

Studio di geologia

Dott. GAUDENZIO LEONARDIS
S.DEMETRIO NE' VESTINI (AQ) – cell. 347-1827394



COMUNE DELL'AQUILA

committenza

Fratelli TOTANI s.n.c.

oggetto

**REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO
ADIBITO A CONCESSIONARIA AUTOVEICOLI
LOCALITA' S.S. 17 - N.S.I. DI BAZZANO – L'AQUILA**



RELAZIONE GEOLOGICA

Febbraio 2011

Dott. Geol. Gaudenzio Leonardis – via Nazionale, 37 – S. Demetrio né Vestini (Aq)

Gaudenzio Leonardis

Dott. GAUDENZIO LEONARDIS
GEOLOGO

VIA NAZIONALE,37–CEL.347-1827394
67028 S.DEMETRIO NE' VESTINI (AQ)
Cod.Fisc. LNRGNZ41H14H819F
Part. IVA 00217490663



COMUNE DELL'AQUILA

**REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO
ADIBITO A CONCESSIONARIA AUTOVEICOLI
LOCALITA' S.S. 17 - N.S.I. DI BAZZANO – L'AQUILA**

RELAZIONE GEOLOGICA

1. Premessa

La ditta Fratelli TOTANI s.n.c. intende procedere ai lavori di costruzione di un edificio commerciale sito su un'area del N.S.I. di Bazzano nel Comune di L'Aquila.

Nel rispetto della normativa nazionale e regionale vigente in materia edilizia e sulle costruzioni¹, mi è stato affidato l'incarico di redigere la relazione geologica e lo studio sismico per definire i lineamenti geologici generali con particolare riguardo alla situazione dell'area presa in esame in relazione alle condizioni di stabilità, alla presenza di falde idriche, al decorso di acque superficiali e per valutare l'azione sismica ai fini della risposta sismica locale.

Lo studio, è stato condotto attraverso il rilevamento geologico-geomorfologico di superficie, sulla scorta di informazioni ricavate dalla cartografia e dagli studi precedentemente eseguiti nella zona, a cui è stata successivamente applicata la metodologia analitica di acquisizione diretta dei

¹ L.R. n.138/1996; D.M.14/01/2008 (N.T.C.)

dati operata mediante una campagna di indagini geognostiche meccaniche e geofisiche previste nel D.M. 14/01/2008 (NTC 08).

Si precisa, infine, che tutte le indagini sono state svolte da ditte specializzate in campo geotecnico e geofisico, nel rispetto della normativa nazionale e sotto il coordinamento del tecnico incaricato. I risultati della campagna di indagini sono parte integrante di questo elaborato.

2. Metodologia di lavoro

Lo studio è stato impostato secondo le seguenti procedure:

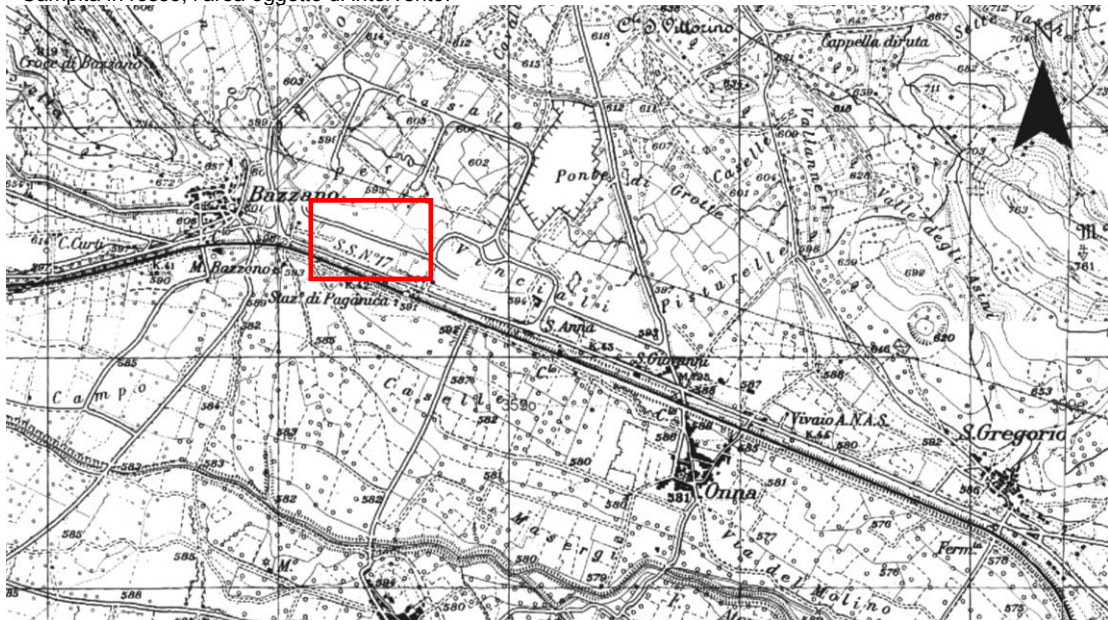
- Analisi bibliografica dei dati relativi alla geologia ed alle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e strutturali dell'area, ricavati da ricerche e studi eseguiti in precedenza nella zona;
- Rilevamento geologico di superficie finalizzato alla caratterizzazione geologico-stratigrafica e dei terreni affioranti;
- Rilevamento geomorfologico dell'area atto a descrivere l'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali;
- Rilevamento idrogeologico per esaminare le condizioni del reticolo idrografico e l'eventuale presenza di falde sospese e confinate, attraverso il rilievo dei pozzi esistenti;
- Indagini geognostiche consistenti in:
 - n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti ognuno a 20 metri di profondità dal p.c.;
 - n. 15 prove SPT in foro;
 - n. 1 prospezione sismica di superficie di tipo "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- Stesura della relazione geologica.

Tutte le operazioni di campagna e la loro elaborazione sono state eseguite secondo il D.M. dell'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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", secondo la L. 64/74 ed in riferimento alle Raccomandazioni e Direttive dell'A.G.I (Associazione Geotecnica Italiana).

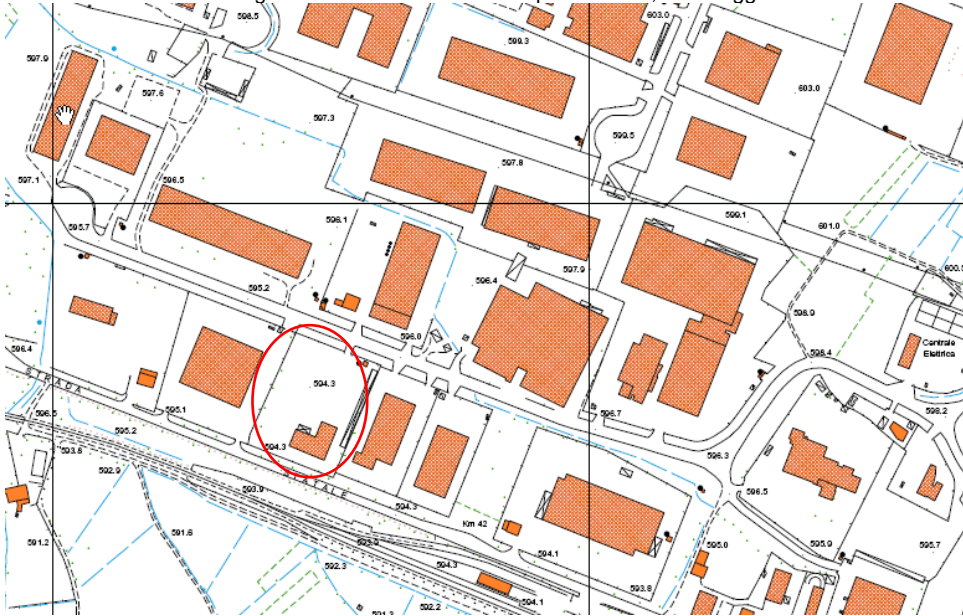
3. Localizzazione dell'area

L'area oggetto di questo studio è situata nel N.S.I. di Bazzano e ricade all'interno del Foglio 146 IV della Carta Topografica della Regione Abruzzo; è collocata in corrispondenza delle coordinate geografiche 42°20'04" latitudine N – 13°27'54" longitudine E. Sulla nuova C.T.R. della Regione Abruzzo in scala 1:5.000 l'intervento ricade all'interno dell'Elemento 359061.

Stralcio ripreso dalla Foglio 146 IV della Carta Topografica della Regione Abruzzo, Scala 1:25.000.
Campita in rosso, l'area oggetto di intervento.



Stralcio Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000. Campita in rosso, l'area oggetto di intervento.



Stralcio ripreso dall'ortofoto AGEA -volo 2007.



4. Evoluzione geologico-strutturale dell'area

L'area in studio ricade all'interno di una entità geografica indicata con il toponimo di "conca aquilana". Si tratta di un'estesa depressione morfologica di origine tettonica allungata in direzione NO-SE e occupata nel Pleistocene inferiore da un bacino lacustre colmato in varie fasi da sedimenti lacustri, fluvio-lacustri e fluviali.

Le catene montuose circostanti sono formate da una successione di rocce prevalentemente calcaree di età meso-cenozoica riferibili a vari paleoambienti sedimentari (*facies*) della *piattaforma carbonatica laziale-abruzzese*; mentre la fascia pedemontana a morfologia blanda (Gignano e, nel versante opposto, Pianola-S. Benedetto), da sedimenti terrigeni marnoso-arenacei miocenici (*flysch*).

Queste formazioni geologiche, caratterizzate da bassa permeabilità, inoltre, costituiscono il basamento profondo della "conca" su cui appoggiano i depositi continentali quaternari.

Il modellamento morfologico attuale deriva dai fenomeni tettogenetici mio-pliocenici, che hanno disarticolato la *piattaforma carbonatica* dando origine alle dorsali montuose dell'Appennino abruzzese e, con la successiva fase distensiva, alle depressioni strutturali intramontane più o meno estese in conseguenza di notevoli movimenti differenziali degli ammassi rocciosi.

Dal Pleistocene inferiore la "conca" di L'Aquila è stata colmata, in discordanza, da depositi continentali lacustri, fluvio-lacustri e fluviali, a composizione argilloso-limoso-sabbioso-ghiaiosa, i quali hanno riempito quasi completamente il bacino lacuale pleistocenico, modellando una estesa superficie pianeggiante.

Le successive vicende geologiche portarono alla formazione di un reticolo idrografico superficiale, di cui il fiume Aterno rappresentava e rappresenta l'asta fondamentale, con l'inizio di un nuovo ciclo erosivo che ha intaccato più o meno profondamente la coltre quaternaria pleistocenica, parzialmente ripristinata dall'accumulo di sedimenti fluviali olocenici.

5. Assetto geologico

L'area sulla quale verrà effettuato l'intervento edilizio si sviluppa, con andamento pressoché pianeggiante, nell'ambito della piana di Onna-Paganica che occupa un'ampia incisione valliva solcata, in direzione NO-SE, dal fiume Aterno che riceve le acque del fiume Vera e del torrente Raiale.

Questa piana, caratterizzata morfologicamente da numerose e blande ondulazioni, costituisce la propaggine più orientale della "conca aquilana" e fa parte di una estesa depressione di origine tettonica racchiusa tra alti rilievi costituiti da rocce carbonatiche di età meso-cenozoica, riferibili a vari paleoambienti sedimentari (*facies*) dalla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese al bacino prossimale, e da rocce terrigene arenaceo-marnose dell'avanfossa miocenica (*Unità del Gran Sasso*).

Nel settore settentrionale ed orientale, il perimetro della piana è delimitato da rilievi che rappresentano i primi contrafforti della catena del Gran Sasso e sono formati da calcari micritici, calcari marnosi e calcareniti suddivisi in strati immergenti verso SW.

La massa rocciosa di M.te Bazzano, dislocata per effetto di una evidente faglia diretta a direzione appenninica NO-SE che ha interessato gli strati di calcareniti, rappresenta il fianco occidentale della piana.

Lungo il bordo sud-occidentale affiorano la formazione miocenica costituita da potenti strati di arenaria, tra S. Benedetto e Pianola, e quella

cretacica formata da calciruditi e calcareniti bioclastiche, tra Monticchio e Fossa.

Il modellamento morfologico attuale deriva dai fenomeni tettogenetici mio-pliocenici, proseguiti nel Quaternario, che hanno disarticolato la piattaforma carbonatica dando origine alle dorsali montuose dell'Appennino abruzzese e, con la successiva fase distensiva, alle depressioni strutturali intramontane più o meno estese in conseguenza di notevoli movimenti differenziali degli ammassi rocciosi.

Tutta la successione geologica, infatti, è stata interessata, nel corso dell'orogenesi, da importanti dislocazioni tettoniche che hanno suddiviso gli ammassi rocciosi in grandi blocchi, più o meno sollevati, piegati e variamente ruotati rispetto alla originaria giacitura.

In particolare, la dorsale che costituisce il bordo orientale della piana e che si eleva in vicinanza dell'area oggetto di questa relazione fa parte di una massa rocciosa calcarea la quale risulta dislocata per effetto di una lunga faglia diretta, avente direzione NO-SE, notevolmente sollevata rispetto alla corrispondente formazione geologica esistente nel basamento della valle.

Tale configurazione, pur governata essenzialmente da un regime tettonico generale, è caratterizzata anche da diffusi fenomeni erosivi e deposizionali.

Dopo la formazione dei rilievi calcarei intensamente fratturati, infatti, il substrato della piana, costituito prevalentemente da formazioni meso-cenozoiche a bassa permeabilità, è stato coperto, in discordanza, dalla sedimentazione quaternaria. I depositi a composizione argilloso-limoso-sabbioso-ghiaiosa con orizzonti lignitiferi e livelli di tufiti, riconducibili a formazioni tipicamente continentali di ambiente lacustre e fluvio-lacustre, si sono accumulati durante il Pleistocene all'interno della "conca aquilana": i

materiali detritici erosi dai rilievi montuosi si riversarono nell'ampio bacino lacustre che occupava la depressione strutturale e che fu sede di una intensa e diffusa sedimentazione. Così, questi depositi, pur variando sensibilmente da zona a zona in relazione alla distanza dal bordo della "conca" e alle rocce affioranti nei rilievi circostanti, hanno colmato quasi completamente il bacino lacuale pleistocenico, instauratosi nella "conca aquilana", modellando una estesa superficie pianeggiante tuttora ben individuabile.

Successivi movimenti sismo-tettonici demolirono la soglia di sbarramento situata al limite sud-est del bacino (Campana) provocando lo svuotamento del lago residuo. Per effetto del progressivo abbassamento del reticolo fluviale, iniziò un nuovo ciclo erosivo e deposizionale ad opera di numerosi corsi d'acqua (fiume Vera; torrente Raiale), di cui il fiume Aterno costituiva e costituisce ancora oggi l'asta fondamentale, che portò all'erosione parziale dei sedimenti pleistocenici. Nelle depressioni vallive così originate si sono accumulati i sedimenti fluviali olocenici che occupano attualmente le piane di fondovalle in cui scorrono i corsi d'acqua principali.

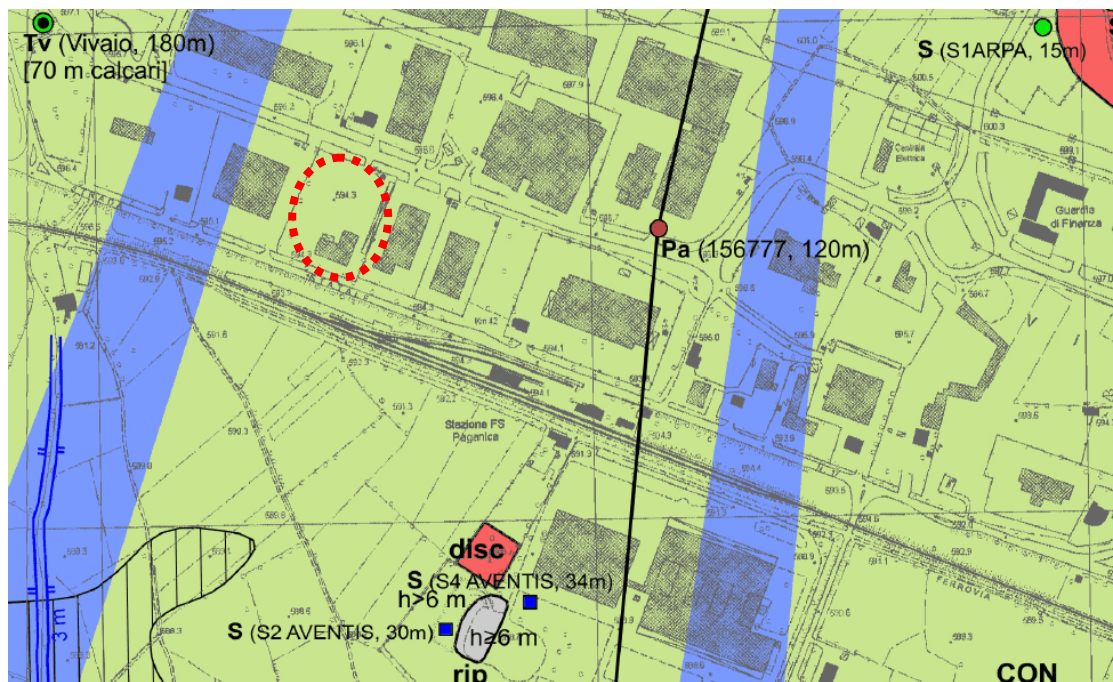
L'area presa in esame risulta interessata dalla coltre detritica di un vasto conoide di deiezione formato, allo sbocco della Valle d'Appari, dalle alluvioni sedimentate dal torrente Raiale, tributario del fiume Aterno (sigla CON – vedi carta geologica).

Questi sedimenti alluvionali, che, in profondità, appoggiano direttamente sul basamento roccioso meso-cenozoico e/o sui depositi lacustri e fluvio-lacustri pleistocenici (v. sezione geologica), sono costituiti da ghiaie ad elementi prevalentemente calcarei, per lo più arrotondati, di dimensioni variabili fino ad una decina di centimetri di diametro. Fra i clasti e i ciottoli è interposta un'abbondante frazione a grana fina (sabbia) o finissima (limo), di colore chiaro, anch'essa di natura prevalentemente calcarea.

Nell'accumulo sono presenti, di volta in volta, lenti e strati decimetrici di limi sabbiosi e sabbie limose di colore avana chiaro.

Lo spessore complessivo dei materiali ghiaiosi nelle aree distali dal bordo della depressione è dell'ordine di molte decine di metri, così come accertato dai numerosi sondaggi effettuati nelle zone limitrofe all'area presa in esame.

Nella sottostante figura è riportato uno stralcio della Carta geologica del Progetto di MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA AQUILANA-OPCM 3772/2009 – MACROAREA 3 L'Aquila Est – Paganica – Bazzano – S.Gregorio; con il cerchio rosso è indicata l'ubicazione dell'area in studio.



Autori:

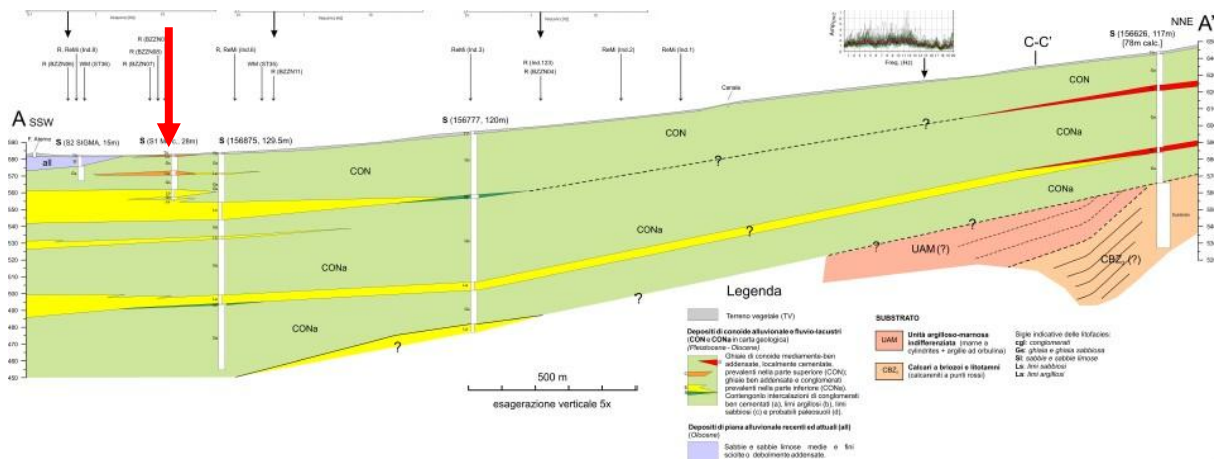
Boncio P., Pizzi A. - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Chieti-Pescara
Cavinato G.P., Cavuoto G., Giaccio B., Mancini M., Moscatelli M. - CNR-IGAG Roma

COPERTURE

- rip** - Depositi antropici di riporto
- disc** - Discarica
- coll** - Depositi eluvio-colluviali: prevalenti limi sabbiosi e limi argillosi bruno-rossastri o nerastri con subordinati clasti calcarei sparsi. Contenuto in ghiaia in aumento al piede dei versanti. Spessore variabile da 2-3 m a >3 m (*Olocene*).
- dt** - Detriti di versante: ghiaie eterometriche sciolte a clasti angolosi in abbondante matrice limo-argillosa bruna o grigiasta. Spessore variabile da 1 a >3 m, in aumento verso il piede del versante (*Pleistocene superiore-Olocene*).
- all** - Depositi alluvionali recenti ed attuali del Fiume Aterno: sabbie e sabbie limose medie e fini sciolte o debolmente addensate; sabbie, limi e ghiaie a stratificazione piana, giallastri; nei pressi di San Gregorio, sabbie limose bruno scure coperte al tetto da un paleosuolo argilloso-sabbioso molto scuro, ricco in materia organica (*Pleistocene superiore-Olocene*).
- CON** - Depositi di conoide alluvionale: ghiaie eterometriche (diametro fino a 20-30 cm) grano-sostenute biancastre da mediamente a ben addensate, localmente cementate, con clasti da sub-angolosi ad arrotondati calcarei, subordinatamente silicei, grossolanamente stratificate con frequenti canali anche metrici e foreset progredazionali. A più livelli, intercalazioni decimetriche sabbiose giallo-arancio discontinue lateralmente. Lo spessore massimo affiorante è di 15 m ma i dati di sottosuolo indicano spessori molto maggiori, in aumento da nord verso sud. Al tetto, possono essere presenti corpi canalizzati di ghiaie a clasti centrimetrici intercalati a colluvi di suolo marrone passanti verso l'alto al suolo limo-argilloso attuale (spessore 0,5-1,5 m). (rif. CARG: *Sintema di Valle Majelama, Pleistocene superiore*)

DATI DI SOTTOSUOLO

- Pozzi per acqua (Lege 464)
- **Pa** (codice, prof. pozzo) [prof. substrato, tipo di substrato] intercetta il substrato
 - **Pa** (codice, prof. pozzo) non intercetta il substrato
- Sondaggi a carotaggio continuo (Sc: con prelievo campioni; S, DH: con prova Down hole)
- **S** (codice, prof. sondaggio) [prof. substrato, tipo di substrato] intercetta il substrato
 - **S** (codice, prof. sondaggio) non intercetta il substrato
 - **S** (codice, prof. sondaggio) ubicazione certa
 - **S** (codice, prof. sondaggio) ubicazione approssimativa



Profili geologici allegati alla Carta geologica del Progetto di MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA AQUILANA OPCM 3772/2009 – MACROAREA 3 L'Aquila Est – Paganica – Bazzano – San Gregorio; con la freccia rossa, l'ubicazione dell'area in studio.

5.1 Stratigrafia ed assetto strutturale dell'area in studio

La successione stratigrafica dell'area, in base al rilevamento geologico eseguito, è caratterizzata dalle *unità* di seguito descritte (dall'alto verso il basso), per la cui descrizione si è fatto riferimento alla Carta geologica del Progetto di MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA AQUILANA OPCM 3772/2009 – MACROAREA 3 – L'Aquila Est:

Depositi di conoide alluvionale

Ghiaie eterometriche (diametro fino a 20-30 cm) grano-sostenute biancastre da mediamente a ben addensate, localmente cementate, con clasti da sub-angolosi ad arrotondati calcarei, subordinatamente silicei, grossolanamente stratificate con frequenti canali anche metrici e foreset progradazionali. Lo spessore massimo affiorante è di 15 m, ma i dati in sottosuolo indicano spessori molto maggiori, in aumento da nord (Paganica) verso sud (Onna, Bazzano), dove sono stati attraversati per uno spessore di circa 100 m. senza incontrarne la base. Al tetto possono essere presenti corpi canalizzati di ghiaie e clasti centimetrici intercalati a colluvi di suolo marrone passanti verso l'alto a suolo limo-argilloso attuale. Nelle aree di piana alluvionale del F. Aterno, (Onna, Bazzano), dai sondaggi effettuati si riporta la presenza di interstrati e lenti di intercalazioni decimetriche sabbiose giallo-arancio discontinue lateralmente e, più in basso, spessi orizzonti (anche continui) di limi argillosi, a volte in associazione con conglomerati ben cementati alla base. (rif. CARG: Sintema di Valle Majelama, Pleistocene superiore)

Dai sondaggi geognostici effettuati in loco, è stato possibile inoltre ricavare la successione stratigrafica del substrato geologico direttamente al di sotto del sito in esame.

Superato lo strato bituminoso, il sottofondo stradale ed il suolo vegetale di natura limoso-sabbiosa di colore marrone e con frammenti calcarei, di spessore max di 170 cm, si rinvencono ghiaie e ciottoli di natura calcarea e subordinatamente selciosa, con $D_{max}=8$ cm, in più o meno abbondante matrice sabbiosa e a tratti sabbioso-limosa di colore biancastro o avana, fino a fondo foro.

Nel sondaggio S3, in effetti, al di sotto del primo strato di ghiaia, alla profondità di circa 2 metri, è stato intercettato un livello (50 cm.) di limo sabbioso di colore avana.

In base all'analisi stratigrafica e sedimentologia dei sedimenti estratti in sondaggio, ed al rilevamento geologico di superficie, la ricostruzione paleoambientale del sito in esame mette in evidenza un contesto di piana alluvionale in cui si sviluppava nel Pleistocene superiore un enorme conoide alluvionale, che prendeva origine dal margine settentrionale della "conca aquilana" (Valle d'Appari, nella zona di Paganica) e che veniva rifornito abbondantemente di materiale grossolano calcareo, proveniente dal disfacimento dei rilievi montuosi della catena del Gran Sasso in formazione.

6. Assetto geomorfologico

Per quanto riguarda i caratteri morfologici di questa parte della "conca aquilana", essi sono diretta conseguenza della complessa evoluzione geologico-strutturale dell'Appennino centrale. La configurazione del paesaggio risulta definita dall'assetto tettonico generale ma risente anche del modellamento imposto dallo scorrimento delle acque superficiali che hanno dato origine al reticolo idrografico.

La morfologia dei versanti montuosi, ove affiorano le rocce carbonatiche, è caratterizzata da forme pronunciate, con una notevole acclività dei pendii, con tratti, talvolta, rupestri.

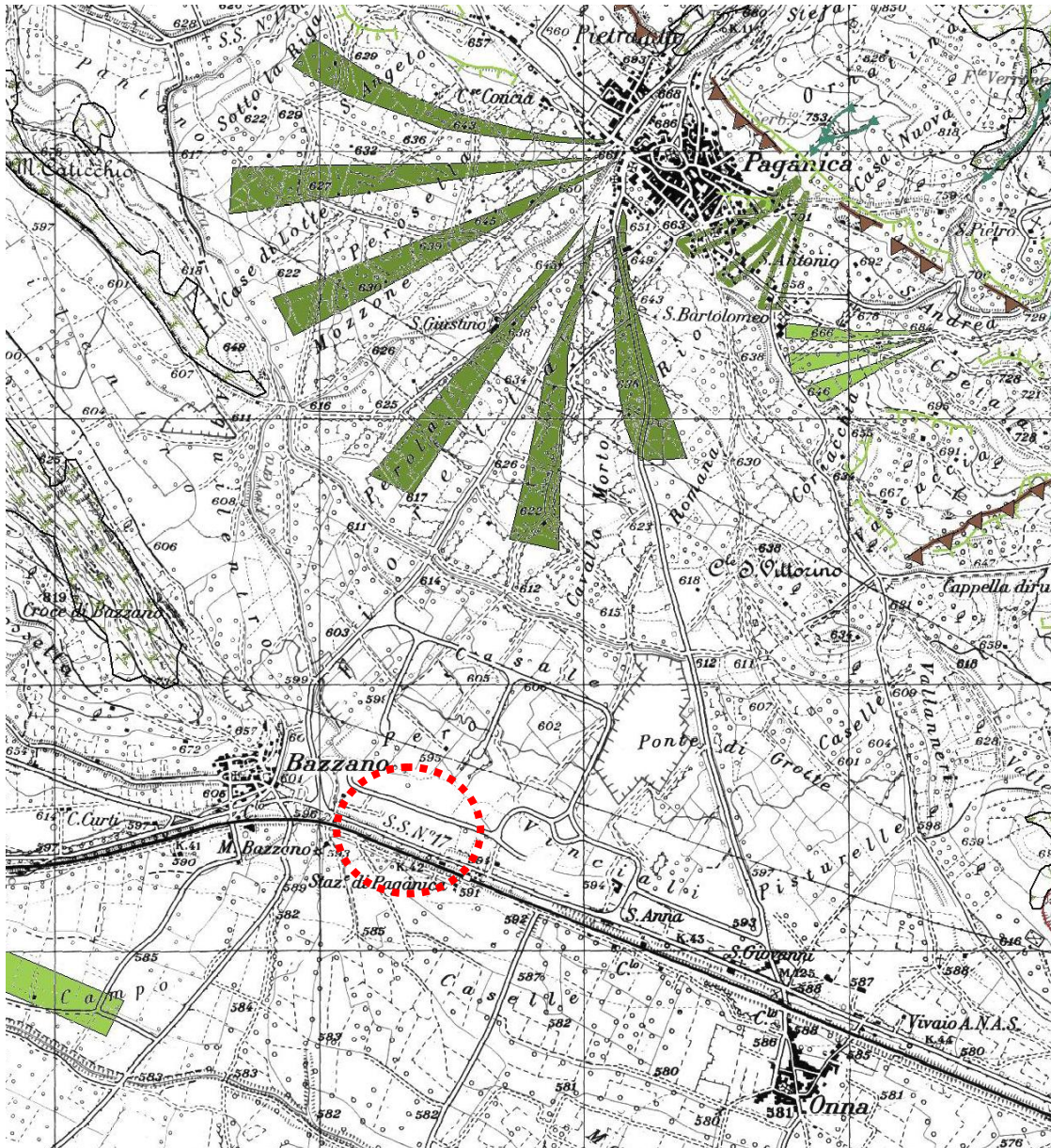
Le aree di fondovalle, costituite essenzialmente da depositi continentali quaternari, presentano caratteri morfologici improntati a forme molto blande e tali, quindi, da non generare condizioni di disequilibrio.

In particolare, nella coltre detritica, sulla quale si sviluppa l'area interessata all'intervento edilizio, non sono state rilevate forme associabili a movimenti gravitativi avvenuti né indizi morfologici significativi che indichino processi dissestanti in atto o in preparazione.

La zona oggetto di questa relazione, infatti, risulta esclusa dalla perimetrazione di aree pericolose soggette a rischio geomorfologico e idrogeologico, e dalle aree alluvionabili come evidenziato dalla cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico Quadr. 359 O) e PSDA (Piano Stralcio Difesa Alluvioni) della Regione Abruzzo.

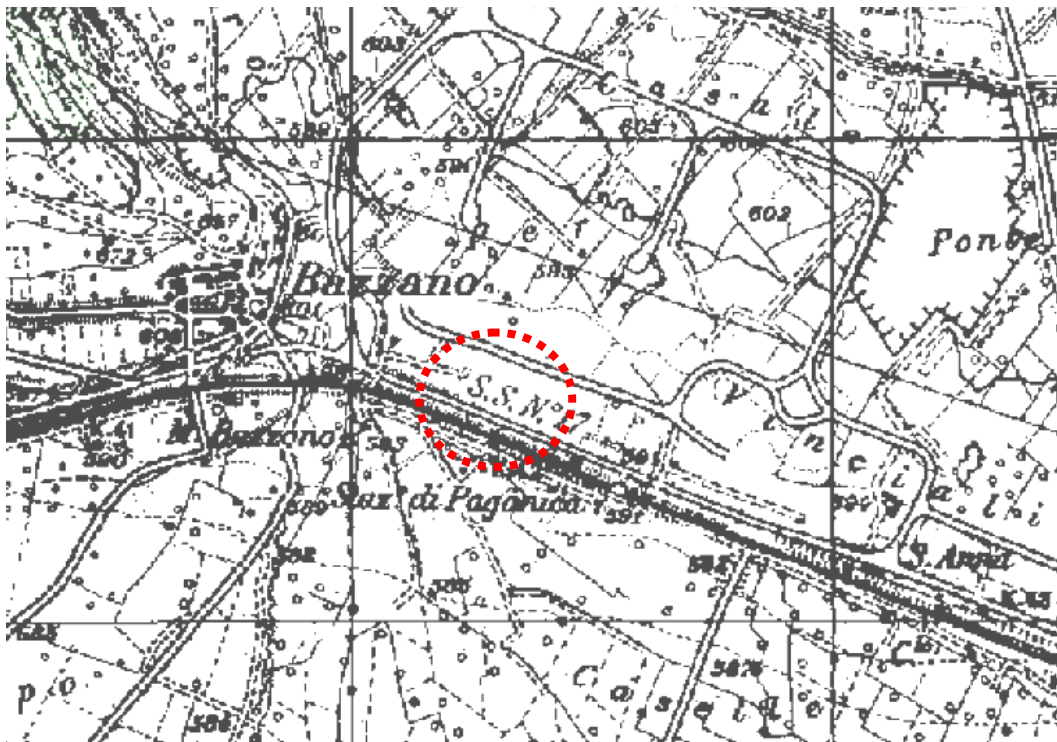
Anche l'azione modellatrice delle acque di scorrimento superficiale, che hanno inciso più o meno profondamente le rocce calcaree del versante montuoso ed i sedimenti continentali quaternari del fondovalle, risulta, per le mutate condizioni climatiche nel corso del Quaternario, estremamente ridotta e tale, comunque, da non alterare la condizione di equilibrio esistente.

Carta Geomorfologica PAI Regione Abruzzo Q. 359 O

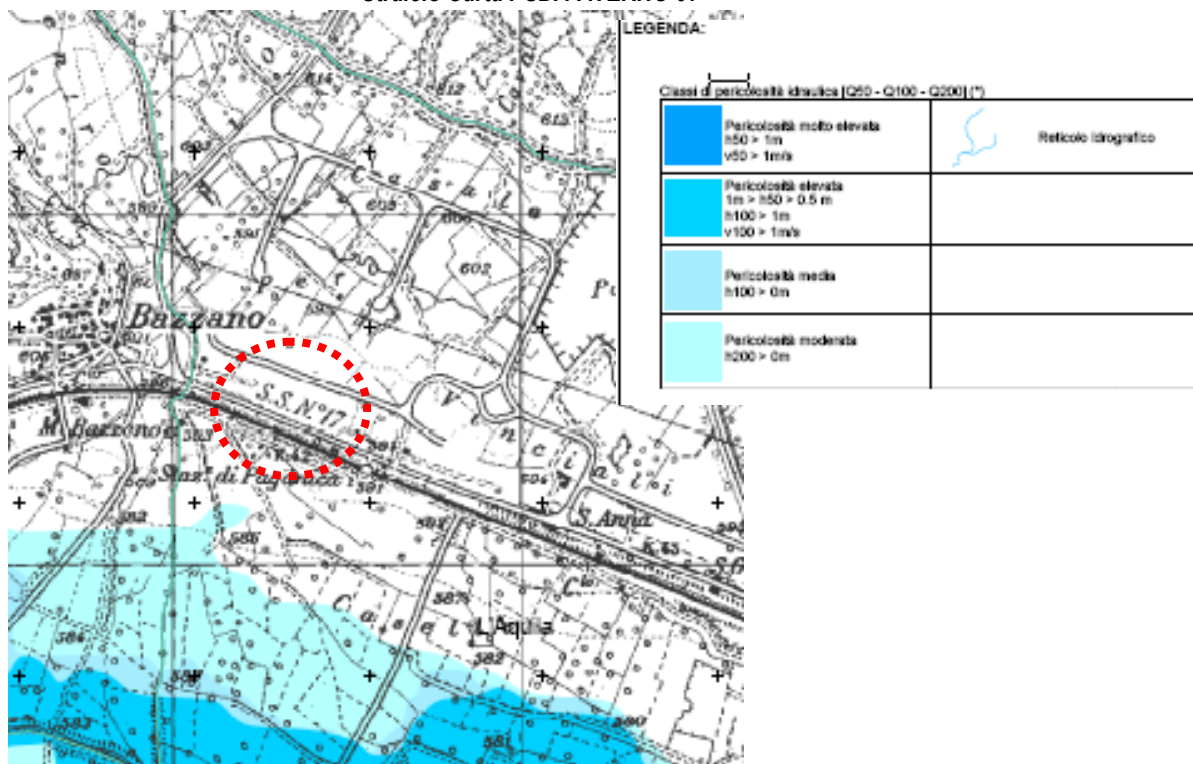


	ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
Conoide alluvionale			

Carta della Pericolosità PAI Regione Abruzzo F. 359 O



Stralcio Carta PSDA-ATERNO 07



7. Idrogeologia della *piana* di Onna-Paganica

L'area oggetto di questa relazione è parte integrante della *piana* di Onna-Paganica, settore orientale della “conca aquilana”, che è caratterizzata da un articolato reticolo idrografico superficiale integrato con una diffusa serie di canali artificiali. Infatti, la *piana* è solcata dal fiume Vera e dal torrente Raiale, entrambi tributari del fiume Aterno che rappresenta l'asta fondamentale di tutto il sistema che interessa la “conca”.

In considerazione delle caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni affioranti nella “conca aquilana”, lo schema idrogeologico di questa zona, fortemente influenzato dalla presenza della catena del Gran Sasso, può così essere schematizzato.

Nelle dorsali montuose, le rocce carbonatiche sono dotate di una permeabilità per fratturazione e carsismo in media molto elevata. Si verificano, quindi, anche per la ridotta evapotraspirazione, le condizioni per l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle acque di pioggia e di fusione delle nevi che danno origine ad una diffusa circolazione idrica sotterranea.

Infatti, le acque di precipitazione meteorica riescono a penetrare attraverso le numerose fessure che caratterizzano le rocce calcaree in affioramento e si muovono, poi, nell'ammasso roccioso con un percorso che, pur condizionato dai vari sistemi di faglie e di fratture, risulta prevalentemente verticale lungo un reticolo carsico variamente configurato e distribuito al suo interno, fino a confluire in una falda idrica di “base” che risulta compartimentata in tanti bacini idrici sotterranei in conseguenza di complessità tettoniche.

Le sorgenti del Vera (quota 650 m s.l.m.; $Q=1,7$ mc/s), poste a qualche Km a nord-ovest dell'area edificatoria, sono alimentate, per l'appunto, dalle acque contenute nelle rocce calcaree. Queste acque, a loro volta, scorrendo

in superficie, danno origine all'omonimo fiume che risulta confinato in un alveo di materiali alluvionali di natura limoso-argillosa, essenzialmente impermeabile, che rendono il corso d'acqua "pensile", privo di ogni comunicazione idraulica con la formazione sabbioso-ghiaiosa della piana.

Analoga situazione idrogeologica si riscontra per il torrente Raiale che riceve un notevole contributo idrico anche dalle acque che si infiltrano nella vasta fascia di detrito di falda che appoggiano nel versante meridionale della catena del Gran Sasso.

Una parte più o meno cospicua di queste acque circolanti nelle rocce calcaree, inoltre, passa nei depositi continentali permeabili che riempiono la *piana* di Onna-Paganica e va a sostenere la falda acquifera, piuttosto consistente, che è stata intercettata da una serie di pozzi ad una profondità mai inferiore ai 70 metri dal piano di campagna.

Infine, l'insieme delle acque che si infiltrano direttamente nella conca, danno origine ad acquiferi di tipo "sospeso", di scarso valore idrologico, distribuiti nell'ambito dei materiali detritici della piana a profondità variabili in relazione alla presenza e alla continuità di strati impermeabili (limi, limi sabbiosi e ghiaie cementate).

Va evidenziato, comunque, che nel sito oggetto di questa relazione l'eventuale falda idrica è posta ad una profondità tale da non poter interferire con la struttura di fondazione né con il volume di terreno interessato dai carichi strutturali. Nel corso dei sondaggi, spinti fino alla profondità di -20 metri dal p.c., infatti, non è stata intercettata falda idrica.

8. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Allo scopo di caratterizzare i terreni del punto di vista geotecnico, oltre ai dati provenienti da precedenti indagini effettuate in aree limitrofe, alle conoscenze dirette e personali del territorio ed al rilevamento geologico eseguito sul terreno, è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche in situ, sia dirette che indirette, consistenti in n. 3 sondaggi geognostici a rotazione ed a carotaggio continuo, spinto a 20 metri di profondità dal p.c., corredati da n. 15 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro a diverse profondità (n.5 in S1; n.5 in S2; n.5 in S3), eseguite durante l'avanzamento dei sondaggi, ed, infine, n. 1 indagine sismica di tipo "MASW".

I risultati sono stati riportati nei Rapporti d'indagine della ditta GEO dell'ing. Bruno Taddei & C. s.a.s. di L'Aquila e della ditta AURELI SOIL s.n.c. del dott. geol. Michele Aureli che sono parte integrante di questa relazione.

8.1 Sondaggio geognostico e prove SPT

Il sondaggio è stato eseguito con perforatrice idraulica a rotazione tipo CMV MK900. Per la perforazione sono stati utilizzati carotieri Ø 101 mm e tubazioni di rivestimento provvisorio Ø 127 mm. Il materiale campionato è stato sistemato in cassette catalogatrici in PVC con l'indicazione delle profondità di prelievo.

Le prove SPT (Standard Penetration Test), i cui risultati sono riportati nel profilo stratigrafico del sondaggio, sono state eseguite utilizzando il campionatore standard tipo Raymond con punta conica e il maglio standard a sganciamento automatico (massa battente 63.5 kg e altezza di caduta 76 cm). Le prove SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione diretta delle caratteristiche e

del tipo di terreno e si misura con il numero di colpi ($N_{SPT} = N_2 + N_3$) necessario per un'infissione di 300 mm. (150 + 150mm, successiva all'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm. (N_1) di infissione dinamica per il posizionamento. La prova viene considerata rifiuto per $N_{SPT} > 100$.

Circa la parametrizzazione geotecnica, l'Eurocodice, come le NTC08, stabilisce che si debba assumere per ogni unità individuata nel modello geotecnico un valore caratteristico ricavato da una stima qualitativa del valore ottenuto dal quadro complessivo dei dati disponibili. Nella parte 2 dell'Eurocodice 7 si esplicita che l'indagine geognostica può essere più o meno approfondita in relazione al grado di conoscenza del terreno.

I parametri geotecnici così possono essere ricavati sperimentalmente, essenzialmente attraverso prove in laboratorio², o determinati indirettamente attraverso formule empiriche.

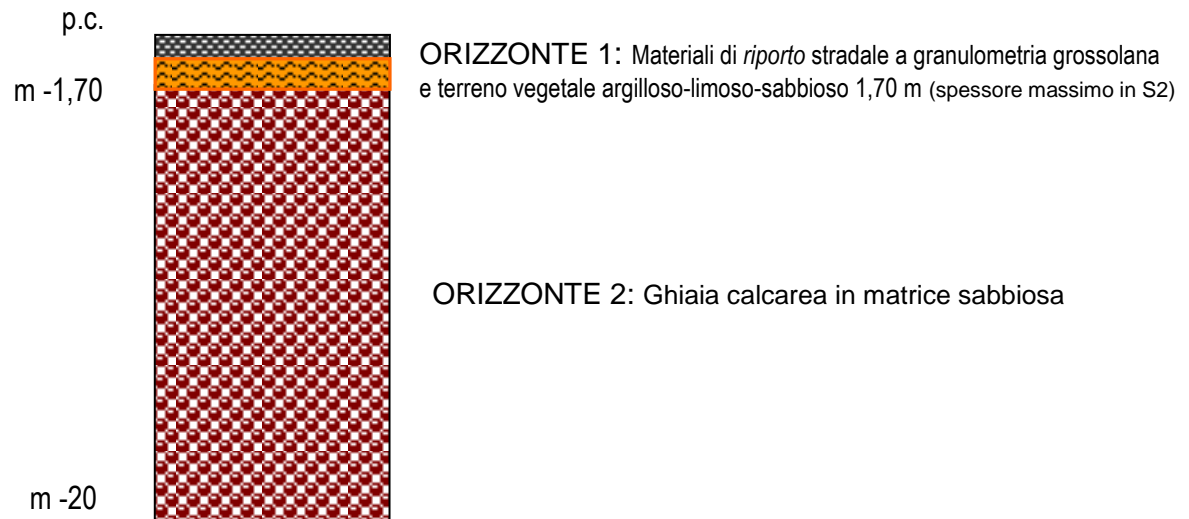
La natura ghiaiosa dei terreni del sottosuolo non permetteva il prelievo di campioni; si è optato, pertanto, per le prove SPT che, tra l'altro offrono il grande vantaggio di stimare la consistenza del terreno in modo rapido e a cadenze stabilite dall'operatore, tenendo, però, conto della dispersione dei valori sperimentali sui quali è basata la formula adottata.

Tutto questo, evidentemente, è stato possibile perchè alla base della quantizzazione delle capacità dell'unità litotecnica, c'è la conoscenza della sedimentologia e della geologia litostratigrafica.

² Si deve però porre l'attenzione sul fatto che un singolo campione di terreno sottoposto a prove di laboratorio non descrive in maniera adeguata il comportamento di una unità stratigrafica che presenta al suo interno naturali differenze di comportamento. In definitiva, per operare una parametrizzazione corretta, andrebbero prelevati campioni ogni 2-3 metri di profondità da sottoporre a prove di laboratorio.

8.2 Litotecnica dei terreni del sottosuolo

Sulla base delle considerazioni geologico-stratigrafiche illustrate in precedenza e dei risultati dell'indagine geognostica è possibile ricostruire una "sezione tipo" per il sottosuolo dell'area in esame:



A partire dal piano campagna si incontra subito l'ORIZZONTE 1, costituito da materiale di *riporto* stradale e dalla coltre vegetale (100÷170 cm) argilloso-limoso-sabbiosa.

Al di sotto incontriamo invece l' ORIZZONTE 2 con buone caratteristiche geomeccaniche (N_{SPT} fino a *rifiuto*) costituito da depositi ghiaiosi grossolani, costituiti da ghiaie calcaree in più o meno abbondante matrice sabbioso-limoso di colore biancastro o avana, per uno spessore massimo di circa 29 metri.

8.3 Parametri geotecnici del substrato

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, non viene preso in considerazione l'ORIZZONTE 1 in quanto si ritiene che l'area di sedime della struttura fondale del fabbricato commerciale (profondità > 1,70 m.) sia ricavata esclusivamente sui sedimenti sabbioso-ghiaiosi dell'ORIZZONTE 2.

L'analisi macroscopica dei campioni e i risultati delle indagini in sito denotano buone caratteristiche geomeccaniche per i sedimenti che costituiscono l'ORIZZONTE 2 che presenta una notevole capacità di resistenza di penetrazione alla punta, tanto che 12 prove SPT su 15 effettuate hanno fatto registrare il *rifiuto strumentale* mostrando, così, un elevato grado di addensamento ($N_{SPT} > 50$) della formazione detritica (*molto densa* secondo la classificazione di Terzaghi-Peck).

Va tenuto presente, però, che il valore di N_{spt} è stato influenzato dalla presenza nei sedimenti di numerosi clasti calcarei. Inoltre, considerato che i sedimenti quaternari possono presentare variabilità sia in senso verticale che orizzontale, risulta utile, in maniera cautelativa, fare riferimento, per la valutazione della capacità portante del volume di terreno interessato dai carichi strutturali, al seguente *range* di valori dei principali parametri geotecnici desunti dalla letteratura tecnica internazionale [Gibbs-Holtz (1957); De Mello (1971); Peck, Hanson & Thorburn (1974); Shioi & Fukuni Japanese National Railway(1982)]:

Consistenza	addensato
Densità relativa (D_r)	65-85%
Peso di Volume (γ)	2,1-2,2 t/m ³
Angolo d'attrito (φ)	35°-40°
Coesione (c)	0
Modulo di deformabilità (E)	5.000 – 8.000 t/m ²

9. Rischio sismico

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), entrate in vigore il 1 luglio 2009, stabiliscono che *le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primaria per la determinazione delle azioni sismiche.*

Secondo la normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, dall’accelerazione orizzontale massima al suolo a_g , dal valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale massima al sito F_0 , dal periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_0^* . Ai fini dell’azione sismica di progetto, la normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo definendo le categorie dei terreni in funzione della velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_s).

SUOLO DI FONDAZIONE	VS30	NSPT - CU
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800 m/s	-----
B <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	>360 m/s <800 m/s	NSPT ₃₀ > 50 CU ₃₀ > 250 kPa
C <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	>180 m/s <360 m/s	15 < NSPT ₃₀ < 50 70 < CU ₃₀ < 250 kPa

D <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terrenia grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	<180 m/s	NSPT ₃₀ < 15 Cu ₃₀ < 70
E <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).</i>	<360 m/s	NSPT ₃₀ < 50 Cu ₃₀ < 250 kPa
S1 <i>Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>	<100 m/s	10 < Cu ₃₀ < 20 kPa
S2 <i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>		

In base ai valori di Vs, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in ottemperanza alla normativa vigente è possibile ricavare la categoria di suolo di fondazione, secondo la seguente formula:

$$V_s 30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

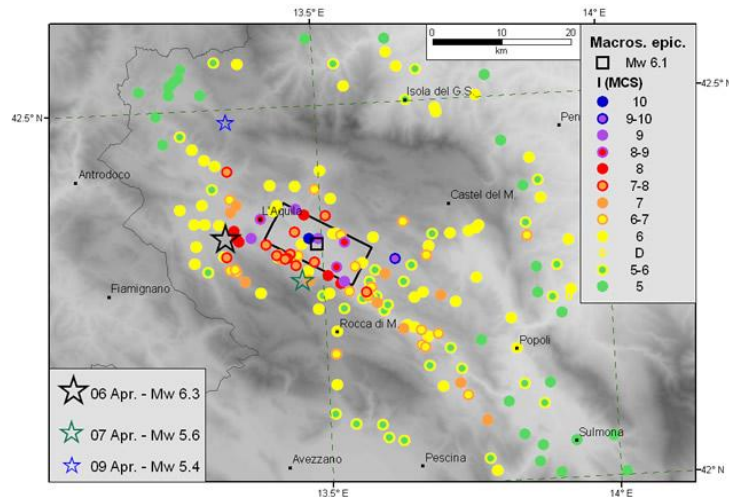
dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Il territorio del Comune di L'Aquila attualmente rientra in zona sismica Z=2 secondo la OPCM 3274 del 2003 con un valore di accelerazione massima al suolo ag è pari a 0,25g.

Nel corso del 2006, l'OPCM 3519 ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri che le regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei comuni alle 4 zone sismiche. Tuttavia questa ordinanza non obbliga le regioni ad aggiornare tali afferenze.

Secondo la mappa MPS04, tutta la zona colpita dal terremoto del 6 aprile 2009, compreso il territorio del Comune di L'Aquila, ricade nella fascia

ad elevata pericolosità sismica e, pertanto potrebbe essere assegnata per intero alla zona sismica 1.



Carta dell'IS registrata nell'evento del 6 aprile 2009 e aftershocks (QUEST :QUick Earthquake Survey Team).

9.1 Sismicità storica

Dal punto di vista storico, la sismicità dell'area è documentata sin dal secolo II d.C., e da allora numerosi sono stati gli eventi sismici che hanno colpito il territorio (CNR-PFG, 1985; CNR-GNDT, 1996; ING-SGA, 1997; Gruppo di Lavoro CPTI, 1999). La massima intensità macrosismica osservata in Abruzzo è pari all'XI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), e più volte è stato raggiunto e superato il X grado. Già da questi pochi elementi emerge il carattere fortemente distruttivo della sismicità abruzzese, ben testimoniato dallo studio del danneggiamento indotto da alcuni importanti terremoti storici (L'Aquila 1349 – X grado, 1461 – X grado; Norcia, 1703 – X grado; Montagna della Maiella, 1706 X-XI grado; Aquilano, 1762 – IX-X grado; Avezzano, 1915 – XI grado; Val di Sangro, 1984 – VIII grado) e recenti, quale il terremoto di L'Aquila del 6 aprile 2009 (IX-X grado)

MCS), la cui cinematica è chiaramente associata a meccanismi di tipo distensivo.

La Neotettonica, relativamente ai tempi geologici, è attiva: le *unità* del substrato e le coperture quaternarie sono interessate da numerose scarpate e fratture recenti con influenza tettonica.

9.2 Suolo di fondazione

Per la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione richiesta dal D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), si è provveduto ad effettuare una prospezione sismica di superficie di tipo “MASW” (Multichannel Analysis of Surface Waves)

I risultati dell'indagine hanno consentito di individuare, sulla base dei valori della propagazione delle onde di taglio, 4 sismostrati. Tuttavia, dall'analisi geologica eseguita e dall'interpretazione dei dati ottenuti, è possibile ricostruire la locale successione stratigrafica schematizzandola nel modo seguente:

- *orizzonte 1*: materiali di *riporto* stradale e sedimenti del terreno vegetale con uno spessore di 2,0 metri con valori di $V_s = 379$ m/s;
- *orizzonte 2*: ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa (sedimenti alluvionali quaternari del conoide) che fanno registrare valori crescenti di V_s da 465 a 1214 m/s.

Il profilo della velocità delle onde di taglio conferma la situazione stratigrafica del sottosuolo descritta in precedenza.

Le caratteristiche del suolo di fondazione sono molto importanti per la risposta sismica. Nella nuova normativa, per semplicità sono state introdotte n. 5 categorie di profilo stratigrafico (*A, B, C, D, E*); a queste si aggiungono i

terreni particolarmente pericolosi, per i quali si richiede uno studio più approfondito (S1, S2).

Nell'area di studio, escludendo lo strato superficiale di terreno vegetale e/o di suolo e/o di coltre alterata superficiale, **in base all'indagine sismica MASW eseguita nel sito di studio** (la cui relazione è in allegato), che ha restituito un valore di $V_{s30} = 753 \text{ m/s}$, il suolo di fondazione può essere inserito nella:

CATEGORIA DI TERRENO B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)*

Il moto sismico in superficie è fortemente condizionato rispetto al terremoto di riferimento, determinato considerando la sismicità storica del sito, atteso al substrato rigido. In effetti, per risposta sismica locale (RSL) si intende la modifica in ampiezza, durata e frequenza che il moto sismico relativo al bedrock subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie. Il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie e quella in corrispondenza del substrato roccioso rappresenta la funzione di amplificazione.

Di fatto, quindi, il terreno agisce da "filtro" incrementando l'ampiezza del moto in corrispondenza di alcune frequenze e riducendola per altre. Le amplificazioni maggiori si hanno con il fenomeno della "risonanza" del moto e cioè quando la frequenza fondamentale dello strato ($f=1/T_0$ con $T_0= H/V_s$) coincide o quasi con quella dell'onda sismica. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri, a_g accelerazione

orizzontale massima del terreno, F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Per il calcolo pericolosità sismica di base vengono definiti i seguenti parametri. In relazione alla situazione geomorfologica del sito in esame, si può attribuire la **categoria topografia T1** secondo quanto stabilito dalla seguente tabella contenuta nelle NTC 08:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Calcolo pericolosità sismica di base

Coordinate geografiche del sito in studio nel reticolo di riferimento:
latitudine N 42°20'04" -13°27'54" longitudine E.

Vita di riferimento VR ($VR = VN \times CU$):

- edificio di classe III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi);

-coefficiente d'uso $CU = 1,5$,

-vita nominale $VN \geq 50$,

VR = 75 anni

PVR : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR.

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

I periodi di ritorno T_R associati agli stati limiti

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

e i **parametri sismici** su suolo rigido in condizioni *free field* alle coordinate sopra indicate sono riportati nella tabella successiva.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* , alle coordinate del sito, per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,092	2,350	0,279
SLD	75	0,117	2,314	0,289
SLV	712	0,282	2,383	0,347
SLC	1462	0,362	2,413	0,362

Coefficienti di amplificazione sismica

In virtù della categoria di appartenenza del profilo dei suoli di fondazione (B) e dell'andamento topografico del sito (T1), per il calcolo degli spettri di progetto il progettista potrà fare riferimento ai seguenti coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s e C_c) (3.2.3.2.1. delle NTC 08) e topografica (ST)³:

³ Per la stima dei parametri dello spettro di risposta è stato utilizzato il programma di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei LL.PP. tuttavia, tali elaborazioni sono soltanto indicative e sarà compito dei progettisti eseguire i necessari approfondimenti.

Parametri indipendenti dello spettro di risposta orizzontale per ciascuno degli SL

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,131	1,051
Cc	1,420	1,410	1,359	1,348
ST	1,000	1,000	1,000	1,000

Parametri dipendenti per lo spettro di risposta orizzontale per lo SLV

S	1,131
η	1,000
T_B	0,157 s
T_C	0,472 s
T_D	2,729 s

Parametri indipendenti e dipendenti per lo spettro di risposta verticale per lo SLV

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,203 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

F_v	1,709
S	1,000
η	0,667

10. Conclusioni

Sulla base di quanto emerso dallo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico del sito, si traccia, in conclusione, un quadro riassuntivo sulla natura e sulle caratteristiche dei terreni indagati.

- ✓ Il settore di destinazione del progetto è caratterizzato da una morfologia blanda, ad andamento sub-pianeggiante, con pendenza inferiore ai 15°. Non presenta situazioni di dissesto geomorfologico in atto o potenziali. Infatti, nei Progetti di Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo "*Fenomeni gravitativi e Processi erosivi*" e "*difesa della alluvioni*" (adottato in base alla L.R. 16 Settembre 1998 n. 81, con D.G.R. n. 1386 del 29 dicembre 2004), allo stato attuale, nel sito di interesse, **non esistono condizioni di pericolosità da frana e da alluvione.**
- ✓ Nel sito oggetto di questa relazione il substrato è costituito da depositi ghiaiosi di conoide alluvionale, che, dal punto di vista geotecnico, sono dotati di buone caratteristiche geomeccaniche.
- ✓ Per ciò che riguarda l'idrogeologia e l'idrologia, i risultati delle indagini svolte sono tali da ritenere che l'opera in progetto non trasforma le caratteristiche dell'attuale contesto idrogeologico, sia a livello locale che generale, né modifica l'idrologia superficiale rispetto alla situazione preesistente.
- ✓ Nei fori di sondaggio eseguiti non è stata rinvenuta falda idrica superficiale.
- ✓ In riferimento alla nuova *normativa sismica* (O.P.C.M. 3274 e succ.) l'area ricade nella Zona Sismica 2. Il substrato geologico subito al di sotto della terreno di riporto superficiale si inserisce (D.M.14/01/2008) nella **CATEGORIA DI TERRENO B**; categoria topografica **T1**.

Nel complesso l'intervento edilizio, che interessa un'area in buone condizioni di stabilità, non soggetta a falde idriche sotterranee nel volume di terreno significativo, risulta compatibile con le condizioni geomorfologiche del territorio e con le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

S. Demetrio, Febbraio 2011



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Gaudenzio Leonardis". Below the signature is a circular blue stamp. The stamp contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO" around the top edge, "Dott. Geol. Gaudenzio LEONARDIS" in the center, and "N. ISCRIZ. 40" at the bottom. In the center of the stamp is a small globe icon.

Bibliografia

- APAT – Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia – Note Illustrative della Carta Geologica alla scala 1:50.000 – F. 358 (2006)
- ALBERTI A. – BENEIO E. – MANFREDINI M. – SCARSELLA F. – Note illustrative della carta geologica d'Italia – F. 139 L'Aquila (1955)
- BENEIO E. – Tettonica della valle dell'Aterno (Abruzzo) – Boll. Uff. Geol. Ital. (1940)
- BENEIO E. – Note illustrative della carta geologica d'Italia – F. 146 Sulmona (1943)
- BERTINI T–TOTANI G–CUGISI F–FARRONI A–Caratterizzazione geologica e geotecnica dei sedimenti quaternari del settore occidentale della conca aquilana– Q. DISAT università di L' Aquila (1992)
- BERTINI T. – BOSI C. – Geologia della media valle dell'Aterno - Mem. Soc. geol. 9 (1970)
- BOSI C. – Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino centrale. Boll. Soc. Geol. It-94 (1975)
- BERTINI T.– BOSI C. – La tettonica quaternaria della conca di Fossa– Il Quaternario 6 (1993)
- BLUMETTI A.M. – CAVINATO G.P. – TALLINI M – Evoluzione plio-quaternaria della conca di L'Aquila-scoppito: studio preliminare – Il Quaternario 9 (1996)
- BOSI C. – GALADINI F. – MESSINA P. – Neotectonic significance of bedrock fault scarps: case studies from the Lazio-Abruzzi Apennines (central Italy) – Geomorph. Suppl. (1993)
- BOSI C. – MESSINA P. – Ipotesi di correlazione fra successioni morfo-litostigrafiche plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese – Studi Geologici Camerti (1991)
- CALABRESI G. – Determinazione e scelta dei parametri geotecnici che intervengono nel calcolo dei cedimenti delle fondazioni – Atti delle conferenze di geotecnica di Torino II ciclo (1971)
- COLACICCHI R. – Le caratteristiche delle facies abruzzesi – Mem. Soc. geol. (1966)
- DEMANGEOT J. – Geomorfologie des Abruzzes Adriatiques – CNRS Paris (1965)
- DEMANGEOT J. – Neotectonique et depots quaternaries dans l'Apennin - Ass. NAz. Lincei. (1973)
- FOCARDI PIERO – La progettazione della campagna geognostica per la caratterizzazione dei terreni e la definizione del modello geotecnico – Giornale di Geologia Applicata 2 (2005)
- GALADINI F. – GIRAUDI C. – GIULIANI R. – Su alcune dislocazioni di un detrito di versante in un'area tettonicamente attiva (Il Tagno-media Valle dell'Aterno) - Boll. Soc. Geol. It-110 (1991)

GALADINI F. – MESSINAP. – SPOSATO A.- Tettonica quaternaria nell'Appennino centrale e caratterizzazione dell'attività di faglie nel Pleistocene superiore-Olocene – CNR-Istituto di ricerca sulla tettonica recente (1999)

GHISETTI F., VEZZANI L. (1996), Geometrie deformative ed evoluzione cinematica dell'Appennino Centrale, Studi Geologici Camerti vol. 24 (1996-1997), Camerino, 127-154.

LEONARDIS F. – Rilevamento geologico della zona centrale della media valle dell'Aterno – Università degli Studi di Perugia -inedito- (2002)

MARCHETTI S. – Indagini in sito per la caratterizzazione meccanica ed ambientale del sottosuolo. Il dilatometro piatto. Atti delle conferenze di geotecnica di Torino XVIII ciclo (2001)

PASQUALINI E. – Standard Penetration Test – Atti di Scienza delle costruzioni. Politecnico di Torino (1983)

MARINI G. – Il lago Pleistocenico della conca de L'Aquila – CET Lanciano (1967)

PETITTA M. – TALLINI M. – Studi idrogeologici preliminari ad una valutazione della vulnerabilità degli acquiferi della piana L'Aquila-Scoppito – Q. DISAT Università di L'Aquila (2000)

PETITTA M. – TALLINI M. – Idrodinamica sotterranea del massiccio del Gran Sasso (Abruzzo): nuove indagini ideologiche, idrogeologiche e idrochimiche (1994-2001). Boll. Soc.Geol. 121 (2001)

VEZZANI L. – GHISETTI F. – Carta geologica d'Abruzzo (1998)

<http://www.igag.cnr.it/>

<http://www.marchetti-dmt.it/>

<http://www.associazionegeotecnica.it>

<http://www.geologi.it>

<http://www.geologia.com>

<http://www.consiglionazionalegeologi.it>

<http://www.socgeol.it/>

<http://www.apat.it/>

<http://www.isprambiente.it/site/it-IT/>

<http://www.regione.abruzzo.it/pianofrane>

<http://www.regione.abruzzo.it/pianoalluvioni>

<http://aiqua.irtr.rm.cnr.it/>

<http://esse1.mi.ingv.it/>

<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>