <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	μ
2.00	2.10	26	0.15	1.80	120	45



**c) UNITA' LITOTECNICA 3: Litofacies Argilloso-Limosa**

Costituita da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati di norma da una laminazione parallela. Si presentano da consistenti a molto consistenti e poco plastiche:

$\gamma_n$ k (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ k (t/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$Cu_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$Ed_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
<b>1.95</b>	<b>2.05</b>	<b>24</b>	<b>0.25</b>	<b>1.50</b>	<b>100</b>	<b>44</b>

**Legenda:**

$\gamma_n$  k (gr/cm<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume;  $\gamma_{sat}$  k (gr/cm<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume saturo;  $\phi'_k$  (gradi): Angolo di attrito interno;  $C'_k$  (t/m<sup>2</sup>): Coesione consolidata-drenata;  $Cu_k$  (t/m<sup>2</sup>): Coesione non consolidata-non drenata;  $Ed_k$  (kg/cm<sup>2</sup>): Modulo Edometrico;  $\mu$ : Coefficiente di Poisson.

## 9. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI

In questo capitolo vengono riportati i principali caratteri idrogeologici dei terreni presenti nell'area, con particolare attenzione al tipo ed al loro grado di permeabilità. Si tratta ovviamente di valori indicativi derivanti dai dati di letteratura pregressa e che descrivono il comportamento medio dei litotipi di che trattasi. Infatti, i terreni dell'area di interesse progettuale sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate, in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità ed al grado di addensamento.

Dal punto di vista idrogeologico, in base alla litologia e stratigrafia del sito si possono individuare due principali complessi idrogeologici differenti:

▪ **COMPLESSO IDROGEOLOGICO I:** (*coefficiente di permeabilità dell'ordine di  $K = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$* ) ne fanno parte i terreni afferenti la **Litofacies Sabbioso-Limosa** e la **Litofacies Limoso-Argillosa** del Complesso delle Argille Subappennine, i quali sono da ritenersi impermeabili, anche se dotate di alta porosità primaria, sono praticamente impermeabili a causa delle ridottissime dimensioni dei pori nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne deriva una circolazione nulla o trascurabile. Inoltre, trattandosi di argilla, anche se coesiva, è comunque soggetta a fessurarsi e a richiudere rapidamente le discontinuità con un comportamento di tipo plastico. Nell'insieme, il complesso litologico è da considerarsi scarsamente permeabile, in quanto anche la permeabilità dei sabbiosi è del tutto controllata dalla frazione argillosa.

Chiaramente anche la componente più sabbiosa-limosa è rappresentata da una granulometria molto fine che ne condiziona notoriamente la permeabilità.

▪ **COMPLESSO IDROGEOLOGICO II:** (*coefficiente di permeabilità dell'ordine di  $K = 10^{-3} - 10^{-4} \text{ m/s}$* ) ne fa parte il **Materiale Eluvio-Colluviale**. Tali terreni sono da ritenersi da mediamente permeabile a permeabile per porosità. In esso si è notata un'umidità diffusa alimentata dalla meteorologia del sito. Infatti, le sue naturali caratteristiche litologiche, il disfacimento fisico-meccanico dovuto agli agenti atmosferici, la caoticità e lo scarso grado di addensamento/consistenza, fanno sì che ci sia l'infiltrazione delle acque meteoriche e, quindi, un'alimentazione della circolazione idrica superficiale.

**Il grado di saturazione e quindi gli effetti prodotti dalle acque filtranti nei terreni di tale natura sono molteplici e riconducibili soprattutto al loro comportamento fondazionale in condizioni statiche e dinamiche. Infatti, nella loro componente limosa, l'imbibizione idrica produce, stati di consistenza plastici con conseguente decadimento dei parametri di resistenza al taglio. Tali effetti, tendono ad accentuarsi qualora il terreno sia sottoposto a**

sollecitazioni cicliche prodotte da onde elastiche (sisma). Inoltre, i cicli di imbibizione e di essiccamento conseguenti la variazione stagionale del contenuto naturale in acqua, produce una tipica fessurazione poligonale (mud-cracks), via preferenziale di infiltrazione delle acque di precipitazione meteorologica e non. Quest'acqua giunta alla profondità a cui le fessure si richiudono, dà luogo ad uno scorrimento ipodermico attraverso sia la rete di fratture superficiali sia attraverso eventuali interstrati, producendo così i fenomeni di "allentamento", "ammorbidimento" e "rigonfiamento" (weakening e softening), con perdita dei legami intermolecolari, a scapito della "coesione" e della "resistenza al taglio", e con creazione di un regime idraulico di filtrazione parallela al pendio. Questo fenomeno assume rilevante importanza nell'interazione geotecnica fondazione-terreno. *Pertanto, nelle verifiche numeriche si considererà, a favore di sicurezza, la falda (inteso in senso geotecnico) a piano campagna ed interessante i terreni definiti permeabili (Materiali Eluvio-Colluviali).*

Sul tubo piezometrico installato nel foro di sondaggio S1, dato il breve lasso di tempo intercorso tra la posa in opera del piezometro e la redazione della presente relazione, non è stato possibile effettuare alcuna lettura piezometrica in quanto non sarebbe stata, comunque, rappresentativa del contesto idrogeologico dell'area.

Nella Carta Idrogeologica (**Allegato 01: Cartografia Tematica**) vengono riportati i principali caratteri idrogeologici dei terreni presenti nell'area, con particolare attenzione al *tipo* ed al *grado di permeabilità*. I valori di permeabilità sono indicativi, descrivendo il comportamento medio dei litotipi e derivando dai dati di letteratura.

## 10. MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO DELL'AREA

Per valutare la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche del territorio di interesse, è stata eseguita la *Risposta Sismica Locale* mediante l'utilizzo di specifici codici di calcolo (Allegato 06: **Relazione di Microzonazione sismica**). In particolare, a partire dalle caratteristiche della sorgente e del sottosuolo sono state effettuate stime probabilistiche della pericolosità sismica, trattati gli spettri di risposta a pericolosità costante e definito il moto di riferimento. Il risultato del terzo livello è la **Carta di Microzonazione Sismica** a cui è associata la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione alle microzone omogenee in prospettiva sismica.

L'analisi di risposta sismica locale per il sito di progetto è stata elaborata per lo **stato limite ultimo SLV e SLC e di esercizio SLD e SLO**. L'intervento di progetto prevede l'ampliamento del Liceo Pitagora di Montalbano J. Trattandosi di opere con affollamento significativo, la *classe d'uso* è *III* (secondo la definizione del cap.2.4.2 del D.M. 17.01.2018), da cui deriva il *coefficiente d'uso*  $C_u = 1,5$ ; la *vita nominale*  $V_N$  (numero di anni nei quali le opere devono poter essere utilizzate per lo scopo al quale sono destinate) è  $\geq 50$  anni; il periodo di riferimento  $V_r$  in base al quale vengono valutate le azioni sismiche sulle opere è di 75 anni:

<b>Coordinate del sito (WGS84)</b>	<b>40.28757°; 16.57070°</b>
<b>Vita nominale</b>	<b><math>\geq 50</math> anni</b>
<b>Classe d'uso</b>	<b>III</b>
<b>Coefficiente d'uso</b>	<b>1,50</b>
<b>Periodo di riferimento</b>	<b><math>\geq 75</math> anni</b>

**Tabella 4** - Parametri di riferimento per la definizione dell'azione sismica

I dati di base per l'analisi numerica della RSL sono i seguenti:

- moto sismico di riferimento (accelerogramma) in corrispondenza della formazione rocciosa (bedrock sismico, alla base o affiorante) e parametri della pericolosità di base ( $PGA_{base}$ , Magnitudo, Distanza);
- modello geometrico del sottosuolo (stratigrafia, morfologia superficiale e sepolta, eventuali discontinuità);
- parametri geotecnici e geofisici dei terreni costituenti le varie unità omogenee (proprietà fisico-meccaniche da prove specifiche di laboratorio, profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo).

Per la definizione del "moto sismico di riferimento" relativo agli stati limite considerati (SLV, SLD, SLO) sono stati selezionati i parametri descrittivi dell'azione sismica di base (pericolosità di base) necessari per la definizione del terremoto di progetto (accelerogramma di input).

La pericolosità di base del Comune di Montalbano Jonico, espressa in termini di accelerazione di input ( $a_g$ ) e dei parametri indipendenti dello spettro risposta elastico orizzontale associato a ciascun tempo di ritorno, è stata definita mediante l'utilizzo del foglio di calcolo Spettri - NTC vers. 1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri descrittivi medi di input dell'azione sismica sono i seguenti

**Magnitudo = 6.39 ; Distanza = 61.6 ; Epsilon = 1.58**

Individuati tali parametri è necessario selezionare accelerogrammi "*spettro-compatibili e sismo-compatibili*" registrati, il cui uso è ammesso, come disposto dalla normativa (D.M. 17/01/2018), con le seguenti prescrizioni:

1. L'uso di accelerogrammi è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito;
2. Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame;
3. Gli accelerogrammi possono essere scalati linearmente in ampiezza limitando il fattore di scala nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola magnitudo;
4. Gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi, dai valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario;
5. In nessun caso si possono adottare meno di tre gruppi di accelerogrammi.

Gli accelerogrammi presi in considerazione sono stati scelti mediante il software *REXEL v 3.3 beta* elaborato nel 2009 da Iervolino I. *et al.*, che permette di consultare banche dati relative a registrazioni accelerometriche in Italia ed in Europa e di selezionare automaticamente gruppi di accelerogrammi spettro compatibili da utilizzare per studi di RSL.

Inserendo le condizioni di sito di classe "**A**" (le condizioni *free-field* sono imposte dalla normativa, cfr. par. 7.11.3.2. del D.M. 17/01/2018), l'accelerazione al suolo, la magnitudo e la distanza della sorgente sismogenetica per la "disaggregazione" dei dati, si ottengono 7 coppie di accelerogrammi per le due componenti orizzontali ortogonali le quali approssimano al meglio lo spettro di normativa. Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione numerica, mediante i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite (cfr. Relazione Geologica, Indagini geofisiche), sono



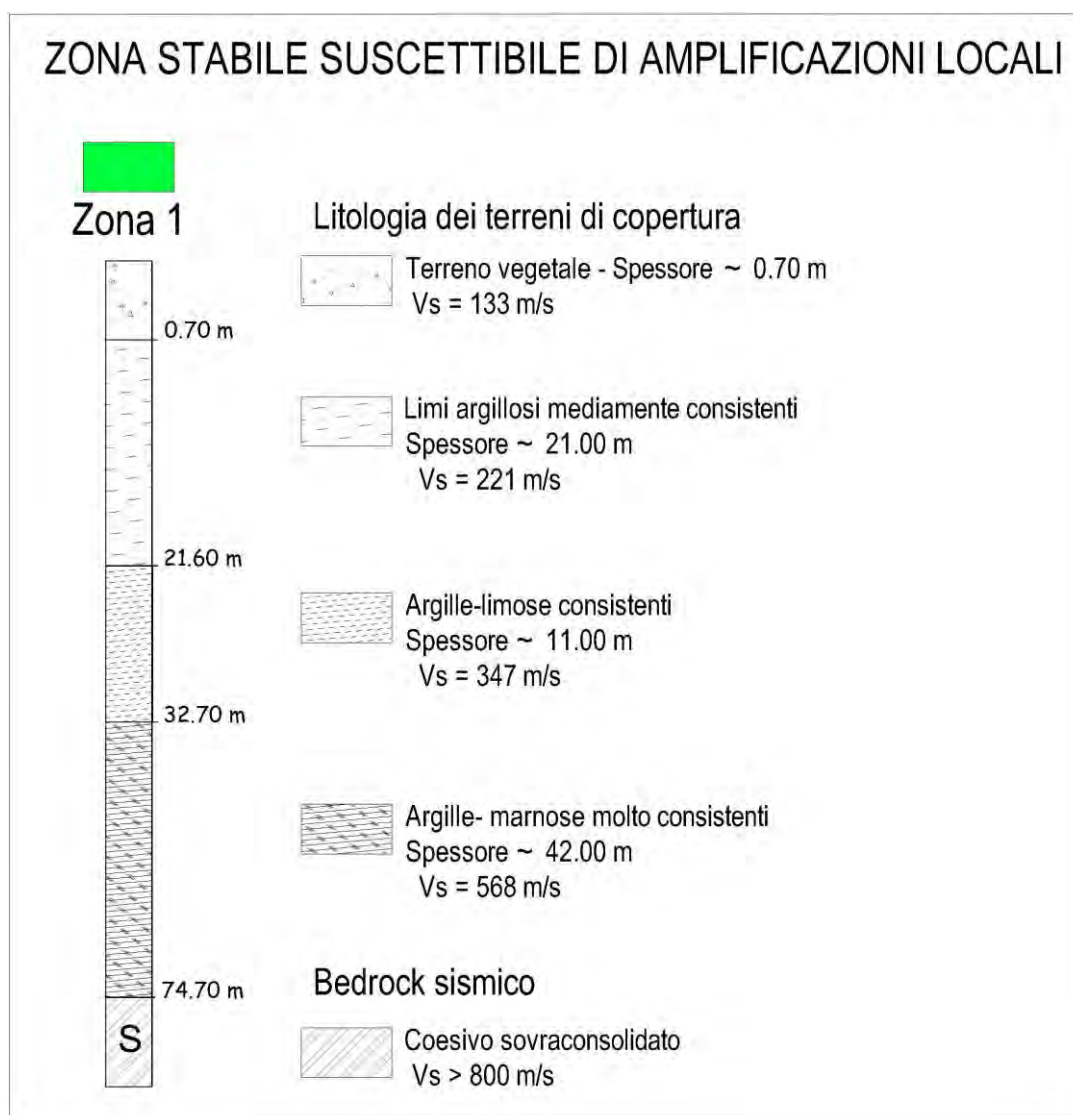
state determinate le caratteristiche litotecniche e sismiche del volume di terreno interessato dall'opera ed oggetto della possibile amplificazione, definendo il modello sismostratigrafico del sottosuolo così come schematizzato nella seguente tabella:

Sismostrato	Spessore (m)	Vs (gm/s)	Peso di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Litotipo
1	0.70	133	18.00	Terreno vegetale
2	20.90	221	18.50	Limi argillosi mediamente consistenti
3	11.10	347	19.00	Argille limose consistenti
4	42.00	568	19.50	Argille marnose molto consistenti
5	-	>800	20.00	Substrato: Coesivo sovraconsolidato

**Tabella 04** - Modello sismo-stratigrafico del lotto in studio

Dai risultati ottenuti dalle indagini puntuali e lineari all'uopo eseguiti, è stato possibile definire per il lotto in oggetto, la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) che rappresenta l'operazione propedeutica alla redazione della carta di Microzonazione sismica di III livello. In tal senso, nel lotto di interesse è stata definita una microzona omogenea (zona 1) definita come **zona stabile suscettibile di amplificazione locale**, nella quale sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico locale.

In dettaglio, la definizione della microzona è avvenuta sulla base dell'assetto litostratigrafico ricostruito a partire dalla stratigrafia dei sondaggi eseguiti (S1, S2 ed S3) dell'individuazione del bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) e della velocità media delle onde elastiche (di tipo P ed S) nei terreni di copertura sovrastanti il bedrock sismico, ottenuta dall'interpretazione delle prove sismiche eseguite (prospezioni sismiche a rifrazione in onde P, MASW e Re.Mi.).



**Fig.06:** Colonna sismo-stratigrafica della Microzona Sismica individuata

Definito il modello litostratigrafico, sismostratigrafico e assegnato ad ogni strato individuato le curve di degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento sotto l'azione di sollecitazioni cicliche, si può passare, utilizzando gli accelerogrammi precedentemente selezionati, all'analisi numerica monodimensionale eseguita secondo un modello equivalente lineare utilizzato dal software *RSLIII* della *Geostru*.

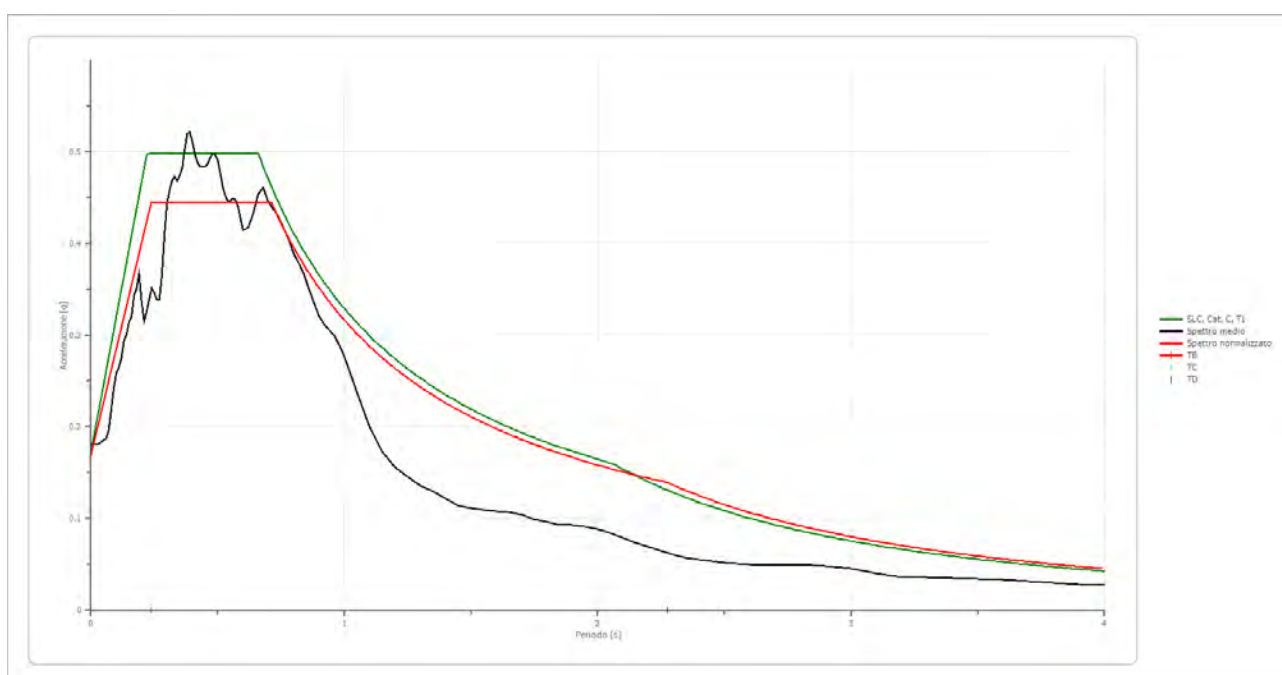
Lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è, in breve, quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità.

Le premesse per un'analisi monodimensionale di tipo Equivalente Lineare sono:

1. la stratigrafia del suolo sub-orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso, verticalmente, polarizzate orizzontalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi.

Gli spettri di output, in accordo con quanto contenuto nel D.M. 17.01.2018, sono riferiti al piano di imposta delle fondazioni del manufatto che si colloca ad una profondità di circa 1,50 m dal p.c., pertanto le analisi numeriche sono state condotte tenendo conto della reale stratigrafia fino a tale piano.

Pertanto l'analisi di RSL eseguita con tale metodologia ha restituito gli spettri in accelerazione delle componenti orizzontali per ogni accelerogramma preso in riferimento. Lo spettro medio di accelerazione al suolo (output) e lo spettro normalizzato, confrontato con lo spettro di normativa su categoria di sottosuolo **C** è riportato nella figura seguente:



**Fig. 07:** Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con gli spettri di normativa di cat. C (SLV)

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.169	2.627	0.713	0.238	0.713	2.276	0.169	0.444

Considerando i valori dei coefficienti sismici ottenuti nello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV). I valori di  $K_h$  e  $K_v$  vengono determinati con le seguenti formule

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \times K_h$$

Dove:

- **ag (g) = 0.383** accelerazione massima attesa al suolo (PGA)
- **$\beta_s$**  = è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (cfr. tab. 7.11.1 delle NTC 2018);
- **amax (m/s<sup>2</sup>) = 1.658 m/s<sup>2</sup>**

da cui si ottiene:

con  **$\beta_s=0.28$**       **Kh = 0.047 -- Kv = 0.024**

con  **$\beta_s=0.38$**       **Kh = 0.064 -- Kv = 0.032**

## 11. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

Il settore di versante su cui ricade il progetto in parola mostra di aver subito nel tempo una evoluzione geomorfologica, frutto dei processi erosivi, oggi non più agenti, nonché di antichi processi di modellamento delle acque di corrivazione superficiale, ma soprattutto di quelle incanalate. L'area di sedime ricade in un'area subpianeggiante, completamente urbanizzata, ad una quota di circa 240 m s.l.m., la sua configurazione morfologica è regolare, priva di fenomeni gravitativi in atto o in preparazione. Ad oggi, con gli interventi antropici di urbanizzazione, si è praticamente sconvolto il naturale andamento planimetrico del pendio che risulta terrazzato a più livelli per la costruzione di strade, piazzali e fabbricati.

Complessivamente l'intensa urbanizzazione operata sul versante ha contribuito a creare condizioni di stabilità più che soddisfacenti. Infatti, negli ultimi decenni quest'ultimo è stato oggetto di numerose costruzioni di fabbricati per civile abitazione realizzati con piani seminterrati e muri di contenimento, o altre opere di sostegno, finalizzati a contenere i fronti di scavo e, quindi, a stabilizzare anche i livelli più superficiali dei terreni di copertura. Inoltre, la costruzione di piazzali, di strade, di cunette, ecc. ha regimentato meglio le acque di corrivazione sul pendio, causa prima di fenomeni di erosione superficiale e di imbibizione dei litotipi in affioramento che implica ripercussioni negative sui loro parametri geotecnici.

**In un intorno significativo e nello stesso sito non sono state riconosciute forme gravitative legate a movimenti di versante in atto o in preparazione tali da compromettere la fattibilità dell'intervento da realizzare.** Tale valutazione è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata) da dove si evince che il sito d'interesse progettuale non viene classificato come esposto a pericolosità e rischio da frana, né interessata da fenomeni di alluvionamento, pertanto **l'intervento previsto in progetto non è soggetto a particolari prescrizioni salvo quelle di rito.**

**L'analisi stereoscopica delle foto aeree ed il rilevamento geomorfologico in sito hanno mostrato che il pendio in studio presenta nell'insieme un andamento morfologico regolare e che lo stesso, ed un intorno significativo, non ha segni di forme e/o fenomeni di movimenti gravitativi in atto o in preparazione tali da compromettere la fattibilità dell'intervento da realizzare. Inoltre, non sono stati rilevati quei fattori predisponenti al dissesto, infatti sul**



terreno non si osservano crepe, linee di trazione o altre forme collegabili a potenziale franosità.

In conclusione, lo scrivente, strettamente all'area in progetto, esprime parere positivo sulla stabilità del sito di sedime. Inoltre, in considerazione che le pendenze sono poco accentuate con inclinazione  $<5^\circ$  a cui corrisponde una *Categoria Topografica T1*; non sono stati rilevati segni di forme e/o fenomeni di movimenti gravitativi in atto o in preparazione; non esistono quei fattori predisponenti al dissesto, lo scrivente ritiene non necessario eseguire un'analisi numerica sulla stabilità del pendio.

Particolare attenzione bisogna porre nella realizzazione degli scavi di sbancamento che devono essere protetti da opere di sostegno da realizzarsi, a discrezione del progettista, prima (paratie) o dopo (muri) aver eseguito gli scavi a seconda del contesto planimetrico rispetto agli altri corpi di fabbrica, manufatti o opere in cui esse devono essere inserite.

## 12. CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

In questo capitolo si riportano delle considerazioni sulla tipologia delle fondazioni che si potrebbero adottare in funzione della situazione stratigrafica, dei caratteri idrogeologici, delle caratteristiche meccaniche dei terreni affioranti nell'area di studio, del suo contesto morfologico e delle tensioni trasmesse al suolo dall'opera in progetto. Infatti, dallo studio geologico effettuato, si è potuto constatare che i terreni afferenti i **Materiali Eluvio-Colluviali**, hanno evidenziato caratteri geotecnici tali che possono essere soggetti, una volta sottoposti a carichi, a *cedimenti differenziali* e *totali*, oltre a deficienze di "*portanza*", con conseguente e notevole aggravio delle caratteristiche di sollecitazione nelle strutture portanti. La variazione di volume avviene a spese della riduzione dei vuoti, comportando una progressiva espulsione dei fluidi in esso contenuti. Infatti, all'applicazione del carico del manufatto, il terreno saturo e la relativamente alta velocità di applicazione del carico esterno, si comporta in maniera *non drenata* con formazione di *pressioni interstiziali* in eccesso che vengono dissipate in maniera abbastanza lenta in funzione del basso grado di permeabilità; ciò non impedisce tuttavia che si abbiano dei raggiustamenti interparticellari a volume pressoché costante, i quali a loro volta determinano un *cedimento immediato*. Il processo di progressiva espulsione di acqua e conseguentemente riduzione dell'*indice dei vuoti* dà luogo alla *consolidazione primaria* e il cedimento che ne consegue prende il nome di *cedimento di consolidazione* o *cedimento primario*. Inoltre, pur una volta smaltita la *sovrappressione neutra* in eccesso si continua ad avere un cedimento molto protratto nel tempo, anche se in genere minore di quello sviluppato nel processo di consolidazione primaria, a causa sia di una deformazione per scorrimenti viscosi fra le particelle, sia per migrazione di acqua pellicolare dai micro ai macropori. Tutto ciò dà luogo al *cedimento secondario*.

Pertanto, per ovviare sia ai problemi dei *cedimenti differenziali* che a quelli di *portanza*, l'esistenza di un "substrato" consistente (da un punto di vista geotecnico) a pochi metri di profondità, al fine di evitare l'impiego di *fondazioni profonde*, si ritiene opportuno procedere alla bonifica dei terreni di sedime con l'asportazione di tutto il Materiale Eluvio-Colluviale, sostituendolo con calcestruzzo ciclopico o con misto stabilizzato da porre in opera a perfetta regola d'arte ed adottando delle *fondazioni superficiali* idoneamente irrigidite del tipo *travi rovesce*.

### 13. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è finalizzato, quindi, a definire la fattibilità del progetto dei **"Lavori di ampliamento per la costruzione di aule speciali ed auditorium e manutenzione straordinaria finalizzati a garantire l'agibilità e il diritto allo studio del liceo umanistico/musicale/coreutico "Pitagora" di Montalbano Jonico (MT)"**. L'esame di tutte le componenti analizzate (geologiche, idrogeologiche, idrografiche, morfologiche) induce a ritenere che le condizioni geologiche *latu sensu* siano congeniali all'inserimento delle opere di che trattasi. È emerso che:

- il terreno di sedime, per i primi 3/4.00 m, è rappresentato da **Materiale Eluvio-Colluviale** poggiante sul **Substrato afferente le Argille Subappennine (Litofacies Sabbioso-Limosa)**. Il primo è composto da sabbie medio-fini di colore giallastro, da ciottoli poligenici ed eterometrici arrotondati immersi in una matrice essenzialmente sabbiosa e da sabbie e limi sabbiosi di colore variabile dal grigio giallastro al rossastro. Si tratta di terreni rimaneggiati, poco consistenti, caotici e, quindi, con caratteri di eterogeneità ed anisotropia, sia da un punto di vista litologico che fisico-meccanico. Inoltre, l'elevato tenore sabbioso e lo scarso preconsolidamento, fanno ascrivere a tali materiali caratteri di pessimi terreni di fondazione e, di conseguenza, assolutamente se ne sconsiglia l'utilizzo per qualsiasi tipo di edificazione se non con l'impiego di idonee strutture fondali o con opportuni accorgimenti geotecnici; il tutto è ulteriormente compromesso da una circolazione idrica in ambiti superficiali in quanto producendo fenomeni di "allentamento", ammorbidimento e rigonfiamento (weakening e softening), con perdita dei legami intermolecolari, a scapito della "coesione" e dell'"angolo di attrito";
- l'area di sedime, insiste su un settore di versante, stabile per posizione morfologica che per condizioni litologiche con pendio caratterizzato da pendenze sub-pianeggiante inferiori ai 5°, senza forme di movimenti gravitativi in atto né in preparazione. Inoltre, non si riscontrano nell'intero settore forme morfoevolutive che facciano pensare ad evoluzioni geomorfologiche che in qualche misura possano inficiare la stabilità e/o la fattibilità dell'opera in esame. Nell'ambito dell'indagine geologica è stato valutato il quadro idrogeologico dell'area in esame, basandosi sulla cartografia redatta dall'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Basilicata), da cui si evince che il sito non ricade in nessun areale esposto a pericolosità e rischio da frana, né interessate da fenomeni di alluvionamento. Inoltre, in considerazione che le pendenze sono poco accentuate con

inclinazione  $<5^\circ$  a cui corrisponde una *Categoria Topografica T1*; non sono stati rilevati segni di forme e/o fenomeni di movimenti gravitativi in atto o in preparazione; non esistono quei fattori predisponenti al dissesto, *lo scrivente ritiene non necessario eseguire un'analisi numerica sulla stabilità del pendio.*

- sulla base dell'indagine geofisica eseguita, è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, la seguente tipologia di suolo "C", ovvero *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

**Alla luce delle scadenti caratteristiche litotecniche dei terreni di sedime più superficiali (Materiale Eluvio-Colluviale) confermate dalla campagna di indagini dirette ed indirette, oltre alla analisi e prove geotecniche di laboratorio, per ovviare sia ai problemi dei *cedimenti differenziali* che a quelli di *portanza*, in considerazione dell'esistenza di un "substrato" consistente (da un punto di vista geotecnico) a pochi metri di profondità, al fine di evitare l'impiego di *fondazioni profonde*, si ritiene opportuno procedere alla bonifica dei terreni di sedime con l'asportazione di tutto il Materiale Eluvio-Colluviale, sostituendolo con calcestruzzo ciclopico o con misto stabilizzato da porre in opera a perfetta regola d'arte, ed adottando delle *fondazioni superficiali* idoneamente irrigidite del tipo *travi rovesce*.**

**Il Geologo**

Dr. Antonio De Carlo

**I Collaboratori**

Dr. Bartolo Romaniello  
Dott.ssa Annagrazia Mancini