

REGIONE MOLISE
COMUNE DI BOJANO

PROVINCIA DI CAMPOBASSO

PROGETTO

**LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL POLO SCOLASTICO A
SERVIZIO DEI COMUNI DI
BOJANO, SAN MASSIMO, SPINETE, SAN POLO MATESE,
CAMPOCHIARO E COLLE D'ANCHISE**

COMMITTENTE: *AMMINISTRAZIONE COMUNALE*

RELAZIONE GEOLOGICA

AGNONE, LUGLIO 2013

GEOLOGO SPECIALISTA
DOTT. LINDA ROSA MARCOVECCHIO



Linda Rosa Marcovecchio

STUDIO DI GEOLOGIA GEOL. SPEC. DOTT. LINDA ROSA MARCOVECCHIO
Vico Giovanni da Procida, 6 86081 AGNONE (IS) tel. e fax 0865.779077 e-mail: lindamarcovecchio@tiscali.it
C.F.: MRC LDR 62L41 Z700N P.IVA: 003 6017 094 8

Sommario

PREMESSA

INQUADRAMENTO GEOSTRUTTURALE	1
<i>Lineamenti litostratigrafici</i>	5
<i>Carta geolitologica in scala 1:40000</i>	8
GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	9
<i>Documentazione geomorfologica e fotografica</i>	14
MODELLO GEOLITOLOGICO DEL SOTTOSUOLO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	15
<i>Profili litostratigrafici</i>	20
<i>Sezione litosismica interpretativa in scala 1:500</i>	21
<i>Vita nominale</i>	22
<i>Classi d'uso</i>	22
<i>Vita di riferimento</i>	22
<i>Azione sismica</i>	23
<i>Amplificazione topografica</i>	25
<i>Amplificazione stratigrafica</i>	25
<i>Valori di pericolosità sismica</i>	26
<i>Accelerazione massima in superficie</i>	26
<i>Verifica alla liquefazione dinamica</i>	27
CONCLUSIONI	30

Allegati

Profilo stratigrafico S7
Profilo stratigrafico S8
Profilo stratigrafico S9
Profilo stratigrafico S1
Profilo stratigrafico S2
Dromocrone DH S7
Dromocrone DH S8
Dromocrone DH S9

PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Bojano (CB) (Determina Dirigenziale n. 75 del 28/06/2013, n. 304 Registro Generale) ho redatto la presente relazione geologica di corredo al **progetto esecutivo dei lavori di realizzazione del Polo Scolastico a servizio dei Comuni di Bojano, San Massimo, Spinete, San Polo Matese, Campochiaro e Colle D'Anchise.**

L'edificio sarà costruito nel centro urbano di Bojano (CB), in coincidenza dell'area impegnata attualmente dal fabbricato dell'"ex scuola media Pallotta" (dichiarata inagibile a seguito delle verifiche post sisma) che sarà previamente demolita, unitamente alla vecchia palestra, per rendere disponibile l'areale di impegno per la nuova edificazione. La struttura sarà realizzata interamente fuori terra, per complessivi due livelli, oltre alla copertura; presenterà in pianta una sagoma ad *elle*, insistente nell'interno di un'area quadrangolare di massima dimensionata all'incirca m 50,00 * m 42,00. La tipologia strutturale sarà prefabbricata in legno, impostata su una fondazione superficiale del tipo trave rovescia.

Lo studio geologico svolto è stato eseguito secondo le disposizioni previste dalla normativa vigente, finalizzando le varie acquisizioni alla definizione degli aspetti essenziali del quadro geologico locale, considerato in chiave geostatica e geodinamica, individuando altresì i parametri di supporto alla verifiche dimensionali di competenza ingegneristica.

Le fasi dello studio svolto si sono articolate più precisamente nel rilievo di superficie, rivolto al sito di progetto e alle fasce limitrofe, considerando le informazioni tratte dalla consultazione della bibliografia specialistica disponibile che congiuntamente mi hanno consentito di precisare la natura litologica dei terreni localmente affioranti descrivendoli nel quadro dei lineamenti geologici a scala regionale anche sotto l'aspetto dei rapporti stratigrafico-strutturali. L'esame geomorfologico è stato impostato in modo da cogliere l'unitarietà morfoevolutiva del sito nel tempo focalizzando in particolare le implicazioni dello stesso nelle dinamiche passate del modellamento in relazione alla possibilità di definire adeguatamente le condizioni di sicurezza caratterizzanti l'area di progetto.

Per pervenire alla delineazione del modello litotecnico del sottosuolo che sarà impegnato direttamente con la realizzazione delle opere, sono state esaminate criticamente le risultanze delle indagini geognostiche riportate nello *studio di microzonazione sismica del Comune di Bojano (CB)*, (geol. Michele Testa); le

informazioni specifiche evinte, integrate ai vari aspetti della geologica locale, consentono di inquadrare l'andamento litostratigrafico ed idrogeologico locale e di discutere parallelamente le peculiarità geotecniche del substrato. In definitiva l'intento è quello di schematizzare uno scenario di riferimento esaustivo per il tecnico progettista, fornendo dati e parametri geomeccanici, espressivi della capacità di risposta deformativa del terreno. Il modello di riferimento è quello a cui commisurare la procedura della verifica dimensionale delle strutture, al fine di consentire una interazione equilibrata tra le opere ed il terreno, nelle condizioni geostatiche esistenti e in quelle geodinamiche prevedibili.

Il tutto ottempera la normativa vigente ai sensi della quale è richiesta la consulenza del geologo in relazione ai seguenti riferimenti:

D. M. 14 gennaio 2008: Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni;

C.S.L.P.: Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare 2 febbraio 2009;

C.S.L.P.: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/07;

O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e ss.mm.ii.;

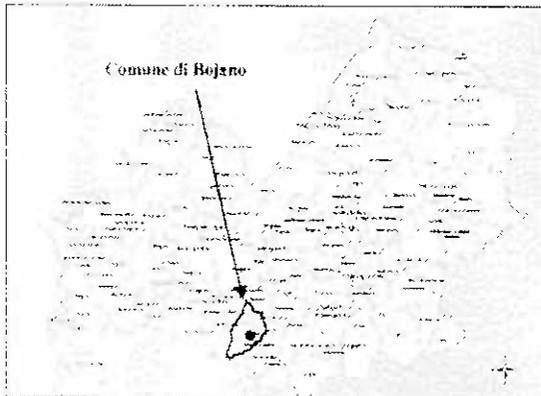
Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);

Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole generali. UNI;

Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio. UNI;

Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove in situ. UNI.

INQUADRAMENTO GEOSTRUTTURALE

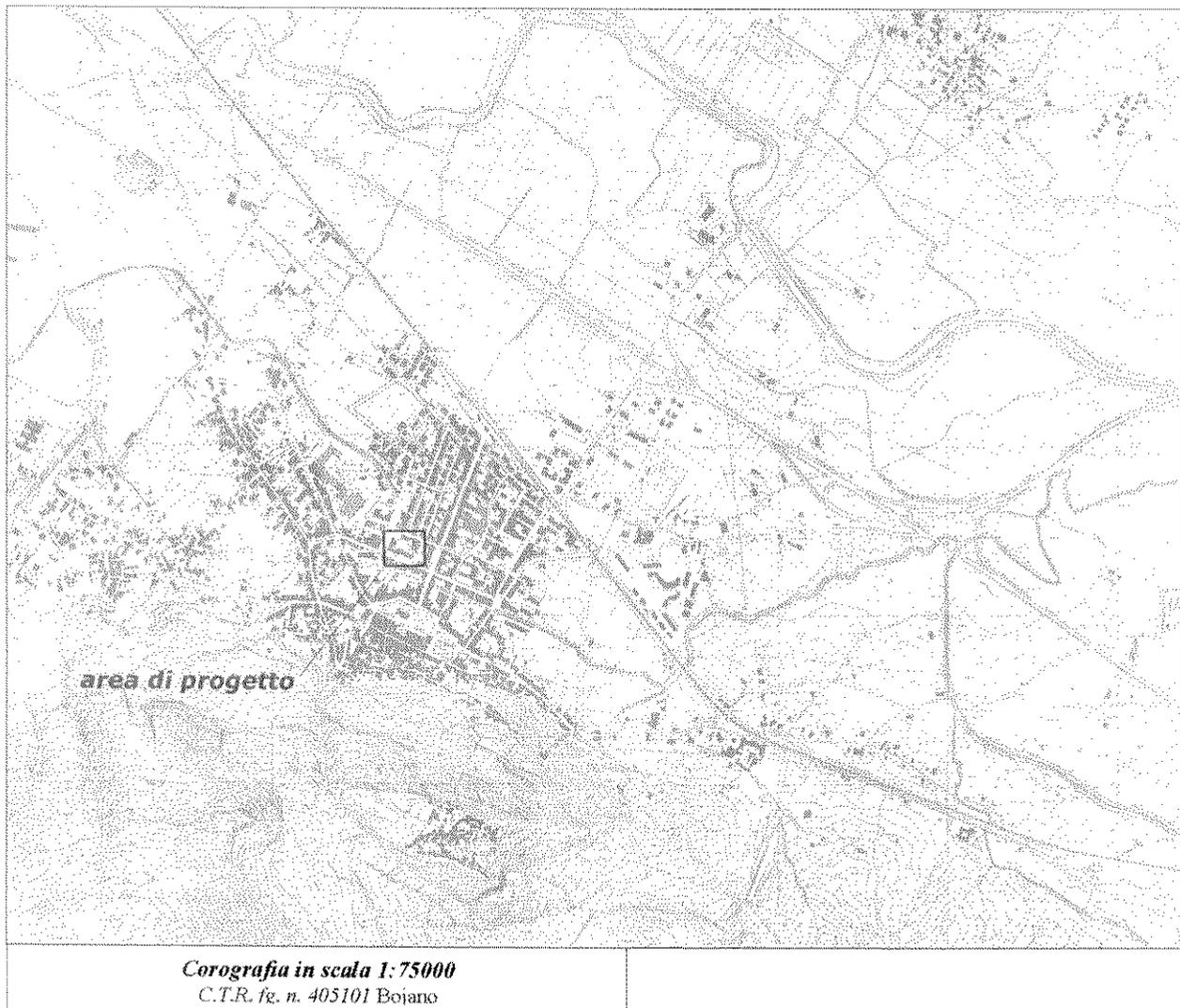


Il territorio comunale di Bojano occupa l'estremo settore centro-meridionale del comprensorio molisano, prossimo al confine con la regione Campania, estendendosi tra il bordo nord-orientale del Massiccio del Matese, l'unità di piana alluvionale ad esso antistante e risalendo in parte le pendici collinari che si oppongono ai rilievi del Matese. Il centro urbano occupa una posizione pedemontana e si



Corografia in scala 1:75000
Tratta dalla carta d'Italia I.G.M. in scala 1:50000 Campobasso

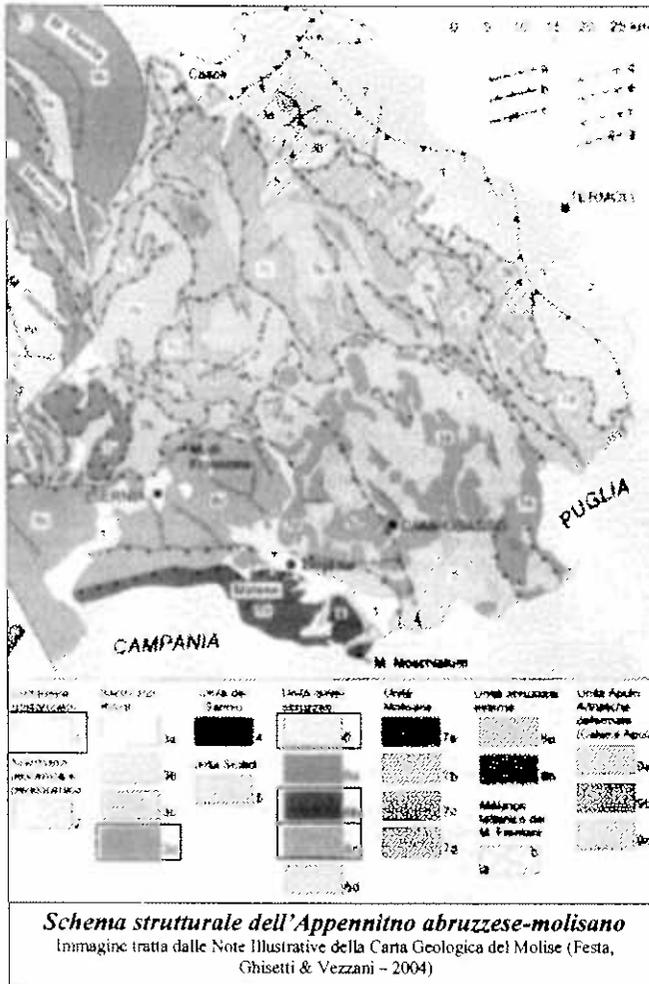
estende lungo la fascia che funge da transizione tra le contrapposte morfosttrutture di monte e di valle.



L'area di interesse progettuale è situata nell'interno del centro abitato localizzato nell'unità fisiografica di piana.

Il territorio in esame rappresenta un segmento della catena dell'Appennino centro-meridionale intercettando anche una parte del settore di bordo esterno all'edificio montuoso, contraddistinto da un assetto stratigrafico e strutturale articolato, in relazione alle varie unità tettoniche distinte e alla complessità geometrica dei vicendevoli rapporti che sono riconducibili alla giustapposizione di diverse falde riconosciute nel bacino molisano Auctorum, sovrascorse tettonicamente con vergenza adriatica e la cui messa in posto è stata determinata da numerosi eventi tettonici svoltisi tra il Cretaceo medio ed il Pliocene, che hanno prodotto la deformazione, la

traslazione e lo smembramento di originari domini paleogeografici; nel corso del Quaternario hanno agito una



dinamica di tipo verticale, oltre che estensionale e distensionale, tali da comportare la surrezione dei corpi geologici alle diverse quote e la disposizione spaziale attualmente riconosciuta.

A grande scala il territorio di Bojano si articola nella presenza in affioramento di terreni riferibili a diverse unità stratigrafico-strutturali che la letteratura recente (Patacca e Scandone, 1992; Scrocca e Tozzi, 1999; Di Luzio et al., 1999; Nato et al.; 1999; Festa, Ghisetti & Vezzani, 2006) distingue essenzialmente nelle:

- *unità laziali abruzzesi*, configurate nelle morfostrutture dei *M.ti del Matese* e dei *M.ti di Frosolone*;

- *unità molisane*, riferite localmente ai termini terrigeni bordali rispetto all'unità di

Frosolone;

- *unità di piana continentale*, individuata dai depositi continentali costitutivi del bacino di Bojano.

Le singole unità sono descrivibili sulla base dei riscontri morfostrutturali di seguito sintetizzati:

- la **Montagna del Matese**, che sovrasta sul territorio con le cime di M. Miletto (2050 m s.l.m.), ad W, La Gallinola (1923 m s.l.m.), a SW, M. Acerone (1525 m s.l.m.) e M.te Crocella (1025 m s.l.m.) digradando verso valle rispetto a Bojano; le sequenze litologiche vanno da un ambiente di piattaforma carbonatica, quella esterna della Scuola Napoletana, con le facies calcaree e calcareo dolomitiche meridionali del Mesozoico, ad un ambiente di scarpata, con le facies calcareo detritiche selciose e marnose dell'area di Roccamandolfi, di età Cret. medio-Miocene Medio, assimilabili a quelle della Montagnola di Frosolone che rappresentano la transizione tra la piattaforma carbonatica e l'antistante Bacino Molisano; il paesaggio presenta forme tipicamente montane, con quote più accentuate nel settore

occidentale rispetto a Bojano. La Piattaforma del Matese viene investita dall'orogenesi nel corso del Miocene sup.;

- la **fascia terrigena** che borda i rilievi del Matese localmente tra San Massimo e Cantalupo nel Sannio, costituita da sedimenti terrigeni estesamente affioranti nell'entroterra molisano; essa esprime la condizione di "avanfossa" del Bacino Molisano che, a partire dal Messiniano, si inflette e riceve gli abbondanti detriti erosi provenienti dall'erosione dalle falde già coinvolte nel trasporto orogenetico. Il Bacino Molisano viene interessato da numerose spinte nel corso del Pliocene. Paesaggisticamente detta unità è contraddistinta da forme di media e bassa collina;

- la **Piana di Boiano**, correlabile a quella di Isernia e di Venafro, rappresenta il settore tettonicamente ribassato ed individuato in concomitanza della surrezione del Matese e della struttura di Frosolone. I processi continentali del Quaternario hanno determinato nella depressione la deposizione di ingenti volumi di materiali sciolti, provenienti dall'erosione dei vicini rilievi ed il loro assetto pianeggiante esprime le antiche condizioni lacustri ed in seguito alluvionali.

Il precedente inquadramento permetto di collocare l'area nell'interno delle morfostrutture carbonatiche connesse all'anticlinale del Massiccio del Matese; in questo settore della catena appenninica è possibile riconoscere una serie di lineazioni tettoniche, a prevalente direzione E-W, che individuano sovrascorrimenti principali che hanno determinato l'accavallamento della successione di piattaforma carbonatica del Matese (21-19) sui termini di transizione piattaforma-bacino (28-27-24) nonché l'accavallamento di questi ultimi (28-27-24) su termini appartenenti alla medesima unità di transizione (28-27-24-23).

Tali accavallamenti configurano sistemi dorsalici di rilievi che, da sud verso nord, possono essere riconosciuti nei tre seguenti allineamenti di cime disposte tra M.te Acerone (1521 m s.l.m) e Serra Soda (1356 m s.l.m.), tra M.te Scino (1352 m s.l.m.) e M.te Crivari (1196 m s.l.m.), M.te Celara (1213 m s.l.m.) e Colle di Mezzo (1418 m s.l.m.).

Detti allineamenti risultano intervallati da fasce topograficamente depresse che nel corso del Quaternario sono state sede della deposizione di materiali detritico di origine continentale (1t), generati dai processi di alterazione esogena.

Le unità strutturali principali risultano frammentate in blocchi dislocati secondo sistemi secondari di faglia, ad andamento NNW-SSE, N-S e NNE-SSW. Le unità carbonatiche si riconoscono a scala regionale

sovrapposte sui termini terrigeni silico-clastici post-orogeni (23-22), espressione della chiusura della successione ascrivibile all'*unità di Frosolone*.

Lineamenti litostratigrafici

Con riferimento al precedente inquadramento geostrutturale si delineano nel presente sottocapitolo le descrizioni relative alla natura litologica dei terreni affioranti nell'area in studio e nelle sue immediate vicinanze rimandando allo stralcio di carta geolitologica di seguito riportata con relativa legenda in cui si schematizzano le varie unità sulla base della facies distintiva che caratterizza ciascun termine formazionale e la relativa unità di appartenenza, considerate dal basso verso l'alto.

Unità del Matese – facies carbonatica della piattaforma laziale-abruzzese (Miocene medio - Trias)

Questa unità comprende la successione meso-cenozoica in facies di piattaforma carbonatica del dominio laziale-abruzzese affiorante nella Montagna della Maiella. La porzione inferiore della successione (21), affiorante nell'area di Monte Miletto, è costituita da dolomie e calcari localmente detritici passanti verso l'alto a calcari micritici con intercalazioni di calcari oolitici bianchi in strati da 20 a 40 cm. L'emersione cenomaniana, riconoscibile con la presenza di concentrazione di bauxiti in lenti associate a breccie rosso-verdastro, localmente non è affiorante. I termini della successione affioranti nell'area in studio, propriamente lungo l'allineamento dorsale tra M.te Acerone e Serra Soda, riguardano l'intervallo sommitale della successione costituito da calcari micritici, calcareniti e calciruditi a Rudiste (19). Essi appaiono caratterizzati da un elevato grado di fratturazione i cui orientamenti sono riconducibili a famiglie di discontinuità correlabili con le direttrici tettoniche principali e secondarie del territorio. Le fratture appaiono da strette e serrate ad aperte, frequentemente riempite da materiale terrigeno laddove è riconoscibile la presenza di un riempimento argilloso-siltoso rossastro, quale prodotto residuale dei processi di dissoluzione oltre che risultante dai processi di alterazione fisico-chimica superficiale in genere. Le fratture sono generalmente persistenti.

Unità di Frosolone – facies carbonatica (Miocene medio – Cretaceo sup.)

Detta unità identifica il settore bacinale molisano più interno mostrante forti caratteristiche di prossimalità rispetto alla limitrofa piattaforma carbonatica del Matese. I vari termini litologici identificano alternanze ad elevata costituzione carbonatica; con riferimento al territorio in considerazione, essi manifestano un carattere clastico e bioclastico (28), *Formazione di Monte Calvello*, da grossolano a medio-fine, intercalato da porzioni marnose ed argillose che tendono via via ad aumentare verso l'alto stratigrafico (24), *Formazione di Longano*.

L'assetto dei litotipi è tipicamente stratificato, con potenza dei livelli variabili da qualche cm fino al dm assumendo a luoghi assetto di bancate metriche. In generale i litotipi carbonatici e livelli pelitici intercalati, evidenziano un grado di fratturazione da medio ad elevato con incremento delle fratture a livello corticale, per effetto delle azioni alterative degli atmosferici esterni. I termini rappresentativi dell'*unità di Frosolone* contraddistinguono gran parte delle strutture dei rilievi e delle alture localizzate lungo l'asse M.te Scino- M.te Crivari e M.te Celara-Colle di Mezzo.

Unità di Frosolone – facies terrigena (Miocene sup.)

La facies terrigena dell'*Unità di Frosolone* riguarda i termini post-orogeni che chiudono la successione di transizione piattaforma-bacino e che identificano i termini terrigeni, silico-clastici, della *Formazione di Frosolone* (23) e del *Flysch di Sant'Elena* (22). La *Formazione di Frosolone* è il termine rappresentativo in affioramento nell'area che sarà interessata dalla realizzazione delle opere di presa, di derivazione e di restituzione, risultando costituito da stratificazioni di facies argillose, argilloso-siltose e marnose, marnoso argillose, da scagliettate a finemente fogliettate, di colore grigio dominante, con intercalazioni di livelli di calcareniti e di arenarie torbiditiche, grossolane, da tenere a cementate; frequenti risultano anche livelli marnosi biancastri. Lo spessore dei livelli pelitici e lapidei varia da pochi cm fino mediamente a più decimetri superando localmente il metro. Localmente prevale la facies pelitica-arenacea riconoscendo i livelli arenacei ed arenaceo-marnosi subordinati per spessore e frequenza.

Flysch di Pietraraja – facies terrigena (Miocene sup.)

Il *Flysch di Pietraraja* (17) costituisce la facies terrigena dell'*Unità dei M.ti del Matese* poiché riguarda i termini post-orogeni che chiudono l'omonima successione carbonatica di piattaforma determinanti la presenza di

termini terrigeni, silico-clastici. Il Flysch di Pietraraja affiora lungo il bordo orientale del Massiccio del Matese, a sud di Bojano e nell'area compresa tra Guardiaregia e M.te Mutria (1823 m s.l.m.), costituito da stratificazioni di facies argillose, argilloso-siltose passanti verso l'alto ad arenarie.

Unità continentali – facies detritiche (Olocene)

Le unità continentali comprendono i vari tipi di depositi sciolti connessi ai processi deposizionali del quaternario; nel territorio di Bojano si riconoscono in maniera significativa *terreni alluvionali terrazzati* (1t) che affiorano estesamente nell'area della piana e che fungono in gran parte da substrato fondazionale per l'edificato; il materiale appare sciolto, o scarsamente cementato, di natura ghiaiosa e sabbiosa con intercalazioni sabbiose e sabbioso-argillose. Nella fascia propriamente pedemontana sono presenti terreni in *facies di detriti di falda* recenti ed attuali, che mascherano la transizione dai termini lapidei carbonatici a quelli basali alluvionali. I *detriti di falda* manifestano una facies detritica sciolta, risultando costituiti da clasti generalmente spigolosi e a granulometria variabile, da ben classati a fortemente etero metrici, sciolti o scarsamente sciolti, immersi e sparsi in abbondante matrice sottile limoso-sabbiosa ed argillosa. La stratificazione è scarsa oppure assente.

Carta geologica in scala 1:400000 stratificata dalla CARTA GEOLOGICA DEL MOLISE di Festa, Chisetti e Vezzani (2004)

LEGENDA

Elementi litostratigrafici

UNITA' DEL FLUVIO-LACUSTRE, DELL'ALLUVIONALE, DELLE FALDE DI DEIRITO
 Facies continentali: depositi sciolti ghiaioso-sabbiosi, da spigolosi a subarrotondati, sparsi in matrice limoso-argillosa (Olocene-Pleistocene sup.)

UNITA' M. del Matese (TRANSIZIONE PIATTAFORMA-BACINO)
 Facies terrigena: argille e argilliti siltose, intercalate da arenarie a cementate, da fini a grossolane, in strati variabili da pochi cm fin oltre il metro (Miocene sup.)

UNITA' DI FROSOLONE (TRANSIZIONE PIATTAFORMA-BACINO)
 Facies terrigena: argille, argille siltose e marmose, foggienale, intercalate da marme argillose, marme ed arenarie da tenere a cementate, da fina a grossolane, in strati variabili da pochi cm fin'oltre il metro (Miocene sup.)

UNITA' DEI MONTI DEL MATESE (PIATTAFORMA CARBONATICA)
 Facies carbonatiche: calcari calcifici grigi, calciluiti, calcareniti e calcareniti grigie, biocalcarentiti e biocalcareniti avana e biancastre, calcari dolomitici e dolomie (Giurassico - Cretaceo inf.)

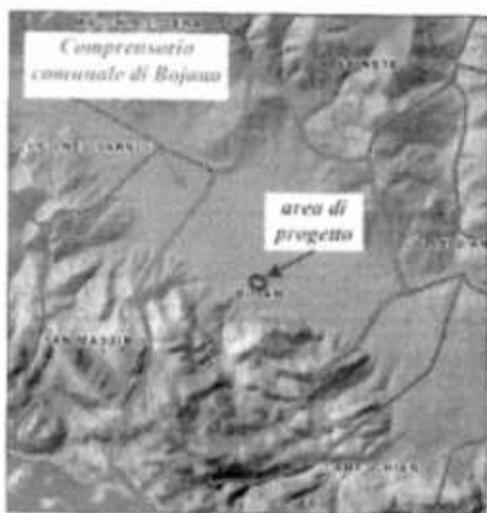


Elementi strutturali e geomorfologici

- Linea di confine
- Cassina o galleria per acqua: a vertical line with a central dot and a horizontal bar at the top.
- Solco o canale: a horizontal line with a central dot and a horizontal bar at the top.
- Faglia normale: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.
- Faglia inversa: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the right side.
- Faglia trascorrente: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.
- Faglia a scivolo: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.
- Faglia a scivolo: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.
- Faglia a scivolo: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.
- Faglia a scivolo: a line with a central dot and a horizontal bar at the top, with a small triangle on the left side.

GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

I lineamenti geomorfologici del territorio esprimono primariamente la storia tettonica evolutiva dell'area che ha determinato una condizione di surrezione dei corpi geologici divenuti aree ad alta energia di rilievo influenzando altresì l'impostazione dell'idrografia superficiale; secondariamente, ma non meno importanti, risultano le differenziate risposte offerte dai litotipi affioranti alle azioni erosive esterne nonché i processi morfodinamici attivi nel tempo in relazione alla loro costituzione e alle specifiche condizioni giacitureali.



Il paesaggio di Bojano appare articolato in relazione alla presenza di morfotipi dalle caratteristiche nettamente contrapposte. Il settore sud-orientale del territorio mostra il carattere montano dominante in grande, con forme marcate ed accentuate, talora rupestri, pendenza mediamente sul 50%, favorito nella sua evoluzione dal comportamento morfoconservativo dei competenti litotipi calcarei e calcareo marnosi oltre che da specifiche condizioni tettoniche. Questo settore si contrappone alla depressione tettonica della Piana di Boiano, instaurata lungo la fascia bordale antistante i contrafforti carbonatici del Massiccio del Matese, allungata in direzione NW-SE per circa 20 km, larga sui 4 km fino a confinare con le alture collinari dell'area molisana propriamente sannitica. Nel corso del Quaternario la stessa area è stata ricolmata avendo ricevuto ingenti quantitativi di materiali sciolti depositi ad opera di processi di trasporto fluvio-lacustre ed alluvionale in s.s. che attualmente sono parzialmente incisi dal Fiume Biferno e dai suoi tributari. Il segmento del Massiccio del Matese affiorante nel territorio di Bojano comprende i rilievi principali di M.te Miletto (2050 m s.l.m.) e la cima La Gallinola (1923 m s.l.m.); il versante montuosa digrada verso NE, con un profilo sostanzialmente regolare seppur articolato con rilievi che costituiscono elementi culminanti nell'ambito di blocchi strutturali delimitati da sistemi faglivivi principali che individuano le direzioni rispettivamente antiappenninica ed appenninica, quali le cime di M.te Acerone (1594 m s.l.m.), di Colle Falcone (1273 m s.l.m.), di M.te Crocella (1025 m s.l.m.). Quest'ultimo costituisce l'elemento montuoso terminale, delimitato da un versante ad andamento WNW-EES ed acclività di 40° che, con un dislivello di circa 500 m, si raccorda alla base con l'unità fisiografica della piana alluvionale. L'estremità orientale di detto versante delimita

a sua volta la fascia crinalica su cui risulta addossata la frazione Civita superiore (750 m s.l.m.), costituendo quest'area un "gradino morfologico" che contraddistingue la struttura di M.te Crocella nel suo settore orientale.

L'abitato di Bojano, distinto da un'altitudine media di 480 m s.l.m., si estende ai piedi del pendio roccioso occupando il settore sud-occidentale della piana alluvionale impostata nella depressione strutturale che borda il margine esterno della catena appenninica, nascondendo in superficie il fronte sepolto della struttura. Il raccordo tra la piana e i pendii montuosi avviene a mezzo di una fascia di transizione detritica, rappresentata dai detriti di falda che si interdigitano con i depositi alluvionali in s.s..

I processi morfodinamici che caratterizzano le aree impostate sugli affioramenti lapidei sono riconducibili a fenomeni di distacco e caduta massi degli elementi isolati e disarticolati rispetto all'ammasso roccioso integro. In corrispondenza delle coperture di falda detritica è possibile che si instaurino condizioni innescanti fenomeni di scivolamento dei materiali più superficiali. L'estensione e la frequenza dei fenomeni risulta limitata e presente soprattutto nelle fasce impluviali, dove può agire in modo attivante l'azione del deflusso idrico lineare che si sviluppa in coincidenza di periodi ed eventi piovosi.

Nelle aree di piana si rileva l'assenza di situazioni riconducibili a processi gravitativi di versante; si riscontra inoltre una distanza significativa tra l'edificato e i settori di pendio che potrebbero pregiudicare la tranquillità delle fasce basali. Gli eventi morfodinamici che possono più plausibilmente interessare l'area della piana sono quelli implicati nei processi di alluvionamento del sistema idraulico del Fiume Biferno. Eventi idrometeorici eccezionali diventano la circostanza che origina portate di piena rispetto alla capacità contenitiva delle sezioni idrauliche dei collettori; il rischio di potenziale inondazione per l'area di piana presenta una distribuzione spaziale-temporale che non coinvolge l'area urbana di interesse progettuale.

Per quanto attiene l'analisi della situazione idrogeologica locale su può affermare pienamente che l'areale rappresenta uno dei più rilevanti nell'ambito del contesto idrogeologico a scala regionale, in relazione alla significativa estensione verticale ed orizzontale dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri e al loro rapporto stratigrafico strutturale con l'apparato carbonatico del Massiccio del Matese. La porosità efficace che li contraddistingue, pur variabile nell'ambito delle diversità granulometriche, conferisce ai terreni un grado di permeabilità generalmente medio (10^{-4} cm/s $< k < 10^{-1}$ cm/s) tale da configurare gli stessi quali complesso dalla spiccata valenza di struttura acquifera. Lo spessore dei sedimenti alluvionali ricostruito attraverso lo studio sismo-metrico del bacino alluvionale di Bojano

meno recenti dei corsi d'acqua che nelle epoche più tardive hanno attraversato l'area della piana generando le tipiche eteropie di facies riscontrabili nelle aree alluvionali nelle quali si riscontra la presenza di lenti grossolane intercalate a materiali a dominanza fine. Tale assetto granulometrico condiziona lo sviluppo delle falde che tendono ad instaurarsi nelle fasce più porose, favorendo la presenza spesso di falde acquifere discontinue e sovrapposte, relativamente ai livelli granulometrici più grossolani e permeabili, confinate, in assetto lentiforme e poco stratificato, tra orizzonti argilloso-sabbiosi. Tra esse tuttavia può instaurarsi anche un rapporto di drenanza che permette, in definitiva, il riconoscimento di un'unica falda sotterranea posta nell'ambito della piana a profondità variabili tra la piezometrica della subalvea dei principali impluvi superficiali, nei periodi di massima saturazione dei terreni, e vari metri al di sotto del p.c.. nei periodi più siccitosi e di magra.

La falda trae alimentazione dai processi di infiltrazione idrica che interessano direttamente la piana senza trascurare i contributi fondamentali che derivano dal travaso che si instaura lungo le fasce di contatto con i carbonati, mascherate in superficie dalla presenza delle coperture detritiche. Gli studi geognostici effettuati nell'area consentono di riconoscere un rapporto di sovrascorrimento del Matese sui sedimenti flyschoidi del bacino molisano la cui subsidenza ha instaurato le condizioni per la formazione della piana alluvionale locale. Le facies carbonatiche che costituiscono l'ossatura dei rilievi del Massiccio del Matese sono caratterizzate da un grado di permeabilità medio-alto ($10^{-1} \text{ m/s} < k < 10 \text{ cm/s}$), determinato dalla presenza delle discontinuità stratigrafiche e tettoniche che caratterizzano gli affioramenti lapidei. Le aliquote di infiltrazione idrica alimentano una falda profonda che tende a permeare la base della struttura acquifera e che localmente defluisce attraverso condotti carsici convogliando un carico idrico notevole nella piana attraverso lo svolgimento dei processi della circolazione sotterranea.

Per quanto attiene invece i detriti di falda, gli stessi risultano affioranti lungo le fasce pedemontane dei rilievi costituendo il raccordo con gli antistanti termini alluvionali. Trattasi di terreni sciolti, ghiaioso-ciottolosi, frammisti a matrice sottile limoso argillosa, da scarsa a prevalente, localmente cementati; la porosità rende tali termini assimilabili per comportamento idrogeologico a quello del complesso fluvio-lacustre ed alluvionale, ovvero a permeabilità elevata.

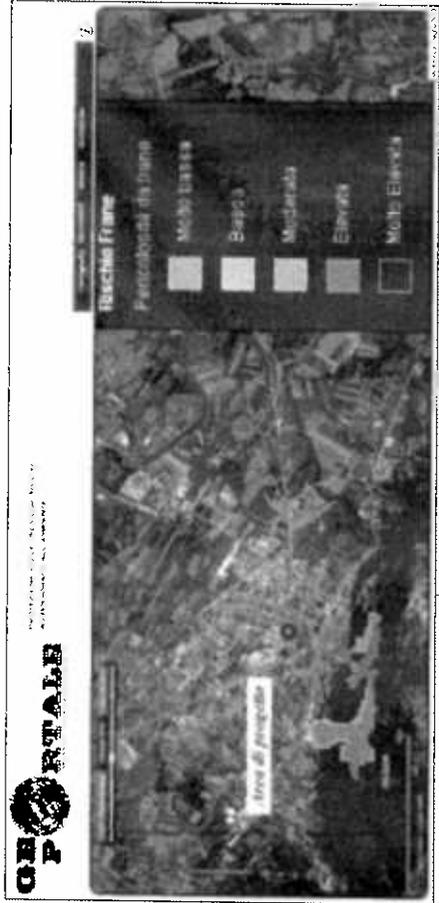
In definitiva le caratteristiche geologiche del territorio favoriscono in modo determinante la formazione ed il continuo rinnovo di risorse idriche sotterranee che, sotto l'influenza della gravità, convogliano nell'area della piana di Bojano.

Dall'esame dei logs dei sondaggi geomeccanici eseguiti nell'area di progetto si evince che la falda è presente già da -1,50 m dal p.c.. (sondaggi S1 ed S2 *Progetto di realizzazione di una scala antincendio nella scuola elementare Amatuzio*; sondaggi esistenti S6 ed S7 *Microzonazione sismica del Comune di Bojano (CB)*).

La collocazione idrografica di superficie pone l'areale in studio nell'alto settore sinistro del bacino del Fiume Biferno, le cui sorgenti sono situate poco a sud rispetto all'abitato di Bojano, comunque interessato da diverse linee impluviali tributarie di sinistra del Biferno. In posizione più settentrionale è presente il sistema costituito dal Torrente il Rio e dal Torrente Callora i cui bacini di competenza investono congiuntamente un'areale esteso sui 40 km² rappresentativo del settore occidentale dell'alto corso del Fiume Biferno. Il centro abitato è attraversato dal Canale di Spin che rappresenta un collettore di raccolta delle aliquote idriche superficiali drenate nel quadrante sud-occidentale rispetto al centro urbano di Bojano e che tributa nell'asta neo-formata del Fiume Biferno, poco a valle delle sue sorgenti.

Il reticolo idrografico di superficie dell'area pertinente al centro abitato di Bojano si caratterizza con un grado di densità mediamente elevato a diretta espressione della valenza morfostrutturale del luogo che funge da ricettacolo fisiografico dei tributi idrici derivanti dalla vasta porzione di territorio circostante non solo in termini di circolazione idrica sotterranea, relativamente alla presenza dell'acquifero idrogeologico del Massiccio del Matese, ma anche in termini di tributo idrico di ruscellamento superficiale.

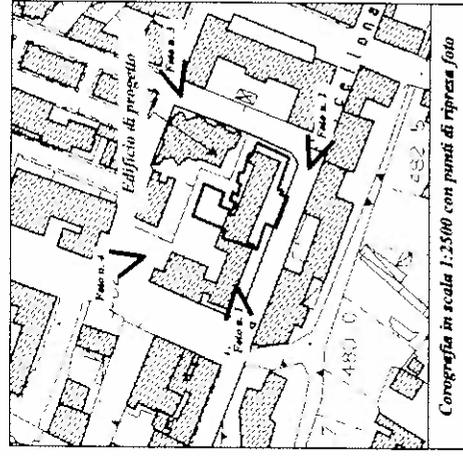
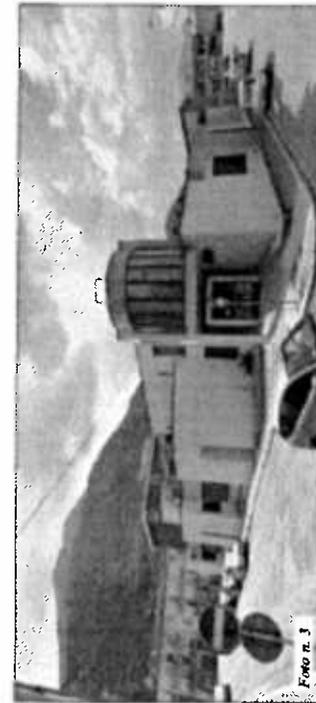
La condizione geomorfologica per il sito di progetto e delle fasce ad esso pertinenti corrisponde ad un assetto di tipo pianeggiante, in relazione ad un'altitudine di 487 m s.l.m.. L'area non manifesta problematicità da rischio di frane non sussistendo localmente alcuna situazione, di superficie e sotterranea, che potrebbe determinare una instabilità di tipo gravitativa locale o un suo indiretto coinvolgimento. Per quanto attiene una stima del potenziale di rischio idraulico, connesso al verificarsi di fenomeni esondativi, si può affermare altresì che l'area è situata esternamente alle fasce che potrebbero risentire delle conseguenze di una fenomenologia del tipo considerata, come rappresentato nella carta del rischio idraulico stralciata dal Geoportale della Protezione Civile Molise su base ortofoto.



Ortofoto riprodotta in scala 1:30000

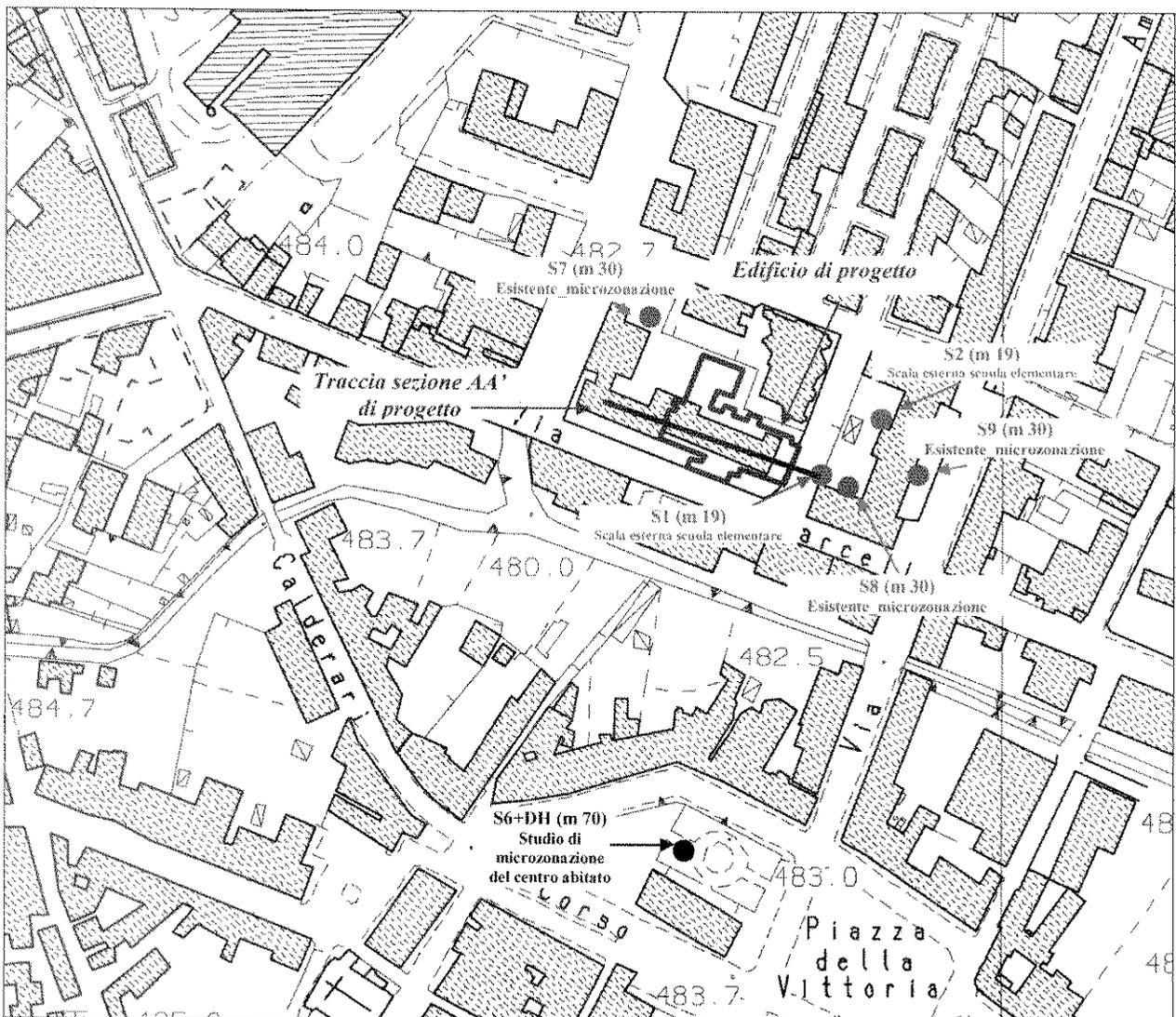


Ortofoto riprodotta in scala 1:30000



MODELLO GEOLITOLOGICO DEL SOTTOSUOLO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo viene delineato il modello del sottosuolo che sarà impegnato dalla realizzazione dell'edificio scolastico descrivendo l'andamento litostratigrafico areale e agli aspetti riguardanti la definizione del comportamento geotecnico dei terreni che saranno interessati direttamente dalle sollecitazioni di carico delle future opere. Al fine di ricostruire il quadro unitario della situazione si sintetizzano opportunamente gli elementi significativi basati sul rilievo diretto di superficie e sulla valutazione analitica integrata delle informazioni lito-tecniche inerenti le risultanze delle indagini geognostiche riportate nella documentazione specifica di corredo allo studio di microzonazione sismica del Comune di Bojano (CB).



Corografia in scala 1:2500 con ubicazione delle indagini geognostiche considerate

Nello stralcio corografico riportato sono evidenziate le ubicazioni delle indagini geognostiche considerate per elaborare lo schema litostratigrafico e geotecnico del sottosuolo che direttamente impegnato con la realizzazione delle opere; nello specifico le indagini riguardano i sondaggi S7+DH, S8+DH ed S9+DH, (esistenti nello *studio di microzonazione sismica del Comune di Bojano*), il sondaggio S6 effettuato nell'ambito dello *studio di microzonazione sismica del Comune di Bojano* con prelievo di campioni sottoposti a prove ed analisi geotecniche di laboratorio, i sondaggi S1 ed S2 (*Progetto scala antincendio Scuola Elementare Amatuzio*) con prelievo di campioni sottoposti a prove ed analisi geotecniche di laboratorio.

L'esame dei profili litostratigrafici e sismodinamici, di cui si allega in appendice relativa copia, ha permesso di estrapolare uno schema descrittivo dell'andamento litostratigrafico locale differenziando e correlando, entro una profondità di 30,00 m, intervalli distinti sulla base della litologia e della consistenza.

I terreni costitutivi del substrato locale sono da riferire, in senso geoformazionale, ad una *formazione alluvionale e fluvio-lacustre* costituita da materiale sciolto in *facies terrigeno-detritica*. La lettura dei profili litostratigrafici evidenzia una condizione di eterogeneità granulometrica e geometrica nella quale è tuttavia possibile riconoscere una costituzione argillosa e limosa prevalente intervallata da passaggi ghiaiosi e sabbiosi. Il modello che considera l'insieme delle informazioni consente tuttavia di riconoscere diverse unità in senso litotecnico riscontrando il graduale aumento dello stato di consistenza con la profondità, secondo una scansione spaziale che ben accorda le indicazioni litostratigrafiche con le risultanze delle indagini down-hole. La sintesi grafica che illustra i diversi profili litostratigrafici permette di riconoscere ciascuna unità pervenendo alla definizione di uno schema litosismico interpretativo elaborato lungo la traccia di sezione A-A' di progetto.

Le *unità litotecniche A, B e C* indicate differiscono fondamentalmente per lo stato di consistenza degli intervalli pelitici e per lo stato di addensamento dei passaggi grossolani, fermo restando una eterogeneità granulometrica che si riscontra in ciascuna di esse.

L'*unità litotecnica A* riguarda il primo intervallo, il cui spessore mostra una potenza variabile da 2,80 m a 12,00 m, muovendo dal sondaggio S7 al sondaggio S2; comprende uno spessore iniziale di materiale di copertura antropica, del tipo massciata stradale, seguito da terreno argilloso e limoso ad elevata plasticità, scompaginato, con inclusioni di laterizi, materiale vegetale in putrefazione, frustoli carboniosi, torba, elementi lapidei ciottolosi. Le caratteristiche descritte denotano un substrato alterato, destrutturato e di ridotta consistenza, anche in considerazione della presenza della falda acquifera che si attesta ad una profondità compresa tra 1,50 e 2,80 m dal

p.c.. Per procedere alla caratterizzazione geotecnica di questo intervallo si considerano i dati desunti dalla certificazione geotecnica riferita alle prove ed analisi di laboratorio dei campioni S1C1 (m 10,50 – m 11,00), S2 C1 (m 11,00 – m 11,50) ed S6C1 (m 7,00 - m 7,60) utilizzando altresì dati della letteratura specialistica disponibile. Questa unità identifica il sismostrato distinto da valori medi di $V_p = 550-560$ m/s e da $V_s = 191-198$ m/s.

L'unità litotecnica B intermedia mostra una potenza variabile tra 8,00 e 12,00 m all'incirca; è costituita da argille limose e limi argillosi di media consistenza, ghiaie e sabbie mediamente addensate con matrice limo-argillosa. Le caratteristiche descritte denotano un substrato meno alterato e più consistente. Per procedere alla caratterizzazione geotecnica di questo intervallo si considerano i dati desunti dalla certificazione geotecnica riferita alle prove ed analisi di laboratorio del campione S6C2 (m 12,90 – m 13,50) utilizzando anche riferimenti di letteratura. Questa unità identifica il sismostrato distinto da valori medi di $V_p = 1250 - 1280$ m/s e da $V_s = 445 - 460$ m/s.

L'unità litotecnica C rappresenta il substrato profondo dotato di consistenza più elevata, in relazione a una costituzione ghiaiosa e sabbiosa addensata ed argilloso-limosa soda. Per procedere alla caratterizzazione geotecnica di questo intervallo si considerano i dati desunti dalla certificazione geotecnica riferita alle prove ed analisi di laboratorio dei campioni S6C3 (m 21,40 – m 22,00) ed S6C4 (m 29,40 - m 30,00) utilizzando altresì anche riferimenti di letteratura. Questa unità identifica il sismostrato distinto da valori medi di $V_p = 1733 - 1820$ m/s e da $V_s = 630 - 689$ m/s.

I parametri geotecnici che saranno indicati sono da considerarsi quali valori medi (F_M). La quantificazione dei parametri caratteristici (F_K) sui quali si applicano i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato nelle verifiche allo S.L.U. dovrebbe logicamente basarsi sulla disponibilità di un discreto numero di dati da cui valutare un valore medio. Il valore medio medesimo, relativo a qualunque grandezza geotecnica attinente alle caratteristiche fisiche e meccaniche correlate direttamente alla stime dalla *resistenza del terreno*, si determina attraverso l'uso di formule di calcolo del "frattile 5%" riferito a quel valore che ha il 5% di probabilità di essere minorato. Significa che solo un campione ogni 20 può ricadere sotto il valore caratteristico che contiene, implicitamente, un fattore di sicurezza. Per il calcolo del 5° percentile si fa usualmente ricorso alla formula:

$$p_k = p_m - 1,645 \sigma$$

con “ p_k ” che è un parametro caratteristico qualsiasi e “ p_m ” il valore medio del parametro considerato , “-1,645” è un coefficiente valido per il 5% percentile di una distribuzione gaussiana; “ σ ” indica la deviazione

standard del campione ed è pari a: $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ dove x_i indica il valore i-esimo misurato per la grandezza x e \bar{x} la media aritmetica di tutti i valori.

I dati disponibili non consentono l’elaborazione di valori caratteristici per i singoli intervalli litologici a meno che non si intenda ricondurre il sottosuolo ad un modello costituito da un solo strato di potenza pari alla profondità massima investigata su cui distribuire in modo univoco il dato derivato dall’elaborazione complessiva della totalità dei dati disponibili. Pertanto i valori geotecnici che di seguito sono indicati, riferiti alla considerazione delle varie analisi disponibili per il centro urbano di Bojano verranno intesi in senso medio e contemporaneamente caratteristico per ognuno dei livelli riconosciuti; i parametri indice e geomeccanici riportati in tabella permettono di quantificare il comportamento inerente la risposta offerta all’azione degli sforzi deformativi.

Lo schema è conforme al modello precedentemente descritto in cui sono state distinte tre unità.

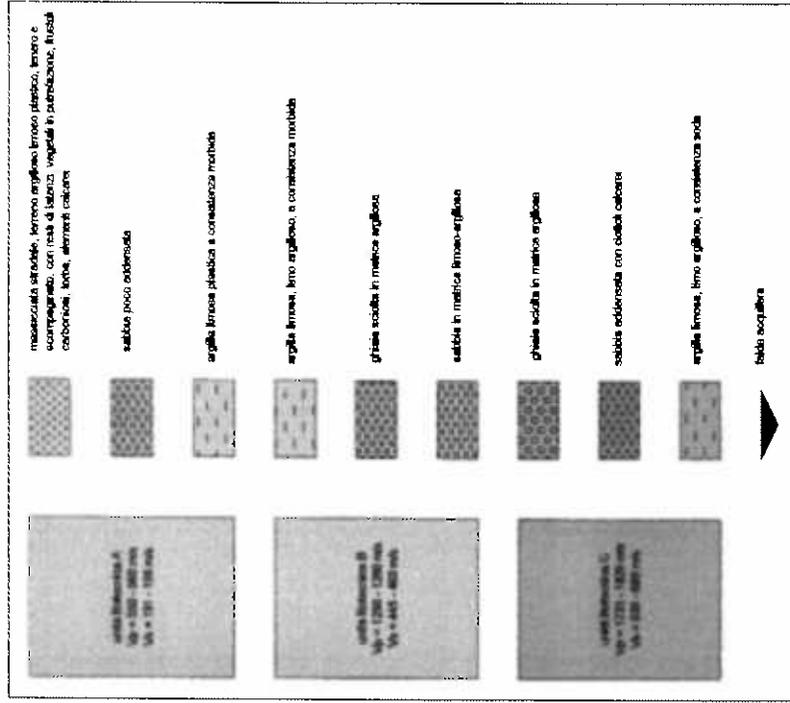
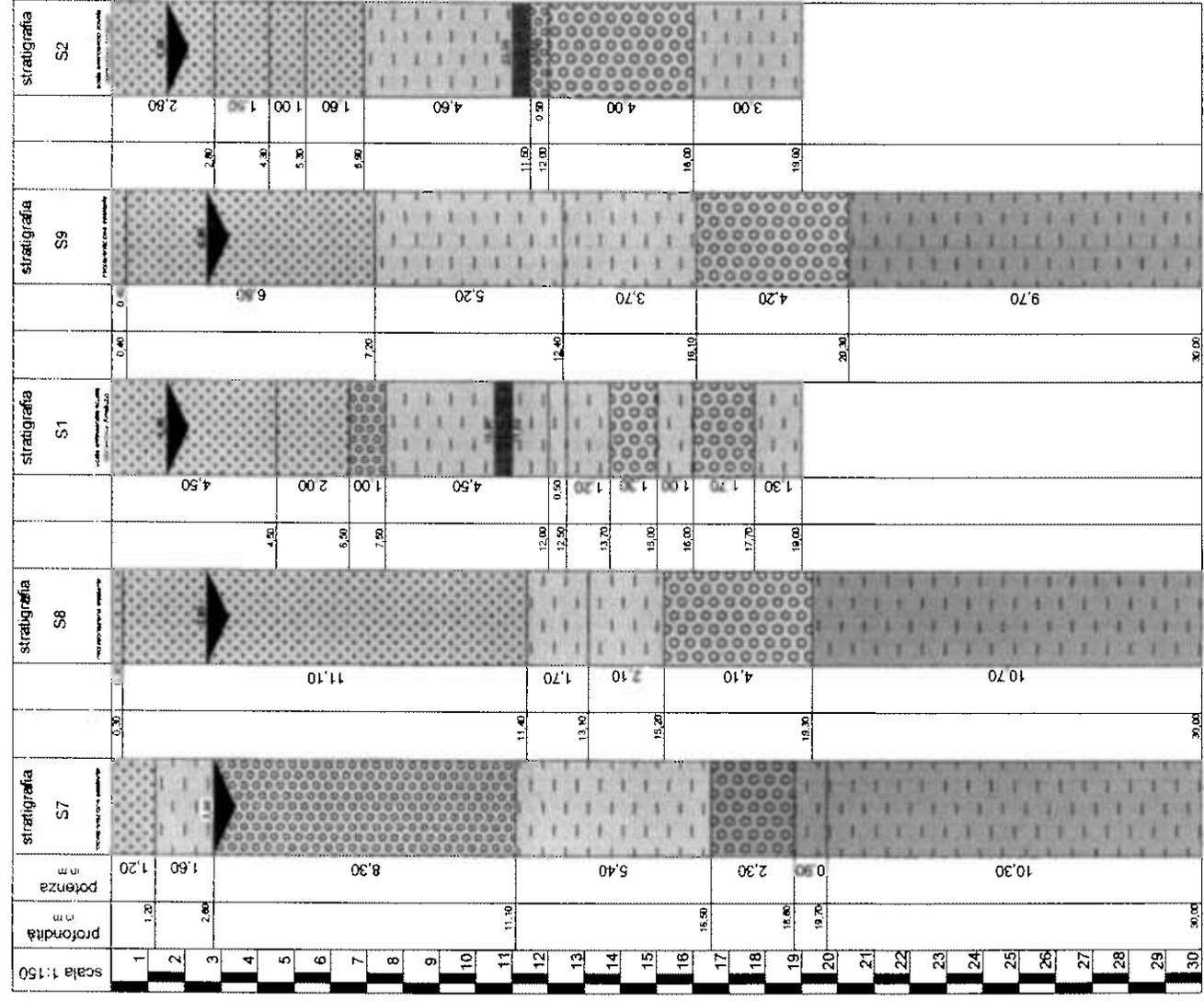
Nell’intento di fornire un modello realistico e dotato di immediata lettura, sono stati definiti gli spessori delle unità con riferimento alla situazione relativa all’area di futuro impegno dell’edificio di progetto, valutando le scelte in un’ottica cautelativa.

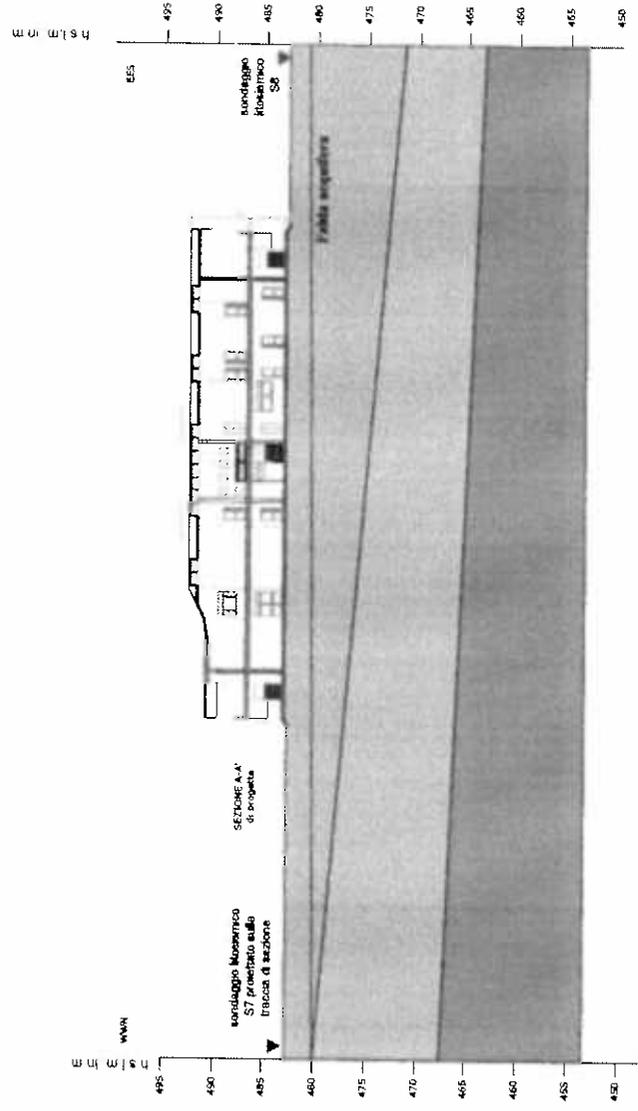
	parametri geotecnici medi e caratteristici del sottosuolo			
	peso naturale γ kN/m ³	angolo di attrito ϕ' (°)	coesione drenata c' kPa	coesione non drenata c_u kPa
unità litotecnica A 0,00 m -10,00 m	19,23-19,33	18-22	10,79-21,58	36,30-122,63
unità litotecnica B 10,00 m - 19,00 m	20,11	23-24	49,05	146
unità litotecnica C 19,00-30,00 m	18,84-19,91	25-26	63,00-70,00	190-385

I dati sono relativi ad una categoria di materiale pelitico influenzato nella sua risposta dalla componente argillosa che condiziona un comportamento di tipo coesivo, con bassi valori di permeabilità e di resistenza intrinseca offerta all'azione degli sforzi deformativi di taglio e di compressione.

L'apparato fondazionale dell'edificio impegnerà lo spessore più superficiale dell'unità litotecnica A.

La definizione del piano di posa comporterà l'apertura di uno scavo di profondità presunta non inferiore ai 2,00/3,00 m e questo determinerà anche la venuta a giorno della falda idrica, la cui piezometrica è situata già a - 1,50 m dal p.c.. E' quanto mai opportuno porre in atto un buon vespaio costituito da materiale litico di adatta pezzatura che consentirà di definire una base solida per l'appoggio dell'apparato fondazionale. Nell'esigenza di preservare l'opera da problemi di umidificazione, l'edificio e il piano terra, in particolare, risulterà rialzato rispetto al p.c.. Comunque sarà opportuno porre in atto un sistema di drenaggio delle acque episuperficiali, di sottofondazione e laterale. Durante le fasi di apertura dello scavo e nel periodo in cui lo stesso rimarrà aperto, dovranno essere adottate misure provvisorie volte ad impedire dissesti a carico dei fronti di scavo con pericolo per l'incolumità delle maestranze e per la salvaguardia dell'integrità strutturale delle opere e dei beni antropici immediatamente limitrofi. Nel capitolo dedicato alla problematica della liquefazione si discutono gli aspetti relativi alle possibili strategie da adottare per mitigare questa forma di rischio.





Sezione litotecnica interpretativa in scala 1:500

Legenda

- unità litotecnica A: riporto antropico e materiale in facies terrigeno-detritica medio-fine, a consistenza morbido-plastica
- unità litotecnica B: argilla limosa plastica alternata con ghiaia e sabbiali media densità
- unità litotecnica C: argilla limosa soda alternata con ghiaia e sabbia addensate

Vita Nominale

Il D.M. 14.01.2008 prevede che la vita nominale di un'opera strutturale V_N sia intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipo di opere è quella riportata nella tabella 2.4.1 delle N.T.C. – 08.

TIPI DI COSTRUZIONI		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Il tipo di opera inerente al progetto ricade nella **classe di costruzioni 2 (opere ordinarie) con Vita Nominale ≥ 50 anni.**

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono divise in classi d'uso così definite:

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normale affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III e IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane, non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5.11.2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C, quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La classe d'uso specifica è la **III**.

Vita di riferimento

La vita di riferimento V_R per l'opera di progetto si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N con un coefficiente d'uso C_U da individuare nella tabella 2.4.II delle N.T.C. – 08:



Stralcio della Carta di microzonazione sismica del centro abitato di Bojano riprodotta in scala 1:10000

LEGENDA

	Area impostata sui calcari di piattaforma $S_s = 1,00$
	Area con spessori della formazione alluvionale maggiori di 200 m. Fenomeni di amplificazione sismica per frequenze inferiori ad 1 Hz. $S_s = 1,00$
	Area con spessori della formazione alluvionale compresi tra 120 e 200 m. $S_s = 1,15$
	Area con spessori della formazione alluvionale compresi tra 50 e 120 m e/o caratterizzata dalla presenza di depositi eluvio-colluviali. $S_s = 1,25$
	Area con spessori della formazione alluvionale compresi tra 10 e 50 m. $S_s = 1,40$

un fattore di amplificazione stratigrafica $S_s = 1,00$.

Le misure dei microtremori (vibrazioni sismiche ambientali – misure HVSR) effettuate nell'area della piana permettono di indicare le frequenze critiche di scuotimento sismico che possono determinare amplificazione delle oscillazioni. Questo fenomeno avviene nel caso di corrispondenza tra le frequenze del segnale sismico e quelle proprie del terreno. Per i sedimenti alluvionali e fluvio-lacustri del substrato fondazionale sono state riconosciute amplificanti le frequenze inferiori ad **1 Hz** che manifestano anche la caratteristica di perdurare nel tempo più di quanto non avvenga su substrato roccioso. Per tale area si propone

L'esame delle risultanze delle indagini down-hole eseguite nel territorio nell'ambito dello studio di *microzonazione sismica del Comune di Bojano* permette di riferire il substrato fondazionale locale alla *categoria di suolo C* al quale sono associati "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti" caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Alla categoria di suolo C le N.T.C. 2008 associano un valore di S_s compreso nell'intervallo $1,00 \div 1,50$, da valutarsi in relazione a diversi parametri. Le analisi effettuate nell'ambito dello studio di microzonazione del Comune di Bojano hanno stimato per l'area di piana, laddove i depositi alluvionali hanno spessore superiore ai 200 m,

l'utilizzo di uno spettro con il periodo corrispondente al termine del tratto ad accelerazione costante dello spettro di risposta di normativa spostato verso valori di 1 s ($T_C > 1\text{ s}$).

Nel caso che anche una struttura edilizia possieda le medesime frequenze di oscillazione, andrebbe a verificarsi un effetto di doppia risonanza; inoltre, quanto più T_0 è grande rispetto al periodo proprio di oscillazione dell'edificio, ovvero quanto più la frequenza f risulta piccola rispetto a quelle proprie di oscillazione di un edificio, tanto più aumentano le dimensioni delle componenti dello scuotimento orizzontale dell'edificio medesimo, ovvero l'entità degli sforzi di taglio in genere responsabili dei danneggiamenti alle strutture medesime.

Amplificazione topografica

Nei siti suscettibili di amplificazione topografica viene introdotto un coefficiente moltiplicativo $S_t \geq 1$ per il calcolo dell'accelerazione massima orizzontale di progetto, che tenga conto della peculiarità morfologica specifica del sito, con riferimento alle seguenti situazioni limite indicate in tabella:

<i>categoria topografica</i>	α inclinazione media del versante	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	$\alpha < 15^\circ$	-	1,0
T2 Pendii o rilievi isolati	$\alpha > 15^\circ$	Sul pendio	1,2
T3	$15^\circ < \alpha < 30^\circ$	Sulla cresta del pendio	1,2
Rilievi con larghezza alla sommità molto inferiore a quella alla base T4	$\alpha > 30^\circ$	Sulla cresta del pendio	1,4

Il sito di progetto ricade nelle condizioni morfologiche della categoria **T1** insistendo nell'interno di una piana suborizzontale associabile ad acclività $\alpha < 15^\circ$; si adatterà il coefficiente proprio della categoria T1 con $S_t = 1,0$.

Amplificazione stratigrafica

Il D.M. 01.02.2008 prevede che nei siti suscettibili di amplificazione stratigrafica si introduca un coefficiente S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) per stimare l'accelerazione massima orizzontale di

progetto. Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s può essere calcolato in funzione dei valori di F_0 e $A_{(g)}/g$ mediante le espressioni fornite della tabella sottostante nelle quali:

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

$A_{(g)}$ = accelerazione orizzontale massima al suolo del terreno riscontrabile su sito di riferimento rigido orizzontale;

g = accelerazione di gravità.

Categoria suolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_{(g)}/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_{(g)}/g \leq 1,50$
D	$1,00 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_{(g)}/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \times F_0 \times a_{(g)}/g \leq 1,60$

Per l'area di progetto, con una categoria di suolo C, abbiamo: $S_s = 1,50$; **alla luce di quanto precedentemente riferito circa le indicazioni riportate nello studio di microzonazione sismica effettuato nel territorio comunale di Bojano per l'area della piana in cui ricade il sito di progetto è possibile assumere $S_s = 1,00$.**

operatività (SLO)	danno (SLD)	salvaguardia (SLV)	collasso (SLC)
1,00	1,00	1,00	1,00

Valori di pericolosità sismica

L'O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 e s.m.i., nell'allegato "b" definisce i valori standard di $a_{(g)}$ (SLV) e relative variabili: operatività (SLO), danno (SLD) e collasso (SLC) calcolati su griglia con passo $0,02^\circ$, in relazione alle coordinate geografiche dell'area di riferimento (latitudine e longitudine del sito) su base in scala 1:10000.

La tabella esprime i relativi valori specifici per il sito di progetto:

Latitudine (nord)	Longitudine (est)	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia (SLV)	Collasso (SLC)
41,484492	14,471451	0,066 g	0,087 g	0,267 g	0,366 g

Accelerazione massima in superficie

La massima accelerazione, a_{max} , usata nell'analisi quantitativa delle verifiche, è l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido di categoria "A" corretta alle amplificazioni locali.

L'accelerazione di picco al suolo, in assenza di analisi specifica della risposta sismica locale (microzonazione), può essere espressa con la relazione proposta dal D.M. 14 gennaio 2008:

$$a_{max} = a_g \times S = a_g \times (S_S \times S_T)$$

con "S" coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), mentre a_g è l'accelerazione massima attesa su un suolo rigido.

Per l'area di progetto si indicano i valori di accelerazione massima calcolati per i vari stati da considerare.

a_{max} (SLO)	a_{max} (SLD)	a_{max} (SLV)	a_{max} (SLC)
0,652 m/s ²	0,856 m/s ²	2,623 m/s ²	3,594 m/s ²

Verifica alla liquefazione dinamica

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede che il sito di progetto debba rientrare nelle condizioni di stabilità nei riguardi della liquefazione, intesa come fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio dei terreni rientranti nel volume di pertinenza fondazionale ovvero ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi a prevalente costituzione sabbiosa, quando sottoposti a sollecitazioni cicliche e dinamiche agenti in condizioni non drenate.

Nel caso che il terreno rientri nelle condizioni di potenziale liquefazione con possibilità di determinare risentimenti inficianti la conservazione dell'integrità del manufatto, occorre procedere all'attuazione di interventi di consolidamento del terreno nonché alla messa in opera di fondazioni atte a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

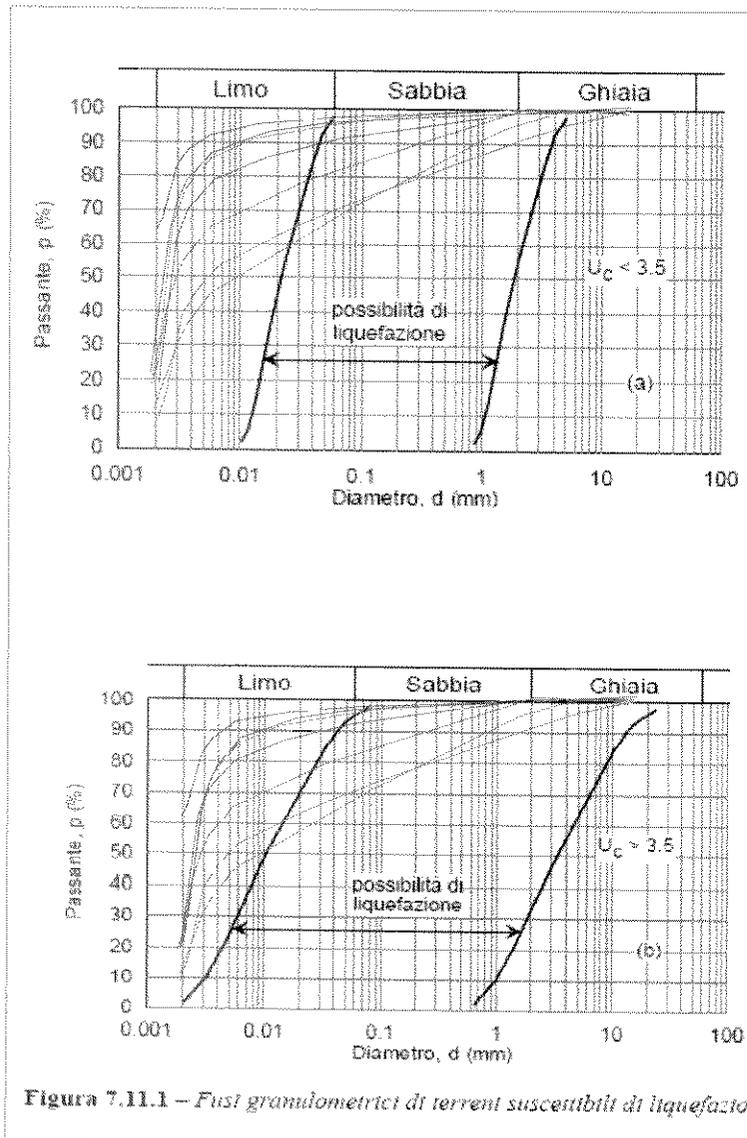
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{clN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{clN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$. (U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60 % e al 10 % del passante sulla curva granulometrica cumulativa)

L'eventualità del fenomeno della liquefazione che potrebbe verificarsi nel substrato fondazionale dell'edificio scolastico deve essere considerata in relazione:

- alla presenza della falda sotterranea posta a profondità inferiore ai 15,00 m;
- alla natura sciolta dei terreni costitutivi



il substrato;

- alla magnitudo dei sismi e all'accelerazione massima su suolo attesi.

Lo studio di microzonazione sismica del Comune di Bojano non indica per l'area di progetto un potenziale rischio di liquefazione. Facendo riferimento alle analisi granulometriche dei campioni prelevati in due sondaggi effettuati rispettivamente nei pressi dell'edificio scolastico (sondaggi S1 ed S2, progetto scala antincendio scuola elementare Amatuzio) e nell'area di Piazza Vittoria (S6+DH: sondaggio effettuato nell'ambito dello studio di microzonazione) sono state ricostruite le curve granulometriche riferite ad un totale di n. 7 campioni prelevati nell'intervallo di profondità 7,00 m ÷ 60,40 m. Il confronto delle medesime curve con quelle di riferimento riportate nelle N.T.C. 14.01.2008 evidenzia che le distribuzioni granulometriche sono per gran parte esterne alle fasce di potenziale liquefazione, sia per $U_c > 0,35$ che per $U_c < 0,35$.

Il rischio di liquefazione del sottosuolo può essere ridotto mediante due strategie:

- progettare le strutture fondazionali in modo da minimizzare i danni conseguenti al verificarsi dell'eventuale liquefazione di una porzione più o meno estesa di sottosuolo impegnato dall'edificio;
- migliorare le caratteristiche del sottosuolo incrementandone la resistenza, la densità, le caratteristiche di drenaggio per prevenire il fenomeno.

Nella pratica si dovrebbe adottare una combinazione delle due forme di approccio mitigativo del problema.

Trattandosi di una nuova opera per la quale si andrà a realizzare una fondazione continua costituita da un reticolo di travi rovesce, il piano di posa dovrà attestarsi alla profondità di almeno 2,50 m avendo l'accortezza di dimensionare la trave a vantaggio della sua larghezza. Questo considerando proprio l'esigenza di preservare la futura struttura da fenomeni di cedimenti differenziali.

Il miglioramento geotecnico del substrato fondazionale può essere effettuato previamente alla realizzazione dell'apparato fondazionale mediante un'azione meccanica, mediante l'uso di rulli o piastre vibranti, che possano accelerare una compattazione. L'azione drenante di sottofondazione e laterale costituirà un'ulteriore azione tesa a controllare il decremento dei parametri implicati nella capacità di resistenza geomeccanica del terreno.

CONCLUSIONI

Lo studio geologico effettuato nel territorio comunale di Bojano (CB) (Determina Dirigenziale n. 75 del 28/06/2013, n. 304 Registro Generale) per il **progetto esecutivo dei lavori di realizzazione del Polo Scolastico a servizio dei Comuni di Bojano, San Massimo, Spinete, San Polo Matese, Campochiaro e Colle D'Anchise**, mi ha consentito di inquadrare il contesto geologico dell'area d'intervento, evidenziando in particolare le peculiarità geologiche e geotecniche ritenute significative al fine del dimensionamento delle opere strutturali.

Le informazioni litotecniche e sismiche considerate per la definizione del modello di sottosuolo di progetto sono state significativamente evinte dalla documentazione allegata allo *studio di microzonazione sismica del centro abitato* considerando altresì le risultanze di altri studi che è stato possibile consultare.

Alla luce di quanto rilevato e adottando gli accorgimenti suggeriti, si ritiene che i lavori previsti non porranno particolari problemi di carattere geologico risultando pienamente compatibili con la situazione locale.

Agnone, luglio 2013

geol. spec. dott. Linda Rosa Marcovecchio



DOCUMENTAZIONE INDAGINI DI RIFERIMENTO

*Profilo stratigrafico S7
Profilo stratigrafico S8
Profilo stratigrafico S9
Profilo stratigrafico S1
Profilo stratigrafico S2
Dromocrone DH S7
Dromocrone DH S8
Dromocrone DH S9*



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 2 + DH

Scala 1: 200

Cantiere: Boiano (CB) – Edificio adibito a palestra (adiacente alla Scuola Materna "Pallotta")

Data di perforazione: 8 e 9 gennaio 2004

Perforatore responsabile: Maglieri Mariangelo (General Pali Molise)

Finalità: Indagini di microzonazione sismica

Committente: Comune di Boiano

Campioni prelevati: C1 (mt 2.20 – 2.70)

Profondità	Spessori	Simbologia	Descrizione
1.20m	1.20		Massicciata stradale e arido di sottofondo del piazzale
2.80m	1.60m		Argilla limosa marrone con numerosi inclusi calcarei centimetrici; consistenza plastica. SPT mt 2.00 (7 – 11)
falda mt 2.80	8.30m		Sabbia fine giallastra, sciolta, mista a ciottoli di fiume. Frequenti orizzonti sabbiosi più addensati con presenza di limo argilloso. Tra le progressive di metri 9,80 e 10,20 sono presenti tracce di ossidazione da minerali ferrosi rossastri. SPT mt 8,40 (12 – 21)
11.10m	5.60m		Argilla sabbioso-limosa marrone, plastica e con inclusi calcarei millimetrici arrotondati
16.50m	2.30m		Ghiaia sciolta a pezzatura media, ben arrotondata, in matrice argilloso-limosa marroncina.
18.80m	0.90m		Orizzonte argilloso limoso scuro, di buona consistenza
19.70m	10.30m		Alternanze di argilla limoso sabbiosa marrone, plastica e con inclusi litici millimetrici con abbondanti ghiaie centimetriche.
30.0m			

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 3 + DH

Scala 1: 200

Cantiere: Boiano (CB) – Scuola Elementare “Amatuzio”

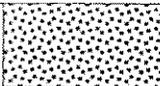
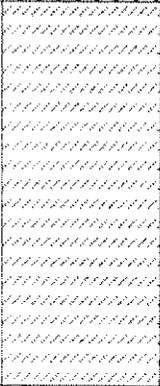
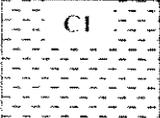
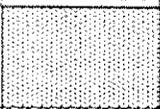
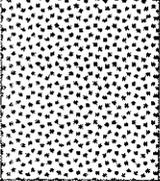
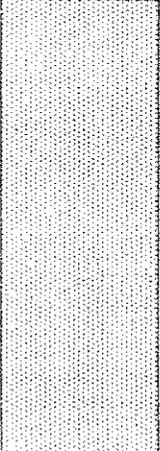
Data di perforazione: 12 e 13 gennaio 2004

Perforatore responsabile: Maglieri Mariangelo (General Pali Molise)

Finalità: Indagini di microzonazione sismica

Committente: Comune di Boiano

Campioni prelevati: C1 (mt 11.50 – 12.00)

Profondità	Spessori	Simbologia	Descrizione
0,30m	0,30m		Massicciata stradale e arido di sottofondo del piazzale
1,40m 11,40m	11,10m		Terreni scompaginati con trovanti calcarei e resti di laterizi in matrice argillosa marroncina. Consistenza tenera e grado di cementazione debole.
13,10m	2,70m		Argilla limosa grigio ferro e marrone scuro, a struttura scagliosa e con un grado di cementazione moderato SPT mt. 12.10 (10 – 19)
15,20m	2,10m		Argilla limosa marrone scuro con numerosi inclusi litici centimetrici arrotondati.
19,30m	4,10m		Ghiaia sciolta a pezzatura media, ben arrotondata, in matrice argilloso-limosa marroncina. A tratti si rileva la presenza di una moderata componente sabbiosa che aumenta a scapito di quella argillosa.
30,0m	10,70m		Argilla limosa marrone, compatta e con evidenti segni di stratificazione. Sono frequenti passaggi centimetrici a materiale ghiaioso di natura calcarea.

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 4 + DH

Scala 1: 200

Cantiere: Boiano (CB) - Giardino Scuola Elementare "Amatuzio"

Data di perforazione: 14 e 15 gennaio 2004

Perforatore responsabile: Maglieri Mariangelo (General Pali Molise)

Finalità: Indagini di microzonazione sismica;

Committente: Comune di Boiano

Campioni prelevati: C1 (mt 7.50 - 8.00); C2 (mt 12.50 - 13.00)

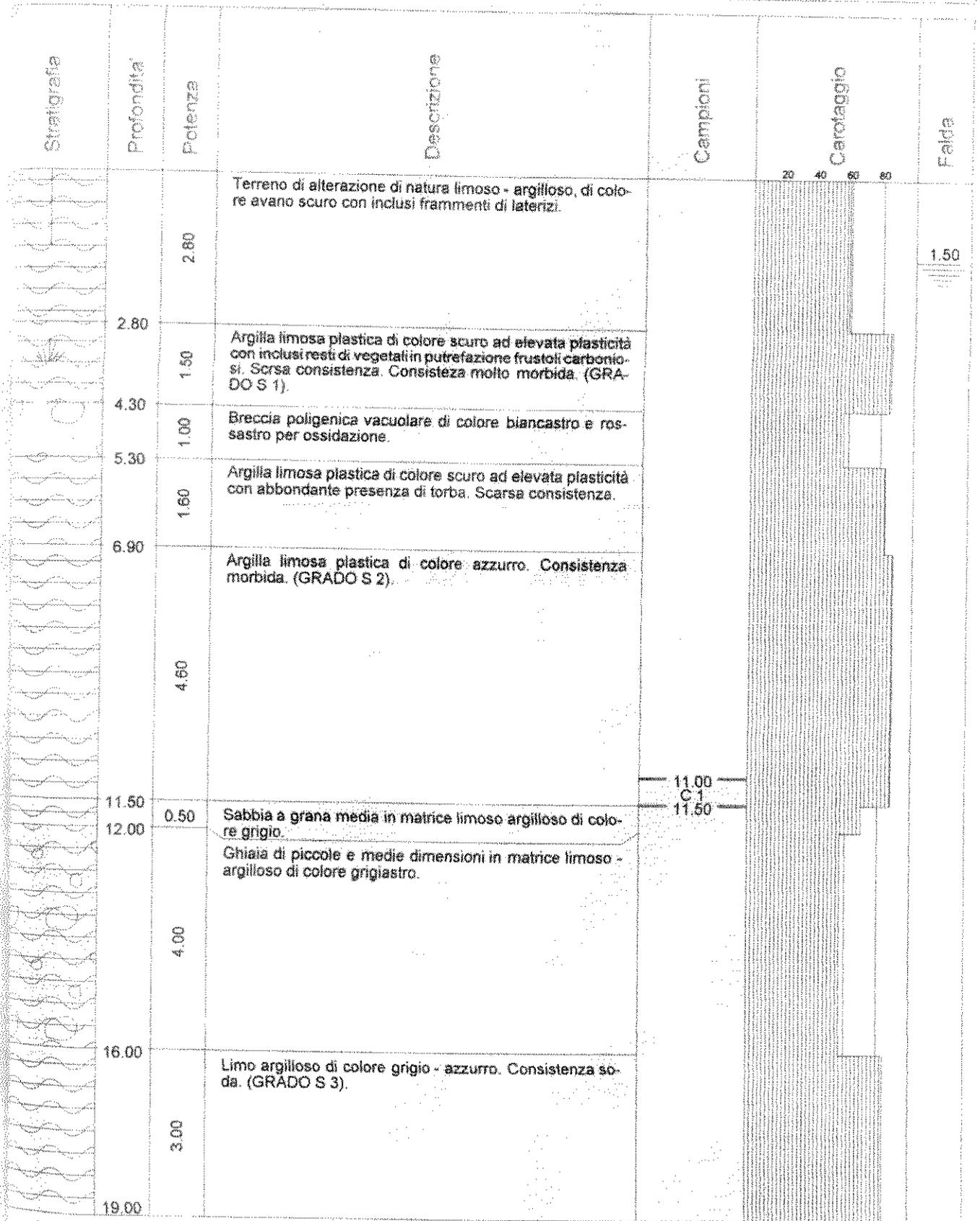
Profondità	Spessori	Simbologia	Descrizione
0.40m	0.40m		Terreno vegetale e di alterazione superficiale
1.10m mt 2.60 7.20m	m 6.80		Terreni scompaginati e rimaneggiati con trovanti calcarei e resti di laterizi in matrice argillosa marroncina. Consistenza tenera e grado di cementazione debole.
12.40m	5.20m	C1 	Argilla limosa grigio ferro e marrone scuro, a struttura omogenea e con un grado di cementazione moderato. Umida e consistente, plasticità elevata. SPT mt 8.10 (9 - 21 - 12).
16.10m	3.70m	C2 	Argilla limosa marrone scuro e grigia con numerosi inclusi litici centimetrici arrotondati. Umida e plastica. SPT mt.13.20 (11 - 23 - 14)
20.30m	4.20m		Ghiaia sciolta a pezzatura media, ben arrotondata, in matrice argilloso-limosa marroncina. A tratti si rileva la presenza di una moderata componente sabbiosa che aumenta a scapito di quella argillosa.
30.0m	9.70m		Argilla limosa marrone, compatta e con evidenti segni di stratificazione. Sono frequenti passaggi centimetrici a materiale ghiaioso di natura calcarea in matrice argillosa marroncina.

re Scuola Elementare "Amatuzio" - Bojano (CB)	N. sondaggio 1
ittente Comune di Bojano (CB)	Scala sondaggio 1 : 100
atore G. ALBANESE e G. VALENTE	Geologo Dottor Domenico FAZIOLI
Geometra Antonio ARMAGNO	Quota (p.c.) \
o perf. a rotaz. e carotag. conf. diam. 101 mm	Data ultimazione 21 novembre 2002

Stratigrafia	Profondita'	Potenza	Descrizione	Campioni	Carotaggio				Falda
					20	40	60	80	
	4.50	4.50	Terreno di alterazione di natura limoso - argilloso di colore avano scuro con inclusi frammenti di laterizi.						1.50
	6.50	2.00	Argilla limosa plastica di colore scuro ad elevata plasticità con inclusi resti vegetali in putrefazione frustoli carboniosi. Scarsa consistenza. Consistenza molto morbida. (GRADO S1).						
	7.50	1.00	Sabbia a grana media in matrice limosa - argillosa di colore grigiastro. Poco addensata.						
	12.00	4.50	Argilla plastica leggermente limosa. Tra la progressiva di metri 9.00 - 10.00 strato di ghiaia di medie dimensioni. Consistenza molto morbida. (GRADO S1).						
	12.50	0.50	Argilla sabbiosa di colore grigio. Consistenza morbida - soda. (GRADO S 2 - S 3).						
	13.70	1.20	Argilla con sabbia di colore grigio. Consistenza morbida. (GRADO S 2).						
	15.00	1.30	Ghiaia di medie dimensioni in matrice sabbiosa - limosa mediamente addensata.						
	16.00	1.00	Argilla limo - sabbiosa di colore grigiastro. Consistenza morbida - soda (GRADO S 2 - S 3).						
	17.70	1.70	Ghiaia di medie dimensioni in matrice sabbiosa - limosa mediamente addensata.						
	19.00	1.30	Limo argilloso di colore grigio - azzurro. Consistenza soda. (GRADO S 3).						

10.50
C 1
11.00

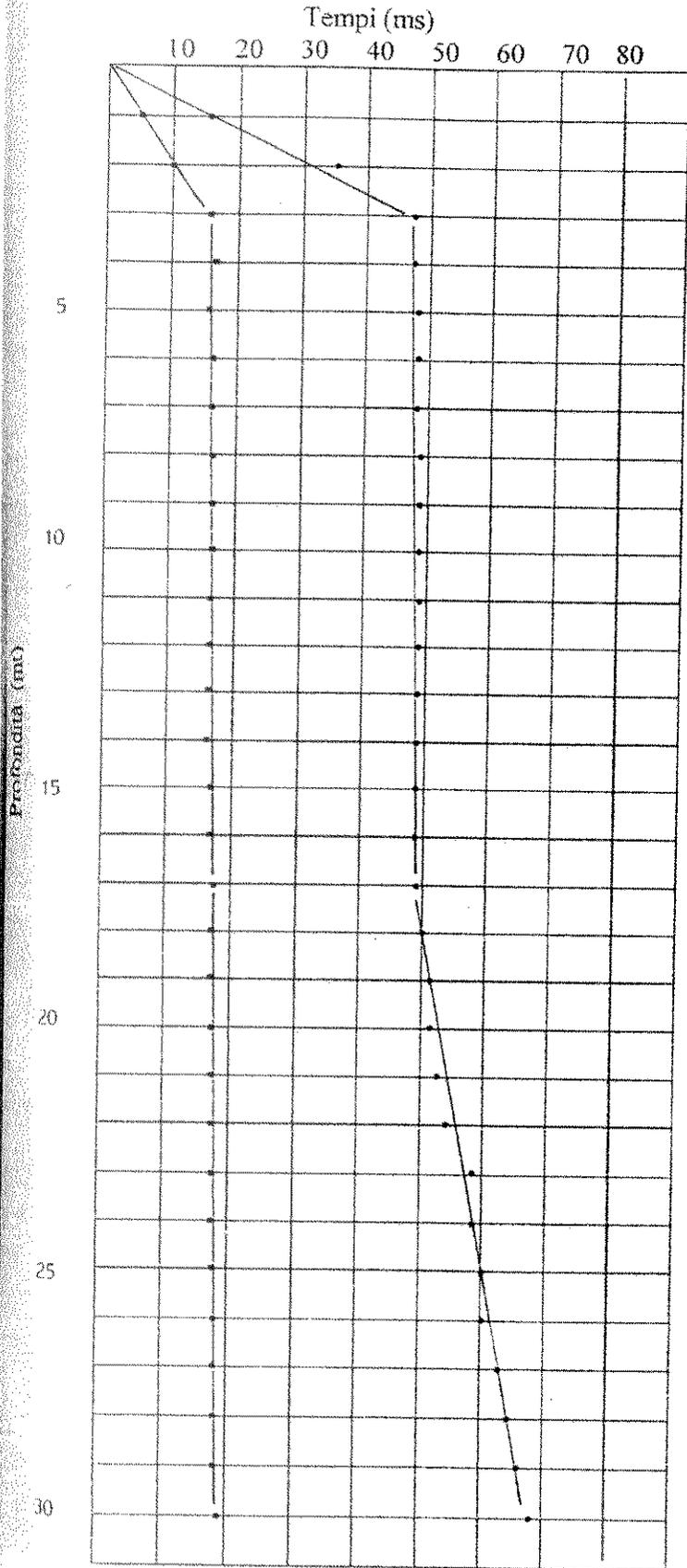
re Scuola Elementare "Amatuzio" - Bojano (CB)	N. sondaggio 2
ittente Comune di Bojano (CB)	Scala sondaggio 1 : 100
atore G. ALBANESE e G. VALENTE	Geologo Dottor Domenico FAZIOLI
Geometra Antonio ARMAGNO	Quota (p.c.) \
o perf. a rotaz. e carotag. cont. diam. 101 mm	Data ultimazione 22 novembre 2002



Down-hole n. 1

Cantiere : Palestra adiacente scuola materna
 Comune : Boiano (CB)

S7



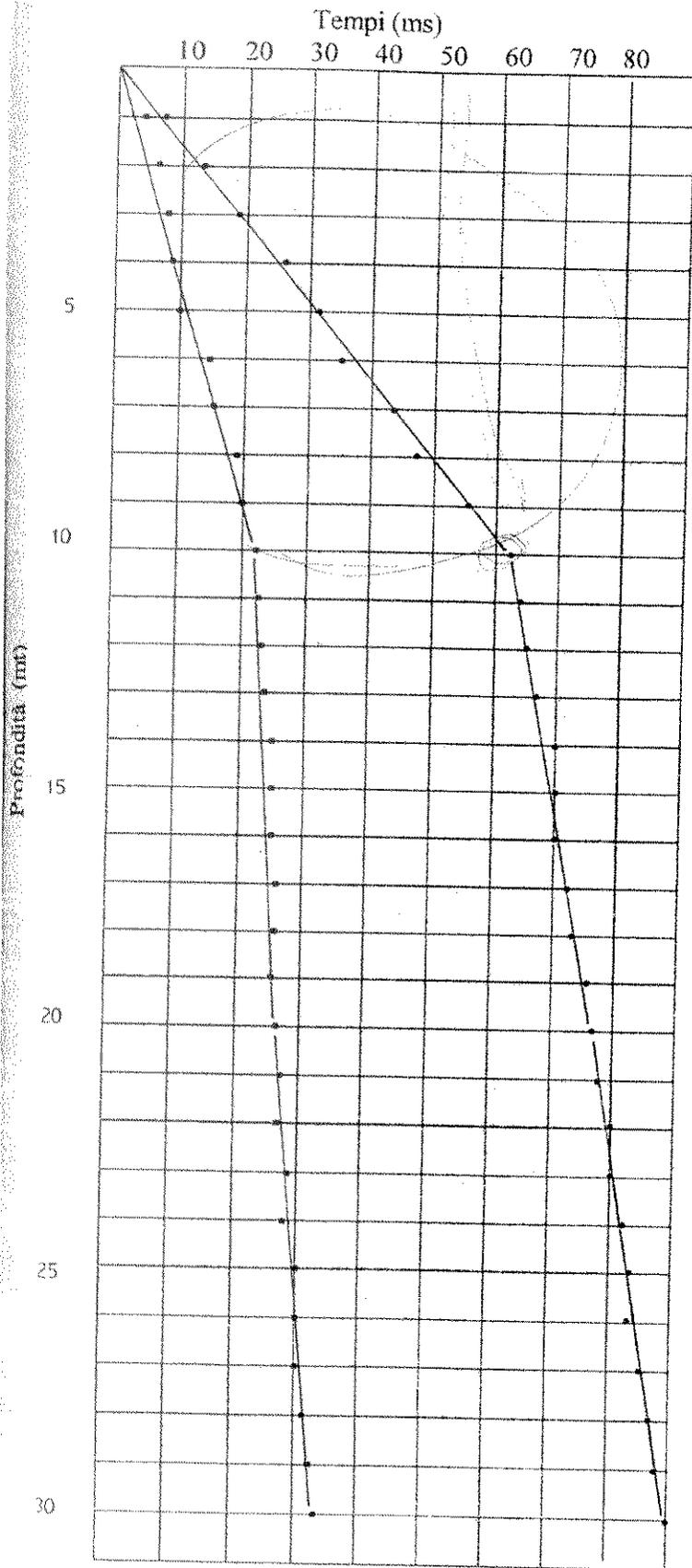
velocità (m/s)	Moduli dinamici
$V_p = 560$ $V_s = 198$	$\nu = 0.43$; $G = 771 \text{ kg/cmq}$; $E = 2207 \text{ kg/cmq}$; $K = 5255 \text{ kg/cmq}$; $R = 0.38 \text{ kmgr/scmc}$
$V_p = 1280$ $V_s = 460$	$\nu = 0.42$; $G = 4208 \text{ kg/cmq}$; $E = 11952 \text{ kg/cmq}$; $K = 24901 \text{ kg/cmq}$; $R = 0.89 \text{ kmgr/scmc}$
$V_p = 1733$ $V_s = 630$	$\nu = 0.42$; $G = 8015 \text{ kg/cmq}$; $E = 22764 \text{ kg/cmq}$; $K = 47426 \text{ kg/cmq}$; $R = 1.25 \text{ kmgr/scmc}$

$\frac{17}{630} = \frac{14}{400} + \frac{3}{20}$
 $= 22$

Down-hole n. 1

Cantiere : Scuola elementare "Amatuzio"
 Comune : Boiano (CB)

Sg

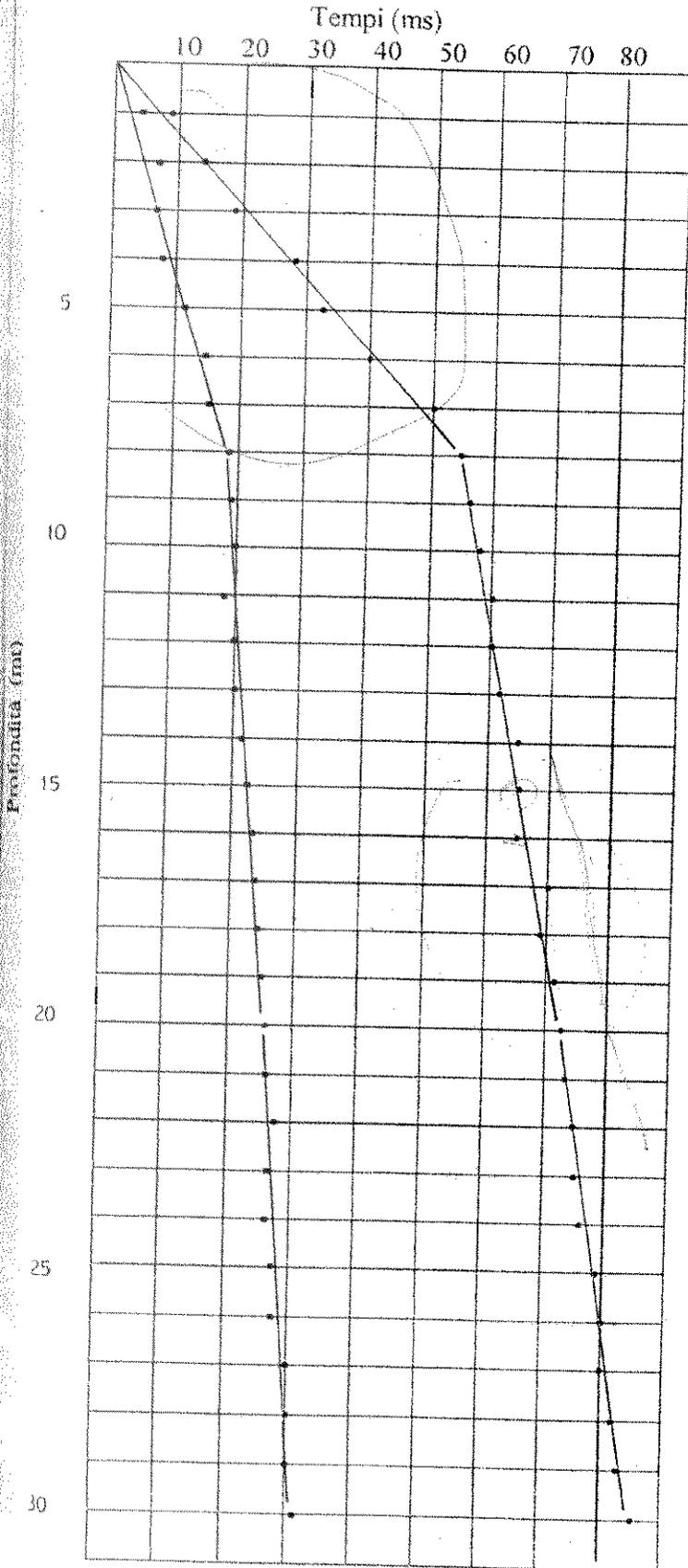


Profondità (m)	velocità (m/s)	Moduli dinamici
0 - 10	$V_p = 550$ $V_s = 196$	$\nu = 0.43$; $G = 760 \text{ kg/cm}^2$; $E = 2173 \text{ kg/cm}^2$; $K = 5173 \text{ kg/cm}^2$; $R = 0.38 \text{ kmgr/scmc}$
10 - 20	<u>1110</u> $V_p = 1250$ $V_s = 445$	$\nu = 0.43$; $G = 3999 \text{ kg/cm}^2$; $E = 11438 \text{ kg/cm}^2$; $K = 27233 \text{ kg/cm}^2$; $R = 0.88 \text{ kmgr/scmc}$
20 - 30	<u>19130</u> $V_p = 1820$ $V_s = 689$	$\nu = 0.41$; $G = 9732 \text{ kg/cm}^2$; $E = 27446 \text{ kg/cm}^2$; $K = 50825 \text{ kg/cm}^2$; $R = 1.38 \text{ kmgr/scmc}$

Down-hole n. 2

Sg

Cantiere : Scuola elementare "Amatuzio"
 Comune : Boiano (CB)



velocità (m/s)

Moduli dinamici

$V_p = 550$ $V_s = 191$	$v=0.43;$ $G=721 \text{ kg/cm}^2;$ $E=2064 \text{ kg/cm}^2;$ $K=4915 \text{ kg/cm}^2;$ $R=0.37 \text{ kmgr/scmc}$
$V_p = 1255$ $V_s = 450$	$v=0.42;$ $G=4089 \text{ kg/cm}^2;$ $E=11614 \text{ kg/cm}^2;$ $K=24197 \text{ kg/cm}^2;$ $R=0.89 \text{ kmgr/scmc}$
$V_p = 1800$ $V_s = 680$	$v=0.41;$ $G=9480 \text{ kg/cm}^2;$ $E=26733 \text{ kg/cm}^2;$ $K=49507 \text{ kg/cm}^2;$ $R=1.37 \text{ kmgr/scmc}$