

COMUNE DI MONTALBANO JONICO

ADEGUAMENTO SISMICO
DELL'EDIFICIO PUBBLICO AD USO SCOLASTICO
DENOMINATO
"SCUOLA DELL'INFANZIA E PRIMARIA - NICCOLO' FIORENTINO"

Piano Triennale di edilizia scolastica in attuazione del Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze
di concerto con il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca
e con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 03.01.2018
- BANDO TRIENNALE 2018 / 2020 - EDILIZIA SCOLASTICA - MUTUI -

PROGETTO ESECUTIVO

Titolo:

Geologia:
RELAZIONE GEOLOGICA

Scala:	Data: Maggio 2018	Codice: //	Il Geologo: Geol. Giuseppe Gallicchio
--------	-------------------	------------	--

Elaborato:

Geo. 1

UTC Ufficio Tecnico Comunale
Viale Sacro Cuore - 75023 Montalbano Jonico (MT)
Tel. 0835.593811 - pec: comune.montalbano@cert.ruparbasilicata.it

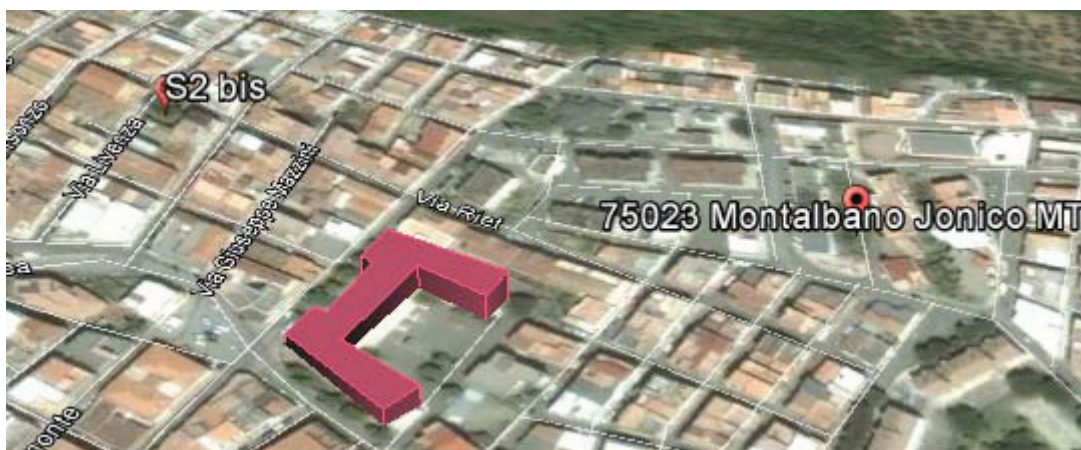


COMUNE DI MONTALBANO JONICO

(PROV. MATERA)

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO ALLE NORME ANTISISMICHE, SICUREZZA-COMPLETAMENTO RELATIVO ALLE SCUOLE ELEMENTARI E MATERNE "NICOLO' FIORENTINO" IN VIALE DEI CADUTI



Dott. Geol. Giuseppe Gallicchio

Sommario

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	5
CARATTERI MORFOLOGICI DI MONTALBANO JONICO.....	8
CARATTERI GEOLOGICI DI MONTALBANO JONICO	10
GEOLOGIA DELL'AREA URBANA.....	11
ARGILLE SUBAPPENNINE.....	12
SABBIE E SILT DEL CASTELLO	13
DEPOSITI MARINI TERRAZZATI.....	14
DEPOSITO CONTINENTALE DI MONTALBANO JONICO (b1)	16
DEPOSITO ELUVIO-COLLUVIALE (b2)	16
DEPOSITO DI FRANA	16
CARATTERI METEREOLOGICI E CLIMATICI	17
IDROGEOLOGIA AREA ABITATO DI MONTALBANO JONICO.....	20
CARATTERI GEOTECNICI.....	21
CARATTERI GEOTECNICI DEI TERRENI DEL CENTRO URBANO	21
CARATTERI GEOTECNICI DELLE ARGILLE SUBAPPENNINE:.....	23
CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (tab. n.7).....	26
CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI CONTINENTALI DI MONTALBANO (tab. n.8):.....	27
CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (tab. n.9)	28
INDAGINE SISMICA TIPO MASW	29
PREMESSA.....	29
ANALISI DI MICROTREMORE AMBIENTALE	31
IL RUMORE SISMICO (MICROTREMORE AMBIENTALE)	32
BASI TEORICHE DEL METODO H/V	33
DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO	34
HVSR Scuola Fiorentina, Montalbano Jonico (MT)	35
PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW	38
VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE	41
CONCLUSIONI	49

PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta a corredo del progetto preliminare per i “LAVORI DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO ALLE NORME ANTISISMICHE, SICUREZZA-COMPLETAMENTO RELATIVO ALLE SCUOLE ELEMENTARI E MATERNE NICOLÒ FIORENTINO AL VIALE DEI CADUTI, ubicata nel centro abitato di Montalbano Jonico (MT).



Al fine di fornire un quadro della situazione stratigrafica, sismica e geotecnica dell'area, sono stati consultati oltre che la copiosa bibliografia, anche gli elaborati redatti per il R.U. comunale.

Nello specifico verranno prese in esame i sondaggi geognostici più vicini all'area ossia il sondaggio S1 bis e S2 bis con le relative prove sismiche e di laboratorio effettuate.

Tale documentazione è stata integrata con il rilevamento di superficie il quale è stato esteso a molta parte delle superfici limitrofe a quella in esame.

La presente relazione, infine, è stata redatta in ottemperanza con quanto previsto da:

Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554 Art. 18-19 regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994 n. 109, e successive modificazioni;

D.M. 11.03.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione.....";

Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";

Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008; Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP, istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Legge regionale Basilicata n° 9 del 7 giugno 2011 riguardante "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica" del territorio regionale.

La L.R. n. 9 del 7 Giugno 2011, pubblicata sul bollettino ufficiale della Regione Basilicata n. 17 del

10.06.2011 ha classificato il Comune di Montalbano Jonico come zona sismica 3b.

COMUNE	Zona Sismica OPCM3274	Nuova Zonazione Sismica	PGA subzona (g)	Magnitudo	Distanza (km)
Montalbano Jonico	2	3b	0.125	6.7	100

INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area del territorio comunale di Montalbano Jonico, posta a circa 13 Km dalla costa del mar Jonio, è delimitata verso S dal fiume Agri (lungo cui corre grossomodo il confine con il comune di Tursi), verso N dal fiume Cavone (lungo cui si ritrova grossomodo il confine con il comune di Pisticci), verso E dal territorio comunale di Scanzano Jonico e verso NW dal territorio comunale di Craco.

Il centro abitato si sviluppa su un'ampia collina, posta ad una quota media di 250 metri circa s.l.m., prevalentemente costituita da sedimenti argillosi pleistocenici noti in letteratura col nome di argille subappennine (ex “argille di Montalbano” di Mostardini et alii, 1966). Tale unità disposta secondo una monoclinale inclinata di circa 5-10° verso SE è troncata in sommità da più superfici terrazzate costituite da sedimenti conglomeratici-sabbiosi noti in letteratura come “depositi marini terrazzati” (e.g. Vezzani, 1967).

Il territorio in esame ricade nella porzione meridionale di una ampia depressione tettonico-morfologica nota in letteratura col nome di Fossa bradanica, essa rappresenta una delle tre unità geologico-strutturali che caratterizzano l'Italia Meridionale nel settore compreso fra le regioni Puglia e Basilicata; verso E la Fossa bradanica è delimitata dall'Avampaese apulo che costituisce gran parte del territorio pugliese, mentre verso W la stessa è delimitata dalla Catena appenninica che caratterizza gran parte della porzione centro occidentale della Basilicata (Fig. 1).

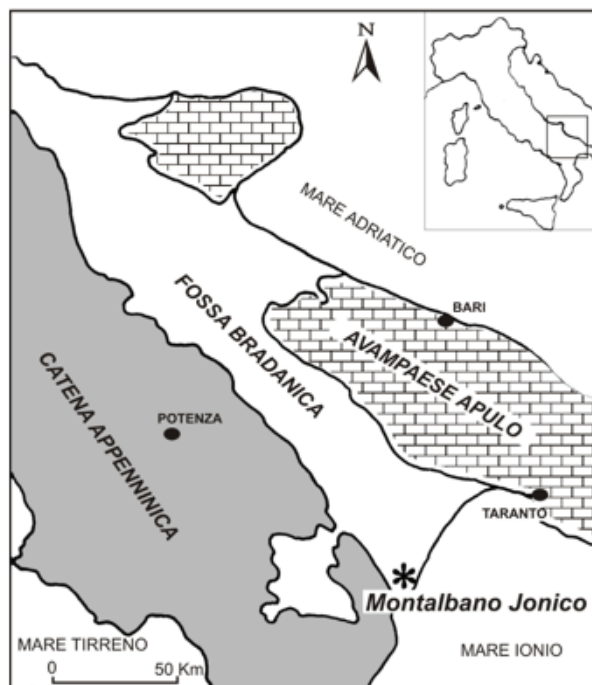


Fig. 1: schema stratigrafico strutturale dell'Italia meridionale.

La Fossa bradanica fu definita per la prima volta da Migliorini (1937), e va inquadrata nell'ampio contesto evolutivo dell'Orogene appenninico caratterizzato dalla subduzione ovest-vergente della

placca adriatica e della sua conseguente retroflessione verso oriente (Casero et alii, 1988; Doglioni et alii, 1994).

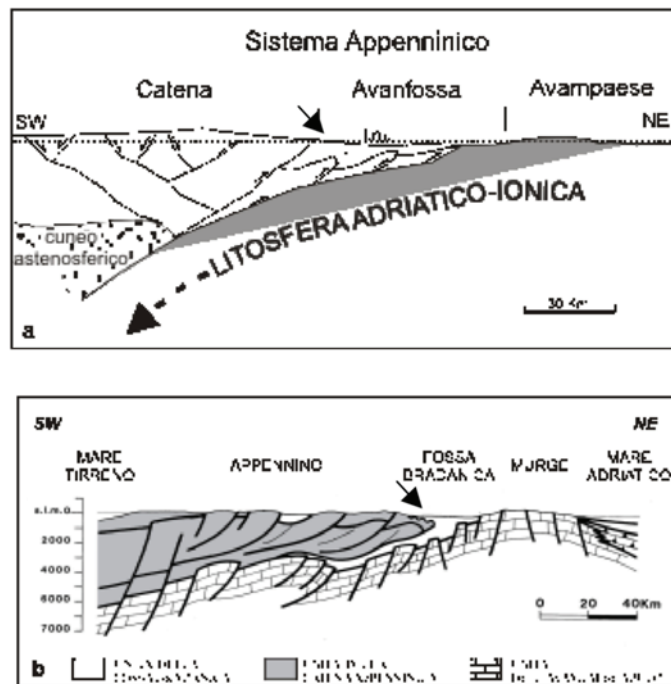


Fig. 2: schema geodinamico (a) e strutturale (b) dell'area oggetto di studio.

Dal Cretaceo fino al Miocene il substrato di questa grande area era emerso, soggetto solo ad una ridottissima subsidenza, l'evoluzione ad avanfossa inizia dal Pliocene inferiore a causa di un aumento della subsidenza; il riempimento di tale bacino avviene prevalentemente a spese dell'adiacente catena appenninica sottoposta a forti tassi di erosione. Nel Pleistocene medio, a causa dell'arrivo alla cerniera di subduzione di una spessa litosfera continentale (rappresentata dall'Avampaese apulo), l'area della Fossa bradanica e lo stesso Avampaese apulo furono soggetti a sollevamento (Doglioni et alii, 1994).

Pieri et alii (1996), descrivono che a partire da questo momento nell'intero bacino bradanico lo spazio a disposizione per i sedimenti viene significativamente a ridursi, ed inizia così la fase di colmamento del bacino stesso che avviene gradualmente dall'area di Genzano verso SE, in direzione dell'attuale costa ionica (Pieri et alii, 1996). Il sollevamento regionale è continuato fino all'Olocene ed ha determinato il definitivo ritiro del mare fino all'attuale linea di costa. Tale ritiro è avvenuto per stadi successivi, documentati sia nell'area metapontina (Vezzani, 1967; Cotecchia e Magri, 1967; Boenzi et alii, 1976; Brückner, 1980) sia in quella murgiana (Ciaranfi et al., 1988) da una serie di spianate di abrasione e dei relativi "depositi marini terrazzati". Questa fase evolutiva della Fossa bradanica è rappresentata da unità sabbioso - conglomeratiche regressive che

poggiano stratigraficamente sulle argille subappennine e sono presentate da caratteri litostratigrafici variabili da zona a zona. Nella letteratura classica tali unità sono riconosciute con i nomi di “Sabbie di Monte Marano”, “Conglomerato di Irsina”, “Argille Calcigne” e “Sabbie dello Staturo” (Azzaroli et alii, 1968); di recente (Pieri et alii, 1994; Tropeano et alii, 2002; Cilumbriello et alii 2008 e citazioni contenute) comprendono le stesse unità nei depositi regressivi della Fossa bradanica e in particolare nell’ambito della Formazione di Monte San Marco.

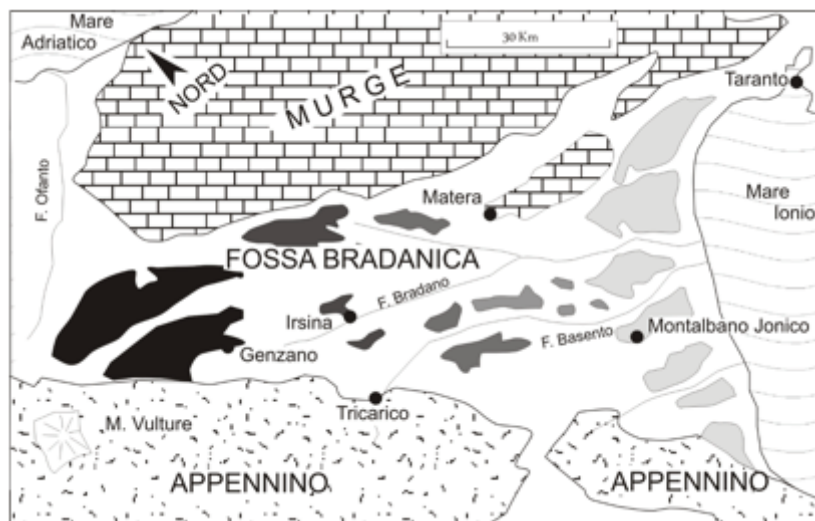


Fig.2 - Schema di distribuzione attuale dei depositi regressivi della Fossa bradanica secondo Pieri *et alii* (1996), elaborato da Gallicchio *et alii* (2002).

Lungo la costa Jonica (parte meridionale della Fossa bradanica), gli stessi depositi sono noti col nome di “depositi marini terrazzati”.

CARATTERI MORFOLOGICI DI MONTALBANO JONICO.

Dal punto di vista morfologico l'area del territorio comunale di Montalbano Jonico (MT) è caratterizzata da una successione di tre terrazzi marini digradanti dolcemente verso mare. Le superfici terrazzate sono rappresentate da piane con inclinazione media variabile dai 2° ai 4°, separate tra di loro da orli e scarpate con pendenza fino a 9°.

Nell'ambito del territorio comunale si distinguono cinque ordini di terrazzi marini:

Il primo è posto fra quota 292 e 265 m s.l.m. ed è correlabile al terrazzo di II ordine secondo Vezzani (1967);

Il secondo è posto fra quota 256 e 200 m s.l.m. ed è correlabile al terrazzo di III ordine secondo Vezzani (1967);

Il terzo è posto fra quota 190 e 160 m s.l.m. ed è correlabile al terrazzo di IV ordine secondo Vezzani (1967);

Il quarto è posto fra quota 150 e 130 m s.l.m. ed è correlabile al terrazzo di V ordine secondo Vezzani (1967);

Il quinto è posto fra quota 120 e 90 m s.l.m. ed è correlabile al terrazzo di VI ordine secondo Vezzani (1967).

La genesi dei terrazzi è legata alle diverse fasi trasgressive e regressive del mare, accompagnate dal sollevamento dell'area, la fase trasgressiva di ciascun ordine è caratterizzata, generalmente, da una superficie di erosione e da uno spessore di sedimenti grossolani limitato rispetto ai depositi della successiva fase regressiva che genera anche le estese superfici pianeggianti che delimitano superiormente i terrazzi marini.

Il centro storico di Montalbano è ubicato sul terrazzo marino più alto corrispondente al II ordine di Vezzani (1967), l'espansione urbana più recente si è avuta sul terrazzo più basso, ovvero quello ubicato da quota 256 a quota 200 m s.l.m. e corrispondenti al III ordine *sensu* Vezzani (1967).

L'area comunale di Montalbano Jonico è solcata a N dal fiume Cavone ed a S dal Fiume Agri; lungo i corsi d'acqua si osservano a diverse quote lembi di superfici sub-pianeggianti corrispondenti a terrazzi fluviali di vario ordine. Tali depositi si raccordano alle antiche linee di costa e testimoniano antichi livelli di alluvionamento dei fiumi in oggetto.

Sui versanti delle valli dei fiumi citati affiorano soprattutto le argille sulle quali si manifestano fenomeni di erosione di vario tipo e di diversa intensità. Le forme più diffuse sono rappresentate dalle incisioni di tipo calanchive e da movimenti franosi che caratterizzano per la maggior parte i versanti sud-occidentali, occidentali e meridionali dell'abitato; le incisioni calanchive nella parte alta dei versanti sono rappresentate da profondi e strette incisioni in chiara fase di erosione regressiva, pertanto le testate di queste incisioni in più luoghi hanno raggiunto la superficie sommitale dell'unità conglomeratica-sabbiosa dei terrazzi marini favorendo fenomeni di frane per crollo; nella parte alta dei versanti sono presenti anche frane complesse caratterizzate da scorrimenti rotazionali, crolli e colamenti.

Il versante settentrionale dell'abitato meno inclinato dei precedenti (max 15°) è interessato per lo più da movimenti superficiali che interessano una sottile coltre di sedimenti provenienti dall'erosione dell'unità conglomeratico-sabbiosa posta in sommità agli stessi e dalla degradazione della parte più superficiale dell'unità argillosa affiorante sui versanti.

CARATTERI GEOLOGICI DI MONTALBANO JONICO

L' area del territorio comunale di Montalbano Jonico ricade, come già detto, nella porzione meridionale della Fossa Bradanica. La parte nord-occidentale del territorio lambisce appena l'area di Catena che è rappresentata da sedimenti marnoso-arenacei e da argille varicolori di età cretacio-miocenica; su questi depositi poggiano in trasgressione sedimenti sabbiosi pliocenico-quadernari noti con il termine di sabbie di Serra del Cavallo, passanti verso l'alto alle argille subappennine che occupano una porzione importante del territorio di Montalbano Jonico. Sulle argille subappennine poggiano, in netta discordanza, sedimenti marini terrazzati conglomeratico-sabbiosi di età post-calabrianica, nell'area del centro urbano s'individuano almeno tre distinti ordini di terrazzi marini. Al di sopra dei sedimenti marini conglomeratico-sabbiosi si osserva un termine continentale costituito da conglomerati in strati lentiformi immersi in sabbie siltose di colore variabile dal rossastro al bruno. Infine, lungo i versanti delle Valli dei Fiumi Agri e Cavone sono presenti a varie altezze depositi fluviali terrazzati la cui litologia varia da sabbioso-limoso a sabbioso-conglomeratico.

Verranno descritti di seguito i caratteri geologici dell'area urbana.

GEOLOGIA DELL'AREA URBANA.¹

L'area in studio ricade, come accennato, nel centro abitato di Montalbano Jonico (MT) in Viale dei Caduti ed è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita dal basso verso l'alto da:

“Argille subappennine” (ASP), con al tetto un membro sabbioso silteso, qui denominato “sabbie e silt del Castello” (SSC), (Pleistocene inferiore e medio);

“Depositi marini terrazzati” suddivisi in: deposito marino terrazzato della Terra Vecchia (DMTII); deposito marino terrazzato della Terra Nuova (DMTIII) depositi marini terrazzati di Montesano (DMTIV).

Deposito continentale di Montalbano (b1)

Depositi eluvio-colluviali (b2).

Deposito di frana (a1)

Le sigle sono state attribuite tenendo presente, per quanto possibile, le indicazioni del Servizio Geologico Nazionale per la realizzazione della nuova Cartografia Geologica Italiana alla scala 1:50000. In particolare per quanto riguardano le sigle dei depositi marini terrazzati sono stati inseriti i numeri romani a pedice della sigla rappresentata da tre lettere maiuscole per indicare l'ordine dei terrazzi secondo Vezzani (1967).

¹ Fonte RU comunale, bibliografia

ARGILLE SUBAPPENNINE

Le argille subappennine (Azzaroli, 1968) rappresentano l'unità più antica della successione litostratigrafica affiorante a Montalbano Jonico. Esse affiorano estesamente sul versante settentrionale e sud occidentale dell'abitato, si estendono dal fondovalle del fiume Agri (quota intorno a 50 metri s. l. m.) verso la sommità della collina su cui si estende l'abitato fino ad una quota massima di 265 metri s. l. m. Questa unità è caratterizzata da una giacitura monoclinale con inclinazione variabile dai 5 ai 10° verso SE. Nell'area della carta la base dell'unità non è affiorante, mentre il tetto, rappresentato da una netta superficie di erosione che la separa dai depositi marini terrazzati, è ben rappresentato in affioramento. Nell'area dell'abitato lo spessore affiorante della formazione è di circa 450 metri. Da un punto di vista litologico procedendo dal basso verso l'alto si riconosce:

un litotipo rappresentato essenzialmente da argille grigio azzurre con intercalazioni di sottili livelli limoso-sabbiosi, fino ad una quota di circa 250 m s.l.m.,

un litotipo limoso sabbioso caratterizzato dalla presenza di livelli di macrofossili, passante verso l'alto a depositi schiettamente sabbiosi con livelli cementati a geometria lentiforme.

Nella successione argillosa si osservano nove livelli vulcanoclastici di colore grigio- biancastro con spessore variabile da alcuni centimetri fino ad un massimo di 60 cm (Ciaranfi et al., 2001; 1997; 1996).

Dal punto di vista mineralogico le argille affioranti nell'area in oggetto sono costituite prevalentemente da fillosilicati associati a quarzo, calcite, feldspati, plagioclasti e dolomite. La frazione $< 2\mu$ è caratterizzata dal binomio illite-montmorillonite mentre in quantità accessorie sono presenti la caolinite e la clorite (Cherubini et alii, 1984).

Le principali associazioni fossilifere che caratterizzano l'unità sono rappresentati prevalentemente da resti di invertebrati quali foraminiferi bentonici e molluschi oltre che da otoliti, piccole concrezioni calcaree dell'apparato stato-acustico dei pesci e da resti di decapodi (granchi), di echini e briozoi (per i particolari vedi Gallicchio et alii., 2003).

L'età di questa unità è Pleistocene inferiore-medio.

SABBIE E SILT DEL CASTELLO

Le sabbie e i silt del Castello rappresentano un'unità litostratigrafica di limitata estensione che caratterizza la porzione sommitale delle argille subappennine nell'area del deposito marino terrazzato più antico (deposito marino terrazzato della Terra Vecchia).

Tale unità osservabile solamente nella parte più alta dell'abitato è costituita da strati sabbiosi a grana variabile da fine a grossolana, a luoghi ben cementati tanto da assumere l'aspetto di areniti. In tale deposito è possibile osservare diversi livelli fossiliferi. Lo spessore di tale unità è variabile da 7 a 8 m. Età Pleistocene medio.

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

I depositi marini terrazzati sono presenti nella porzione sommitale della collina su cui è ubicato l'abitato di Montalbano Jonico, e sono separati dalle sottostanti argille subappennine e dalle sabbie e silt del Castello da limiti netti di tipo erosivo. Sulla base dei caratteri morfologici (quote delle superfici che delimitano superiormente i depositi in oggetto) e stratigrafici (superfici di erosione che li delimitano inferiormente) i depositi in oggetto sono stati suddivisi in tre unità.

Il terrazzo più antico, denominato “deposito marino terrazzato della Terra Vecchia” (corrispondente al terrazzo di II ordine sensu Vezzani, 1967) affiora in corrispondenza dell'area del centro storico, i suoi caratteri stratigrafici sono stati ricavati da osservazioni fatte sia in affioramento lungo il versante settentrionale ed occidentale dell'abitato ed in un'ampia area attorno al Cimitero che mediante l'analisi di alcuni sondaggi fatti eseguire nel 1987 dalla Regione Basilicata per il consolidamento dell'abitato.

Questo deposito presenta uno spessore di circa 6-8 metri circa ed è costituito da sedimenti conglomeratico-sabbiosi stratificati e ben cementati; si tratta di conglomerati poligenici caratterizzati da clasti subsferici mediamente arrotondati con dimensioni fino ad alcuni centimetri di diametro, i clasti si ritrovano immersi in una matrice sabbioso-quarzosa ben cementata.

Verso l'alto la successione terrazzata è delimitata da una superficie di erosione sulla quale poggiano depositi eluvio-colluviali di natura limoso-sabbiosa con ciottoli sparsi di colore rossastro dallo spessore variabile da alcuni decimetri ad alcuni metri.

Il terrazzo immediatamente sottostante a quello appena descritto è stato denominato “deposito marino terrazzato della Terra Nuova” e corrisponde al terrazzo di III ordine sensu Vezzani (1967); questa unità si estende in gran parte dell'abitato e presenta uno spessore variabile da 6 a 12 metri circa.

I caratteri stratigrafici di questo deposito terrazzato sono stati ricavati da osservazioni fatte sia in affioramento lungo il versante occidentale e meridionale dell'abitato sia dalle risultanze dei dati di profondità ricavati dai sondaggi geognostici fatti eseguire allo scopo.

I depositi in oggetto con spessori variabili dai 6 ai 12 m sono costituiti da conglomerati e sabbie con rapporto conglomerati/sabbie variabile da luogo a luogo.

Si riconosce generalmente dal basso verso l'alto la seguente successione:

Sabbie medio-fini di colore giallastro sottilmente stratificate

Conglomerati in strati con livelli sabbiosi, essi appaiono mediamente cementati e costituiti da ciottoli poligenici ed eterometrici arrotondati con tessitura variabile da granulo sostenuta a matrice sostenuta; la matrice è essenzialmente sabbiosa.

Sabbie e limi sabbiosi di colore variabile dal grigio giallastro al rossastro nei quali sono immersi ciottoli disposti a letti.

Nello specifico e considerando le aree ad espansione localizzate sul deposito marino terrazzato di Terra Nuova si definiscono nel dettaglio le seguenti stratigrafie ricavate da sondaggi a carotaggio continuo; per l'ubicazione e per maggiori particolari delle stratigrafie dei sondaggi vedere allegati specifici.

AREA LIMITROFA A QUELLA IN ESAME

Rione zona “Via Livenza e Viale dei Caduti” -sondaggio n.2 bis (quota 264 m s.l.m.,) si riconoscono dall'alto verso il basso i seguenti caratteri litologici:

3 m circa di ghiaie di grandezza variabile dal cm a 7-8 cm circa immersi in matrice sabbiosa;

4,5 m di sabbie medio-grossolane con ciottoli di piccole dimensioni;

Il terrazzo più recente è stato denominato “deposito marino terrazzato di S. Nicola” e corrispondente al terrazzo di IV ordine *sensu* Vezzani (1967); questa unità costituisce le aree a quota topografiche più basse che ricadono nell'area rilevata in oggetto ma fuori dal perimetro urbano; la stratigrafia del deposito è stata ricavata da un affioramento naturale visibile in corrispondenza di una profonda incisione denominata Fosso Mangone Rosa.

I depositi in oggetto con spessori variabili dagli 8 ai 12 m sono costituiti da conglomerati e sabbie con rapporto conglomerati/sabbie variabile da luogo a luogo.

Si tratta di una unità che presenta spessori che si aggirano sui 12 metri circa. Dal basso verso l'alto si riconoscono:

Sabbie di colore grigio-giallastro con limi e argille limose nella parte inferiore, le sabbie presentano laminazione incrociata e un grado di cementazione variabile da medio ad alto. Intercalati alle sabbie sono presenti lenti conglomeratiche anche molto cementate, (spessore pari a 6 metri);

Conglomerato poligenico e ghiaie con elementi di solito ben arrotondati in matrice sabbiosa, tale spessore è ricoperto in discontinuità da un termine continentale costituito da ciottoli sub- sferici immersi in matrice sabbiosa rossastra, (spessore di 5 metri circa);

Suolo agrario con spessore variabile da alcuni decimetri ad un massimo di un metro.

DEPOSITO CONTINENTALE DI MONTALBANO JONICO (b1)

Tali depositi costituiscono una coltre di sedimenti continentali di spessore estremamente variabile da luogo a luogo da alcuni decimetri a 8 metri circa (**Sondaggi S1 bis e S2 bis Via Verona e Via Livenza**). Tali depositi coprono vasti tratti dei depositi Marini terrazzati della Terra Nuova (DMT3). Sono rappresentati da sedimenti limo-argillosi con sabbie di color rossastre. La genesi di tali depositi è probabilmente correlata ad ambienti alluvionali.

DEPOSITO ELUVIO-COLLUVIALE (b2)

Tali depositi costituiscono una coltre di pochi metri di spessore che ricopre vasti tratti della collina su cui sorge Montalbano. Sono rappresentati sedimenti sabbioso-limosi e ciottolosi di colore brunastro. La genesi di tali depositi è correlata all'azione erosiva di trasporto e di accumulo delle acque di ruscellamento (diffuso e concentrato) sui pendii del rilievo.

DEPOSITO DI FRANA

Tali depositi sono rappresentati da complessi litoidi disarticolati costituiti da elementi conglomeratico-sabbiosi che originariamente dovevano costituire la cornice sommitale della collina nonché le porzioni medio alte del rilievo su cui è localizzata la città di Montalbano Jonico.

In molti casi gli accumuli di frana sono stati oblitterati dall'azione erosiva di modo che non si riconoscono che alcuni lembi degli stessi.

Lo spessore di tali depositi è varia da alcuni metri fino ad massimo di una decina di metri.

CARATTERI METEOREOLOGICI E CLIMATICI

Per la descrizione delle caratteristiche metereologiche e climatiche dell'area dell'abitato di Montalbano Jonico sono stati presi come riferimento i lavori di Piccarreta et alii (2004) e Piccarreta et alii (2005); questi autori descrivono i caratteri climatici della Basilicata facendo, fra l'altro, riferimenti specifici anche all'area in oggetto.

In particolare gli autori analizzano dati pluviometrici e climatologici giornalieri, del Servizio Idrografico Italiano dal 1923 al 2000, di numerose stazioni della Basilicata tra cui la stazione di Montalbano Jonico e le stazioni di Pisticci e Tursi, comuni limitrofi al primo; queste ultime due stazioni verranno prese come riferimento per avere indicazioni su alcuni parametri non misurati direttamente nella stazione di Montalbano Jonico. Inoltre gli autori analizzano anche dati della stazione di Montalbano Jonico del Servizio Agrimetereologico lucano degli anni compresi dal 1998 al 2003.

Si tratta di un'area che presenta un clima tipicamente mediterraneo, con inverni miti ed estate calde e secche con temperature medie minime di 7, 65° C e temperature medie massime di 25, 55° C (dati della stazione di Montalbano Jonico).

Tra i tanti parametri discussi dai suddetti autori ne verranno presentati alcuni ritenuti più significativi.

Precipitazione media annua:

Nella stazione di Montalbano Jonico è stata misurata una precipitazione media di 643,69 mm nel periodo 1923-2000; con un massimo di 731,34 mm nel trentennio 1931-60 e un minimo di 581,80 mm nel trentennio 1971-2000;

Nella stazione di Tursi è stata registrata una precipitazione media di 753,48 mm nel periodo 1923-2000; con un massimo di 793,24 mm nel trentennio 1931-60 e un minimo di 701,28 mm nel trentennio 1961-1990;

Nella stazione di Pisticci si è avuta una precipitazione media di 644,76 mm nel periodo 1923-2000; con un massimo di 738,18 mm nel trentennio 1931-60 e un minimo di 540,94 mm nel trentennio 1971-2000;

Dai suddetti dati si nota come la precipitazione media annua misurata nella stazione di Montalbano Jonico sia più simile a quella misurata nella stazione di Pisticci; ciò è sicuramente legato ai caratteri geografici e alla configurazione morfologica del territorio di Montalbano Jonico che, indipendentemente dalle distanze, sono molto più simili a quelli di Pisticci.

Precipitazione massima annua: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si prendono come riferimento i valori di 1239.7 mm della stazione di Pisticci e di 1256.0 mm misurati

nella stazione di Tursi.

Precipitazione massima giornaliera: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano rappresentativi i valori di 314.7 mm caduti a Pisticci il 24/11/1959 e di 230.2 mm misurati a Tursi il 6/11/1976.

Numero di giorni piovosi all'anno (gg): non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (massimo 80 gg, minimo 27 gg e una media annuale di 50.4 gg) e i valori misurati nella stazione di Tursi (massimo 81 gg, minimo 25 gg e una media annuale di 55.3 gg).

Numero medio annuo di giorni piovosi maggiore di 10 – 30 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (dove variano da un massimo di 30 gg ad un minimo di 4 gg con una media annuale di 14.1 gg) e di Tursi (dove variano da un massimo di 28 gg ad un minimo di 8 gg con una media annuale di 18 gg).

Numero medio annuo di giorni piovosi maggiore di 30 – 50 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (massimo di 9.0 gg – minimo di 0 gg e con una media di 2.8 gg) e di Tursi (massimo di 8.0 gg – min 0 gg e con una media di 3.4)

Numero medio annuo di giorni piovosi maggiore di 50 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (massimo 6 gg - minimo 0 gg e con una media di 1.1 gg) e di Tursi (con un massimo di 7.0 gg - un minimo di 0.0 gg e una media di 2.2 gg).

Intervallo medio del periodo secco: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (variano da un massimo di 15.9 gg a un minimo di 5.5 gg, con una media di 8.1 gg) e di Tursi (variano da un massimo di 17.7 a un minimo di 5.1 gg, con una media di 8.0 gg).

Numero massimo di giorni secchi consecutivi: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (variano da un max. di 114.0 gg ad un min. di 22.0 gg, con una media di 45.1 gg) e di Tursi (compresi fra un massimo di 141.0 gg e un minimo di 19.0 gg, con una media di 44.6 gg).

Intervallo medio del periodo umido (gg): non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (massimo di 2.1 gg - un minimo di 1.2 gg, con un intervallo medio di 1.6 gg) e di Tursi (massimo di 2.1 gg - minimo di 1.2 gg, con una media di 1.6 gg).

Max. n° di giorni piovosi consecutivi: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (massimo di

9.0 gg – minimo di 3.0 gg, con una media di 4.9 gg) e di Tursi (massimo di 11.0 gg – minimo di 2.0 gg, con una media di 5.3gg).

Numero medio di giorni secchi antecedenti eventi maggiore di 10 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (9.2 gg) e di Tursi (12.6 gg)

Numero medio di giorni piovosi antecedenti eventi maggiore di 10 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (1.4 gg) e di Tursi (1.7 gg).

Numero medio di giorni secchi antecedenti eventi maggiore di 30 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nella stazione di Pisticci (9.3 gg) e di Tursi (12.6 gg)

Numero medio di giorni piovosi antecedenti eventi maggiore di 10 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (2.5 gg) e di Tursi (2.7 gg).

Precipitazione media antecedente eventi maggiore di 30 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (34.5 mm) e Tursi (42.0 mm).

Numero medio di giorni secchi antecedenti eventi maggiore di 50 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (11.3 gg) e di Tursi (10.7).

Numero medio di giorni piovosi antecedenti eventi maggiore di 50 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (2.6 gg) e di Tursi (2.3 gg).

Precipitazione media antecedente eventi maggiore di 50 mm: non essendoci dati diretti della stazione di Montalbano si considerano indicativi i valori misurati nelle stazioni di Pisticci (38.7 mm) e di Tursi (54.9 mm).

IDROGEOLOGIA AREA ABITATO DI MONTALBANO JONICO

Da un punto di vista idrogeologico, i caratteri geologici delle litofacies date da conglomerati e sabbie che caratterizzano le superfici terrazzate sulle quali si sviluppa il centro urbano di Montalbano Jonico fanno concludere per una classe di permeabilità che varia dal mediamente permeabile al molto permeabile. Si tratta di una permeabilità primaria per porosità con grado variabile in funzione della granulometria e della non uniforme cementazione di tali terreni.

I valori della permeabilità ricavati per i suddetti terreni si rifanno agli studi di Darcy sul flusso dell'acqua attraverso strati di sabbia con velocità direttamente proporzionali alla perdita di carico e inversamente proporzionali alla lunghezza del percorso.

Per i terreni in oggetto dati da ghiaie con sabbie si ottengono dei valori di coefficiente di permeabilità k variabili da 10^{-1} a 10^{-3} cm/s., in definitiva sono terreni che hanno un buon grado di permeabilità. Tale pacco di materiali permeabili poggia in trasgressione su un basamento costituito da limi e limi argillosi che si può considerare praticamente impermeabile, tale condizione stratigrafica e litologica favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche negli strati superficiali sabbioso - ghiaiosi verso la base impermeabile, si viene a costituire in tal modo una falda con direzioni di deflusso orientate prevalentemente da E verso W e con richiami in direzione S in corrispondenza del salto morfologico tra il centro storico e la parte moderna del paese (via Eraclea).

La quantità di acque sotterranee è di modesta entità ed in dipendenza degli afflussi meteorici, esse sono posizionate a circa 16 metri di profondità nel centro storico e a circa 6-10 metri di profondità nell'area rimanente del paese.

La presenza di tali falde, seppur di modesta entità, influenza in modo significativo la dinamica dei dissesti idrogeologici nelle zone marginali dell'area urbana.

CARATTERI GEOTECNICI

Il centro urbano di Montalbano Jonico poggia, prevalentemente, su terreni costituiti da sedimenti sabbioso-conglomeratici appartenenti a tre distinte unità litostratigrafiche affioranti in corrispondenza di terrazzi marini riferibili a distinti cicli marini post-calabrian. Il deposito marino terrazzato più alto sul quale si è sviluppato il centro storico poggia su sabbie regressive poste al di sopra delle Argille subappennine mentre gli altri due depositi marini terrazzati posti a quote inferiori, e sui quali si sviluppa la parte nuova del paese e le aree a possibili espansione, poggiano direttamente sulle argille subappennine.

Come accennato in premessa saranno presi in esame i sondaggi geognostici e le relative prove di laboratorio più vicini alla zona di intervento. In particolare le stratigrafie dei sondaggi S1 bis e S2 bis. Del secondo si assumeranno le caratteristiche geomeccaniche dei campioni utilizzati.

Resta chiaramente implicito che si renderà necessaria la esecuzione di almeno n. 1 sondaggio geognostico e le relative prove di laboratorio sul sito interessato, al fine di una verifica puntuale sui dati utilizzati.

Dal punto di vista stratigrafico e geotecnico distingueremo l'area del centro storico, che si sviluppa da quota 292 a 275 m s.l.m., dall'area della parte nuova del centro abitato e delle aree di possibile espansione che si sviluppano da quota 275 a 182 m.s.l.m.

CARATTERI GEOTECNICI DEI TERRENI DEL CENTRO URBANO

La successione stratigrafica dei litotipi della parte nuova del centro abitato e delle aree di possibile espansione è stata ottenuta sia dai sondaggi meccanici a carotaggio continuo (da RU comunale: S1bis e S2bis) e da osservazioni dirette in corrispondenza di affioramenti naturali, in particolare dal basso verso l'alto si osservano:

Argille subappennine, che rappresenta il substrato dell'area: si tratta di argille limose e limi argillosi a cui s'intercalano livelli di sabbie limose, il top di tale deposito è rappresentato da uno spessore variabile da 2 a 9 metri circa di argille di color giallo a maggior componente argillosa e a minor contenuto in limo. Tale successione rappresenta l'unità delle argille sub-appennine.

Depositi marini terrazzati conglomeratico-sabbiosi dello spessore variabile da 6 a 12 metri circa. La parte superiore di tale deposito è rappresentata da ciottoli poligenici immersi in matrice sabbiosa, la parte inferiore è rappresentata da alternanza di livelli ghiaiosi e livelli sabbiosi debolmente limosi. La porzione superiore della successione è rappresentata da depositi

continentali.

Depositi continentali di Montalbano: essi sono costituiti da limi e argille con sabbie di colore rossastro, spessore variabile da 70 cm a 8-9 metri circa.

Depositi eluvio colluviali: tali sedimenti, localizzati in corrispondenza dei versanti e dei paleoalvei, sono costituiti da depositi limo-argillosi a volte limo- sabbiosi. Spessore di qualche metro.

CARATTERI GEOTECNICI DELLE ARGILLE SUBAPPENNINE:

Si tratta di argille limose e limi argillosi con componente sabbiosa. Dal punto di vista composizionale, tali argille, sono costituite prevalentemente da fillosilicati associati a quarzo, calcite, feldspati, plagioclasti e dolomite. La frazione $< 2\mu$ è caratterizzata dal binomio illite-montmorillonite mentre in quantità accessoria sono presenti la caolinite e la clorite (Cherubini et alii., 1987).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica, anche in questo caso, è opportuno distinguere tale unità in due porzioni: quella sommitale rappresentata da argille di colore giallo a composizione meno limosa e più argillosa da quella più profonda di colore grigio-azzurro a contenuto maggiore in limo e minore di argilla, questo diverso carattere composizionale fra le due porzioni del deposito si riflette su diversi valori di limiti di liquidità e quindi di diversi valori geomeccanici, come angolo di attrito interno e grado di coesione.

Caratteristiche geotecniche delle argille sommitali di colore giallo (tab. n.1):

Tali argille sono costituite, da un punto di vista granulometrico da: frazione ghiaiosa dallo 0 al 4,9%, frazione sabbiosa dal 4,7 al 48,9%, frazione limosa dal 38,6 al 48,9% e frazione argillosa dal 32,6 al 54,4%.

Il peso di volume risulta variabile da 1,92 a 2,08 g/cm³, il peso specifico risulta essere compreso fra i valori 2,71 e 2,73 gr/cm³, mentre la porosità di tali terreni è rappresentata da valori di indici dei vuoti variabili fra 0,6 e 0,741; tali terreni risultano praticamente saturi infatti presentano grado di saturazione compresi fra 89,5 e 100%, e contenuti d'acqua naturale con valori compresi fra 24 e 27,3%.

Tali argille presentano limite di liquidità (L.L.) compreso fra il 49 e il 62,3%, limite di plasticità (L.P.) compreso fra il 27,5 e il 31,8%, indice di plasticità (I.P.) compreso fra il 17,4 e il 31,4%, indice di consistenza (I.C.) che vanno da 1 a 1,44, indice di compressibilità (Cc) compreso nell'intervallo variabile da 0,14 a 0,2, indice di attività I_{act} variabile da 0,3 a 0,705 (argille non attive).

Tali argille si collocano nell'abaco di plasticità di Casagrande nel campo delle argille inorganiche ad alta plasticità e limi inorganici a media e alta compressibilità, dal valore di I.C. è possibile classificarle come argilla semisolidi con resistenza alla compressione semplice ad espansione laterale libera variabile da 2 a 4 Kg/cm². Le pressioni di pre-consolidazione risultano essere variabili da 2,65 a 6,6 Kg/cm², dalle analisi eseguite risulta che per profondità comprese fra 6,5 e 8 metri dal p.c. la P_c è pari a 2,65 Kg/cm², per profondità comprese fra 8 e 9 metri la P_c è pari a 2,84 Kg/cm², per profondità comprese fra 9 e 10 metri la P_c è pari a 4,28 Kg/cm², per profondità comprese fra 10 e 14 metri la P_c è pari a 6,67 Kg/cm², quindi risultano essere argille debolmente sovraconsolidate con valori di O.C.R:

compresi fra 1,6 e 2,4.

Per quanto riguarda i valori di resistenza sono stati ritrovati valori di angolo di attrito interno ϕ variabili da 19 a 25,5 e coesione fra 1,39 e 3,96 t/m².

Tabella n.1

ARGILLE GIALLE											
CARATTERISTICHE FISICHE						CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio	Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Peso specifico	γ_s	gr/cm ³	2,71	2,73	2,72	Coesione	c	tonn/m ²	1,38	3,96	2,62
Peso di volume	γ_n	gr/cm ³	1,92	2,08	2	Angolo di attrito interno		gradi	18,3	25,5	23,4
Peso di volume saturo	γ_v	gr/cm ³	1,96	2,08	2	Pressione di pre-consolidazione	Pc	Kg/cm ²	4,28 a 10 mt prof.	6,60 a 15 mt prof.	4,10 a 12 mt prof.
Peso di volume secco	γ_d	gr/cm ³	1,54	1,7	1,59	O.C.R.			1,6	2,4	1,93
Conten.naturale d'acqua	Wn	%	21,8	27,3	25,15	Grado di consolidazione			deb.sovra ccons.	deb.sovra ccons.	deb.sovra ccons.
Indice dei vuoti	e		0,6	0,766	0,707	Indice di compres.	Cc		0,14	0,27	0,2
Coefficiente Permeabilità	K	cm/sec	8,1x10-8	3,5x10-7	2,15x10-7						
Porosità	n	%	37,5	43,4	41,33						
Grado di saturazione	Sr	%	89,5	100	96,98	GRANULOMETRIA					
Limite liquido	L.L.	%	49	62,3	55,96						
Limite Plasticità	L.P.	%	26,4	31,8	29,93	Frazione granulometrica			Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Indice di plasticità	I.P.	%	17,4	31,4	26,03	Ghiaia		%	0	4,9	1,46
Indice di consistenza	I.C.	%	1	1,39	1,2	Sabbia		%	0,9	23,9	7,4
Indice di attività	I act.		0,3	0,7	0,55	Limo		%	38,6	48,9	42,95
Classificazione abaco di Plasticità			medio	alta	medio-alta	Argilla		%	32,6	54,4	48

Caratteristiche geotecniche delle argille grigio-azzurre (tab. n.2):

Tali argille sono costituite da un punto di vista granulometrico da: frazione sabbiosa variabile dall' 1 all' 8,8%, frazione limosa dal 45 al 73,5% e da frazione argillosa dal 21,4 al 54%. Il peso di volume risulta variabile da 2,04 a 2,11 g/cm³, il peso specifico risulta essere compreso fra i valori di 2,71 e 2,73 gr/cm³, il valore dell'indice dei vuoti varia fra 0,559 e 0,632 presentando valori di saturazione compresi fra 97,6 e 100% risultando perciò come terreni praticamente saturi. Il contenuto d'acqua naturale presenta valori compresi fra 20,7 e 23,8%.

Tali argille presentano il limite di liquidità (L.L.) compreso fra il 29,9 e il 51,9%, il limite di plasticità (L.P.) compreso fra il 20,8 e il 27,7%, indice di plasticità (I.P.) compreso fra il 6,9 e il 25,2%, indice di consistenza (I.C.) che varia da 1,02 a 1,30, indice di compressibilità (Cc) compreso nell' intervallo variabile da 0,10 a 0,16, indice di attività Iact variabile da 0,228 a 0,600 (argille non attive).

Tali argille si collocano nell' abaco di plasticità di Casagrande nel campo delle argille inorganiche a media plasticità e limi inorganici a medio-bassa compressibilità, dal valore di

I.C. è possibile classificarle come argilla semisolida con resistenza alla compressione semplice ad

espansione laterale libera è maggiore di 4 Kg/cm². Le stesse argille risultano debolmente sovraconsolidate, le pressioni di pre-consolidazione risultano essere variabili da 1,59 a 7,75 Kg/cm², dalle analisi eseguite risulta che per profondità comprese fra 10 e 12,5 metri dal p.c. la Pc è pari a 1,59 Kg/cm², per profondità comprese fra 12,5 e 13,5 metri la Pc è pari a 2,96 Kg/cm², per profondità comprese fra 13,5 e 15,5 metri la Pc è pari a 5 Kg/cm², per profondità comprese fra 15,5 e 20 metri la Pc è pari a 7,75 Kg/cm², per profondità comprese fra 12,5 e 13 metri la Pc è pari a 5,86 Kg/cm², quindi risultano essere argille debolmente sovraconsolidate con valori di O.C.R: compresi fra 1 e 2,3.

Per quanto riguarda i valori di resistenza i campioni analizzati indicano valori di angolo di attrito interno ϕ variabili da 17 a 28,2 e valori di coesione compresi fra 1,63 e 6,5 t/m².

ARGILLE GRIGIO-AZZURRE (tabella n.6)											
CARATTERISTICHE FISICHE						CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio	Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Peso specifico	γ_s	gr/cm ³	2,71	2,73	2,72	Coesione	c	tonn/m ²	1,73	6,5	4,32
Peso di volume	γ_n	gr/cm ³	2,05	2,11	2,07	Angolo di attrito interno		gradi	20,4	28,2	21,54
Peso di volume saturo	γ_v	gr/cm ³	2,05	2,11	2,08	Pressione di pre-consolidazione	Pc	Kg/cm ²	1,59 a 10 mt prof.	7,75 a 15 mt prof.	4,63 a 12 mt prof.
Peso di volume secco	γ_d	gr/cm ³	1,64	1,74	1,7	O.C.R.			0,9	2,3	1,47
Conten.naturale d'acqua	Wn	%	20,3	23,8	21,9	Grado di consolidazione			normoconsolidato	deb.sovracons.	deb.sovracons.
Indice dei vuoti	e		0,559	0,659	0,599	Indice di compres.	Cc		0,1	0,16	0,12
Coefficiente Permeabilità	K	cm/sec	7,8x10-8	5,3x10-7	3,04x10-8	Grado di consolidazione			normoconsolidato	deb.sovracons.	deb.sovracons.
Porosità	n	%	35,8	39,7	37,4						
Grado di saturazione	Sr	%	97,6	100	99,2	GRANULOMETRIA					
Limite liquido	L.L.	%	29,9	51,9	40,11						
Limite Plasticità	L.P.	%	20,8	27,7	23,9	Frazione granulometrica			Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Indice di plasticità	I.P.	%	6,9	25,2	14,9	Ghiaia		%	0	0	0
Indice di consistenza	I.C.	%	1	1,3	1,15	Sabbia		%	1	9,2	6,07
Indice di attività	I act.		0,2	1,2	0,5	Limo		%	45	73,5	59,45

CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (tab. n.7).

Si tratta di conglomerati poligenici immersi in matrice sabbioso-limosa ben cementata, con intercalazioni di livelli sabbiosi. Da un punto di vista granulometrico gli strati conglomeratico-sabbiosi risultano essere così composti: frazione argillosa variabile dal 0 al 5%, frazione limosa variabile dal 8 al 22,5%, frazione sabbiosa variabile dal 42,9 al 74,5% e frazione ghiaiosa variabile dal 9 al 48,6%, il peso di volume risulta variabile da 1,60 a 2,00 g/cm³, l'angolo di attrito interno ϕ presenta valori variabili da 35 a 40° e coesione fra 0 e 0,5 t/m².

Da un punto di vista granulometrico gli strati sabbiosi risultano essere così composti: frazione argillosa variabile da 0 a 11%, frazione limosa variabile da 4 a 28,5%, frazione sabbiosa variabile dal 56,2 al 92,7%, frazione ghiaiosa variabile da 9 a 48,6%, il peso di volume risulta variabile da 1,80 a 1,90 gr/cm³, il peso specifico risulta essere compreso fra i valori di 2,4 e 2,6 gr/cm³, tali terreni hanno valori dell'indice dei vuoti variabile fra 0,4 e 0,6. Il contenuto d'acqua naturale presenta valori compresi fra 10,82 e 17,49%. Per quanto riguarda i valori di resistenza si hanno valori di angolo di attrito interno ϕ variabile da 32 a 36° e coesione fra 0 e 4 t/m².

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (tabella n.7)					
CARATTERISTICHE FISICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Peso specifico	γ_s	gr/cm ³	2,68	2,7	2,68
Peso di volume	γ_n	gr/cm ³	1,6	2	1,86
Densità relativa	Dr	%	65	85	75
GRANULOMETRIA					
Ghiaia		%	0,3	48,6	8,3
Sabbia		%	42,9	92,7	65,5
Limo		%	4,3	28,5	12,6
Argilla		%	0	14,4	4,38
CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Coesione	c	Kg/cm ²	0	0	0
Angolo di attrito interno		gradi	32	40	36

CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI CONTINENTALI DI MONTALBANO (tab. n.8):

Tali depositi coprono la superficie pianeggiante del terrazzo marino di Terra Nuova. L'estensione areale, ove presentano spessori superiori a 3 metri circa, di tale deposito è localizzata da quota 265 a quota 246 m slm, si tratta di sedimenti limo-argillosi di colore variabile dal rossastro al brunastro con venature nerastre, tali litologie spesso si alternano a livelli sabbiosi e ghiaiosi. I campioni analizzati hanno evidenziato che nell'ambito di tali depositi sono presenti litotipi costituiti da un punto di vista granulometrico da: frazione ghiaiosa variabile dal 0,72 al 7%, frazione sabbiosa variabile dal 9% al 72%, frazione limosa variabile dal 11% al 33% circa e frazione argillosa variabile dal 15% al 55%.

I pesi di volume risultano variabili da 1,98 a 2,04 g/cm³, i pesi specifici sono compresi fra 2,6 e 2,7 gr/cm³, mentre la porosità di tali terreni è rappresentata da valori di indici dei vuoti variabili fra 0,5 e 0,65; grado di saturazione variabile da 47,5 al 90,4%, e contenuti d'acqua naturale con valori variabili dal 11,21 al 21,6%. La porzione argillosa di tali depositi presenta: il limite di liquidità (L.L.) di circa il 57%, il limiti di plasticità (L.P.) variabili dal 7 al 21,9%, indici di plasticità (I.P.) variabili dal 7 al 21,94%. Per quanto riguarda i parametri di resistenza sono stati ritrovati valori di angolo di attrito interno ϕ variabili dal 26,82 al 32,97% e coesione variabile da 8 a 24 Kpa. TAB.N.8

DEPOSITI CONTINENTALI DI MONTALBANO											
CARATTERISTICHE FISICHE						CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio	Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Peso specifico	γ_s	gr/cm ³	2,6	2,7	2,69	Coesione	c	Kpa	8,05	32,68	19,82
Peso di volume	γ_n	gr/cm ³	1,83	2,04	1,96	Angolo di attrito interno		gradi	26,82	32,97	29,31
Peso di volume saturo	γ_v	gr/cm ³	2,03	2,13	2,06	Pressione di pre-consolidazione	Pc	Kg/cm ²			
Peso di volume secco	γ_d	gr/cm ³				O.C.R.					
Conten.naturale d'acqua	Wn	%	11,21	21,6	16,13	Grado di consolidazione					
Indice dei vuoti	e		0,5	0,65	0,59	Indice di compres.	Cc				
Porosità	n	%	33,41	39,3	37,3						
Grado di saturazione	Sr	%	47,51	90,4	72,71						
Limite liquido	L.L.	%	25,81	53	40,7	GRANULOMETRIA					
Limite Plasticità	L.P.	%	18,63	31	24,54						
Indice di plasticità	I.P.	%	7,18	21,94	12,14	Frazione granulometrica			Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Indice di consistenza	I.C.	%				Ghiaia	%	0,7	7	4,56	
Indice di attività	I act.					Sabbia	%	9,46	72	40	
Classificazione abaco di Plasticità						Limo	%	11,69	31,66	21,7	
						Argilla	%	15,46	55,41	33,57	

CARATTERI GEOTECNICI DEI DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (tab. n.9)

Tali depositi si ritrovano in corrispondenza di paleoalvei od incisioni riempite presenti sulle superfici pianeggianti dei terrazzi marini, si tratta di sedimenti limo-argillosi di colore marrone e con venature nerastre, tali litologie spesso si alternano a livelli sabbiosi e ghiaiosi. I campioni analizzati hanno evidenziato che nell'ambito dei depositi eluvio-colluviali sono presenti litotipi costituiti da un punto di vista granulometrico da: frazione ghiaiosa pari all' 0,2%, frazione sabbiosa pari al 0,9%, frazione limosa pari al 44,7% e frazione argillosa pari al 54,2%. I pesi di volume risultano variabili da 1,98 a 2,08 g/cm³, i pesi specifici sono compresi fra 2,71 e 2,73 gr/cm³, mentre la porosità di tali terreni è rappresentata da valori di indici dei vuoti variabili fra 0,6 e 0,62; tali terreni risultano praticamente saturi infatti presentano un grado di saturazione di circa il 100%, e contenuti d'acqua naturale con valori del 21,8%. La porzione argillosa di tali depositi presenta: il limite di liquidità (L.L.) di circa il 57%, il limite di plasticità (L.P.) pari al 31,8%, l'indice di plasticità (I.P.) del 25,5%, indice di consistenza (I.C.) pari a 1,39, indice di compressibilità (Cc) pari a 0,14, indice di attività Iact pari a 0,5 (argille non attive). Tali argille si collocano nell' abaco di plasticità di Casagrande nel campo dei limi inorganici ad alta compressibilità e risultano classificabili come argille debolmente sovraconsolidate con valori di O.C.R: pari a 1,8. Per quanto riguarda i parametri di resistenza sono stati ritrovati valori di angolo di attrito interno ϕ pari a 15,3° e coesione di 3,18 t/m². TAB.N.9

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI											
CARATTERISTICHE FISICHE						CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio	Parametro	Simbolo	unità di misura	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Peso specifico	γ_s	gr/cm ³	2,68	2,73	2,69	Coesione	c	tonn/m ²			3,2
Peso di volume	γ_h	gr/cm ³	1,8	2,08	2	Angolo di attrito interno		gradi			15,3
Peso di volume saturo	γ_v	gr/cm ³	1,9	2,08	2,05	Pressione di pre-consolidazione	Pc	Kg/cm ²			2,65 a 10 mt prof.
Peso di volume secco	γ_d	gr/cm ³	1,7	1,74	1,72	O.C.R.					1,8
Conten.naturale d'acqua	Wn	%			21,8	Grado di consolidazione					deb.sovra cons.
Indice dei vuoti	e				0,6	Indice di compres.	Cc				0,14
Porosità	n	%			37,5						
Grado di saturazione	Sr	%			99,3						
Limite liquido	L.L.	%			57,2	GRANULOMETRIA					
Limite Plasticità	L.P.	%			25,4						
Indice di plasticità	I.P.	%			25,5	Frazione granulometrica			Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Indice di consistenza	I.C.	%			1,39	Ghiaia	%				0,2
Indice di attività	I act.				0,5	Sabbia	%				0,9
Classificazione abaco di Plasticità					alta compress.	Limo	%				44,7
						Argilla	%				54,2

INDAGINE SISMICA TIPO MASW

PREMESSA

Su incarico dello scrivente è stata programmata ed eseguita una campagna d'indagini geofisiche dalla ditta Geological & Geophysical Investigation Service del Dott. Geologo Potenza Galileo Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ). La presente relazione di indagini geofisiche riguarda la caratterizzazione sismica dell'areale di pertinenza del sito in oggetto, in Viale dei Caduti, nel Comune di Montalbano Jonico (MT).

Nell'areale di interesse, sono state effettuate opportune e puntuali indagini d'ordine geofisico, nello specifico, sono stati realizzati uno stendimento di sismica attiva MASW, ed una registrazione di microtremore ambientale HVSr, al fine di determinare le caratteristiche sismiche e di amplificazione di sito delle litologie che costituiscono il sottosuolo dei punti investigati. (vedi planimetria indagini)

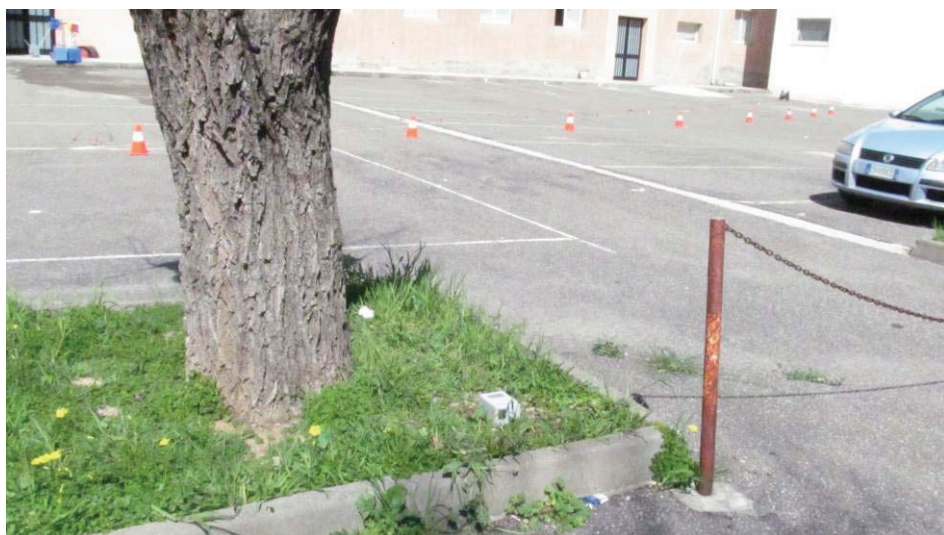
Le misure sismiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "sismografo multicanale SoilSpy Rosina e tromografo Tromino Engineer, della Micromed", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 14 gennaio 2008), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.



REPORT FOTOGRAFICO



MASW



HVSr

Di seguito sono riportate le indagini indirette di tipo sismico.

ANALISI DI MICROTREMORE AMBIENTALE

Le locali caratteristiche geomorfologiche influenzano la risposta sismica del sito; tra i parametri più importanti ricade sicuramente l'acclività del terreno che esaspera le condizioni di stabilità in occasione di un evento sismico. Fenomeni di amplificazione sismica locale possono instaurarsi in presenza di materiali incoerenti o depositi sabbiosi non sufficientemente addensati con presenza di una falda acquifera. Le sollecitazioni dinamiche, che avvengono in occasione di un evento sismico, generano un aumento repentino delle sovrappressioni interstiziali con la possibilità di liquefazione spontanea. Altre situazioni morfologiche particolari, come bordi di terrazzi, linee di cresta, cigli di scarpate o brusche variazioni di pendenza nel versante, possono provocare amplificazioni sismiche e conseguenti aumenti di danni alle strutture. Infine va ricordato che terreni granulari o coesivi poco addensati rispondono agli eventi sismici con frequenze di vibrazione modeste; invece nei terreni molto addensati o rocciosi può essere importante l'interazione tra l'onda sismica e le frequenze di vibrazione proprie dei manufatti.

Allo scopo di localizzare le aree più significative e successivamente:

- determinare la frequenza fondamentale di risonanza del terreno;
- verificare eterogeneità significative (variazioni litostratigrafiche);
- caratterizzare i principali parametri geologico-sismici di sito ove sia richiesta una elevata risoluzione e precisione spaziale;

nel sito interessato dalla progetto in oggetto si è proceduto ad analisi congiunta di inversione di H/V e metodi di array sismico, mediante acquisizioni di:

- **una** registrazione di rumore ambientale (sismica passiva a stazione singola per l'analisi H/V), in punti ritenuti significativi ed esplicativi della litologia del luogo effettuata con tromografo digitale Tromino, che utilizza un sistema di acquisizione tri-direzionale costituito da sensori di tipo velocimetrico caratterizzati da alta sensibilità e frequenza propria non superiore ad 1 Hz;
- **uno** stendimento di sismica attiva e passiva per la determinazione della curva di dispersione frequenziale delle onde sismiche con tecnica MASW, metodologia che consentono di ottenere un modello verticale di propagazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s), a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love;

Le principali applicazioni possono essere così riassunte:

- calcolo della V_{s30} (obbligatoria ai fini progettuali per la nuova normativa);
- microzonazione sismica (è l'unica tecnica utilizzabile nei centri abitati);
- misura della frequenza fondamentale di risonanza del terreno;
- misura della frequenza di risonanza degli edifici preesistenti;

- supporto alle indagini geologico-geotecniche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione;
- determinazione della profondità degli strati profondi e basamento;
- ausilio per indagini su dissesti (determinazione della profondità della superficie di taglio, discontinuità litostratigrafiche).

I dettagli della strumentazione e delle tecniche utilizzate per l'investigazione sono espliciti nei capitoli successivi.

IL RUMORE SISMICO (MICROTREMORE AMBIENTALE)

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste.

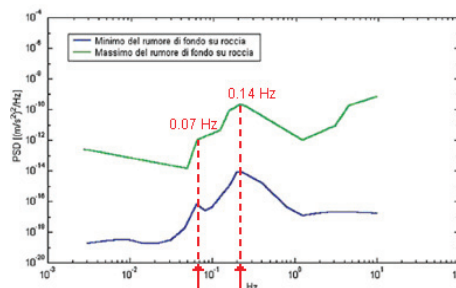


Fig. 1) Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra (secondo USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, TR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-

Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001; solo per citarne alcune).

BASI TEORICHE DEL METODO H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Consideriamo il sistema di Figura 2, in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

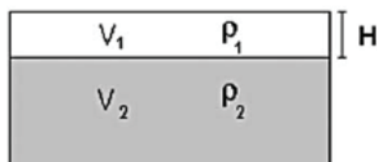


Fig. 2) Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione delle onde sismiche V .

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H} \quad [1]$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) il contenuto in frequenza
- b) la risposta strumentale
- c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini (per le basi teoriche si veda ad es. Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981; Arai e Tokimatsu, 2004).

(Tratto da: **Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica** Francesco Mulargia, Silvia Castellaro e Piermaria Luigi Rossi)

DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO

Nel sito oggetto di studio, è stata eseguita una registrazione di sismica passiva a stazione singola HVSR e una linea sismica su cui è stata acquisita una registrazione di sismica attiva, con tecnica MASW. Lo stendimento, lungo 45 m, è stato posizionato in campo in direzione circa S – N sovrapposto alle indagini a stazione singola HVSR (vedi Planimetria indagini allegata).

La misura di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti in campo libero, è stata effettuata con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (TROMINO versione Engineer) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, allo stesso modo anche le terne geofoniche sono state posizionate lungo le tre direzioni del moto sismico.

La messa in stazione dello strumento è stata eseguita a regola, direzionando il Nord strumentale lungo il Nord magnetico e centrando la bolla sferica di cui è fornito, a garanzia dell'orizzontalità del posizionamento dello strumento; i dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz e successivamente processati con il programma dedicato "Grilla".

In sito è stato realizzato uno stendimento multicanale con strumentazione SoiSpy Rosina, distanziando i geofoni di 3.00 m l'uno dall'altro e con geometria a lineare. Sullo stendimento è stata effettuata una prova di sismica attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), utilizzando geofoni per la misurazione delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs). Per la tecnica MASW, gli scoppi, sono stati ottenuti mediante percussione con mazza da 10 Kg lateralmente ad una traversina in acciaio, per generare onde sismiche di **taglio (Vs)** e verticalmente su piastra metallica, per generare onde sismiche di **compressione (Vp)**. In entrambi i casi, gli scoppi sono stati posizionati a circa 5 m dal geofono n° 1.

La metodologia MASW consente di ottenere un modello verticale delle Vs, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Love contenute nel segnale provocato dalle energizzazioni.

Dal segnale registrato sono stati ricavati i grafici di dispersione frequenziale relativi ad ogni Staking, ed il piking è stato eseguito manualmente al centro della curva di dispersione.

Le curve di dispersione, ottenute mediante le procedura sopra citate, sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Love nel modo fondamentale e nei modi superiori, in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alla curva sperimentale. Le registrazioni in array di sismica sono state utilizzate in fase di processamento dati per la taratura delle acquisizioni di microtremore.

La traccia HVSR è stata invertita in Fitt congiunto con la tecnica MASW, per porre dei vincoli alla interpretazione e limitare il numero di incertezze insite nelle normali tecniche geofisiche.

HVSR Scuola Fiorentino, Montalbano Jonico (MT)

Inizio registrazione: 29/03/16 11:36:16 Fine registrazione: 29/03/16 11:56:16

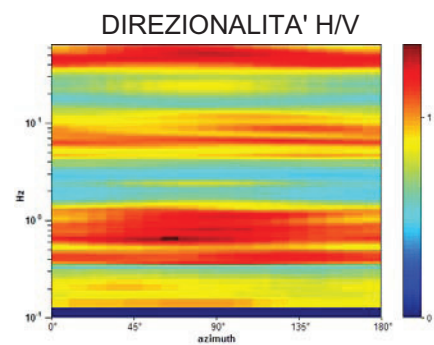
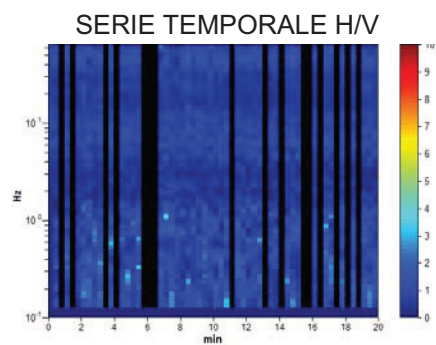
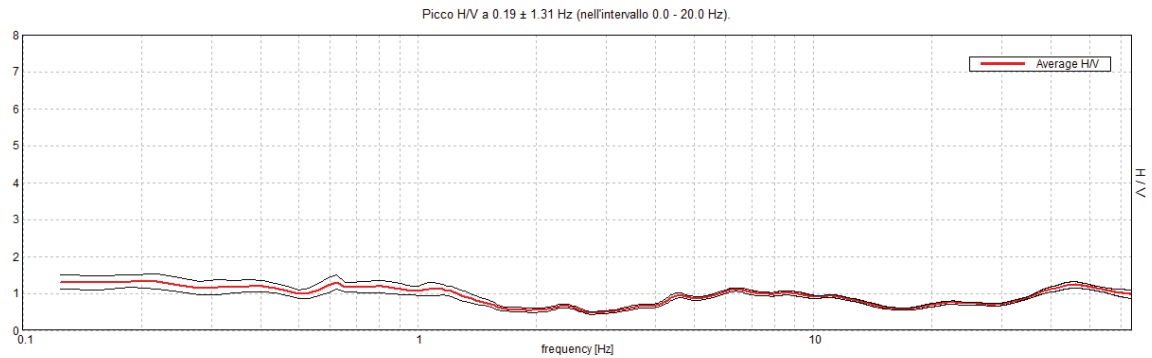
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

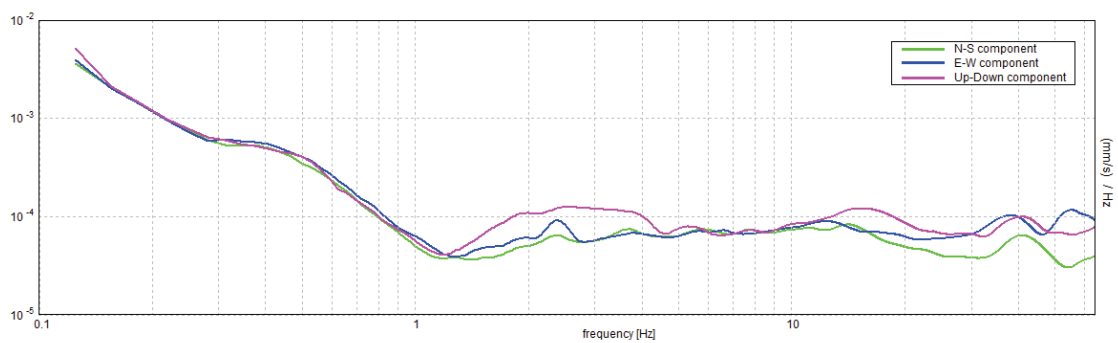
Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

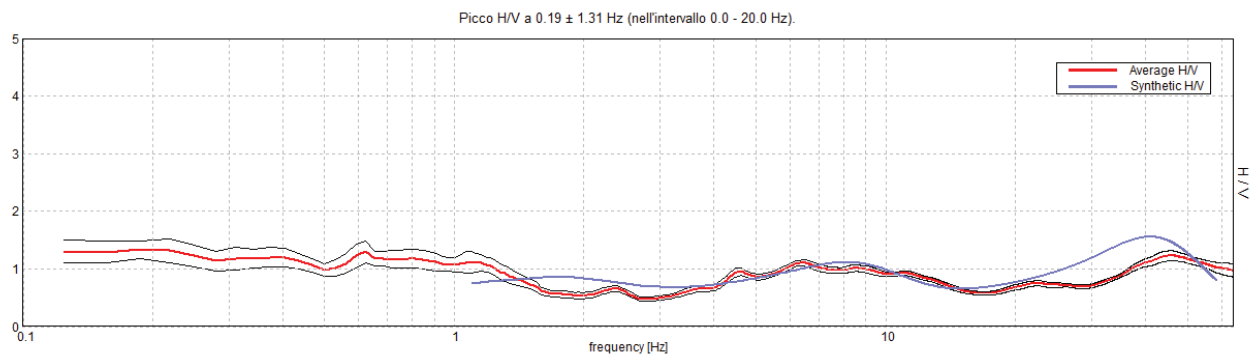
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



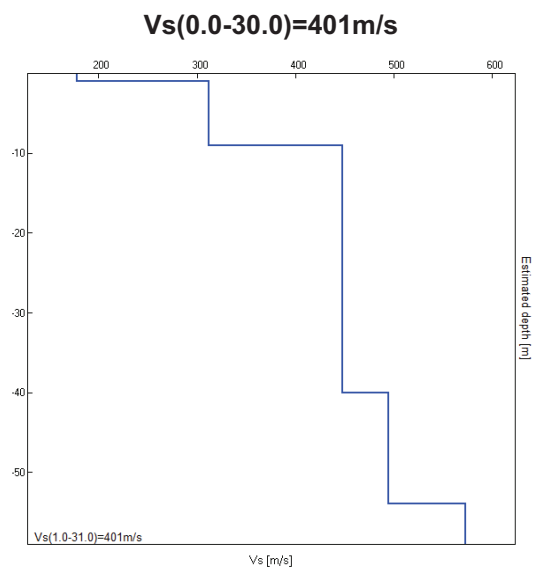
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	178	0.45
9.00	8.00	312	0.42
40.00	31.00	448	0.40
54.00	14.00	495	0.40
inf.	inf.	573	0.39



[Secondo le linee guida SESAME, 2005].

Picco H/V a 0.19 ± 1.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.19 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$165.0 > 200$		NO
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 10	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.33 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 6.99373 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.31132 < 0.04688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1583 < 3.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Analizzando lo spettro di risposta della registrazione HVSR, si nota che i valori del rapporto spettrale alle frequenze tra 1 e 10 Hz sono comprese tra 1 e 2 H/V, denunciando un **basso valore di amplificazione locale**.

La registrazione HVSR, è stata invertita in fitt congiunto con la misura MASW pertanto il profilo di V_s risultante è univoco per le due tecniche, questo consente di avere un vincolo alla elaborazione per diminuire l'incertezza insita nelle prove geofisiche.

PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità, al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. Il metodo di prospezione sismica MASW utilizza le onde di superficie e si basa su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore H dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità ρ dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson ν .

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Love, per il sito in esame.

Quanto detto rappresenta il problema diretto; quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Love.

Nell'analisi dei dati occorre invece affrontare il problema inverso; a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici. La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. *Acquisizione*: registrazione e osservazione dei dati sismici "grezzi" contenenti le onde di Love per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze. A tale proposito, si è settato lo strumento sismica multicanale SoilSpy Rosina (con geofoni orizzontali a frequenza 4.5 Hz) ad una frequenza di campionamento di 1024 Hz, si è proceduto al posizionamento dello stendimento distanziando i geofoni di 3.00 m l'uno dall'altro, per una distanza complessiva di 45.00 m, si è poi proseguito sistemando punti di energizzazione in testa all'antenna sismica.

2. *Processing*: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza.

3. *Inversione*: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità. Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

La procedura MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999). L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica, insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW, metodo attivo, di superare pienamente le limitazioni incontrate con precedenti metodi. Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore V_s può essere paragonata alla metà della lunghezza d'onda λ_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento.

Nel metodo MASW la curva di dispersione viene ricavata dallo spettro selezionando i valori di frequenza e numero d'onda ai quali è associata l'energia massima. A tale proposito si procede con la fase di processamento dati che consiste nella inversione della curva di dispersione ricavata che ci porta alla definizione del profilo verticale delle onde di taglio negli ultimi 30 m di sottosuolo.

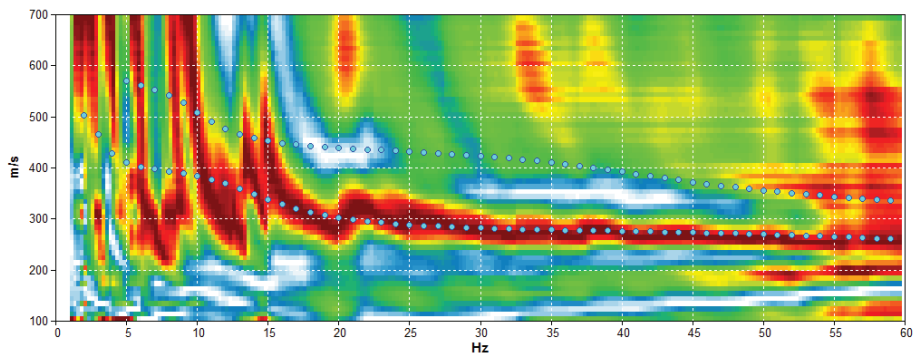
Di seguito sono riportate le elaborazioni con tecnica sismica MASW.

MASW Scuola Fiorentino, Montalbano Jonico (MT)

Inizio registrazione: 29/03/16 11:25:45 Fine registrazione: 29/03/16 11:26:14
Durata registrazione: 0h00'01". Freq. campionamento: 1024 Hz

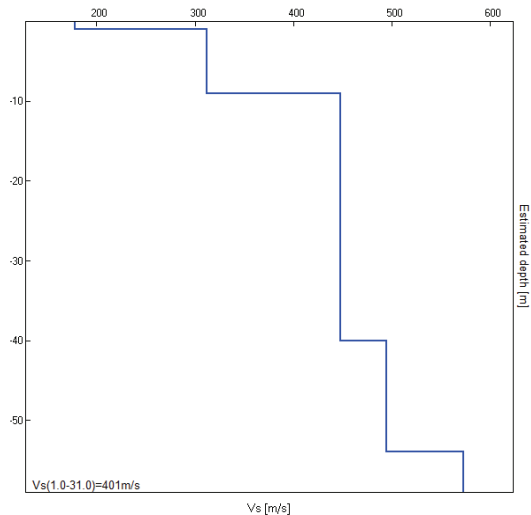
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	178	0.45
9.00	8.00	312	0.42
40.00	31.00	448	0.40
54.00	14.00	395	0.40
inf.	inf.	573	0.39

Vs(1.0-31.0)=401m/s



VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE

Nel sito oggetto di studio, le tecniche di investigazione sismica utilizzate hanno dato informazioni del sottosuolo con differente risoluzione, ed in particolare, la tecnica MASW ci ha dato una buona risoluzione più in superficie, mentre la tecnica HVSr ci ha consentito di arrivare a strati più profondi. Tutte le tecniche sono state invertite con fitt congiunto, per porre dei vincoli di taratura ed ottenete un profilo di velocità affidabile.

Il sito investigato in questo lavoro è caratterizzato dal punto di vista sismo-stratigrafico, a partire dal piano campagna, dalla presenza dei seguenti sismostrati:

- **primo sismostrato** costituito massetto stradale e sottofondo con spessore medio di circa 1.00 m, V_s di 178 m/s, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 8.00 m e V_s di 313 m/s, con medio-buona rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** addensato, spessore medio di circa 31.00 m, V_s di 448 m/s con buona rigidità sismica;
- **quarto sismostrato**, addensato, spessore medio di circa 14.00 m, V_s di 495 m/s con buona rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da V_s superiori a 573 m/s, alta rigidità sismica e non producono picchi di risonanza significativi.

Tabella 1. Tabella delle velocità sismiche P ed S espresse in m/s nei mezzi litologici desunta da dati sperimentali

		V_p		V_s	
		Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
Sedimenti non consolidati	Sabbia	400	900	176	396
	Sabbia satura	700	1450	286	592
	Argilla	750	1600	280	500
	Limi e argille	650	1250	241	464
	Limi e sabbie	500	1000	212	425
Sedimenti consolidati	Argilla	1500	1850	557	687
	Calcere fratturato	750	1450	330	638
	Calcere	1400	2000	616	880
	Arenaria fratturata	800	2100	363	954
	Arenaria	2000	3500	935	1637
Rocce	Dolomia	2500	4500	1200	2162
	Basalto fratturato	950	1350	489	695
	Basalto	1800	3000	995	1658
	Granitoidi fratturati	1000	1750	514	900
	Granitoidi	1600	2800	884	1548
	Metamorfiti fratturate	1500	2000	772	1029
	Metamorfiti	1800	3500	1039	2021

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di $V_s 30$ valutato dalla seguente espressione:

$$V_s 30 = 30 / \sum (h_i / V_i)$$

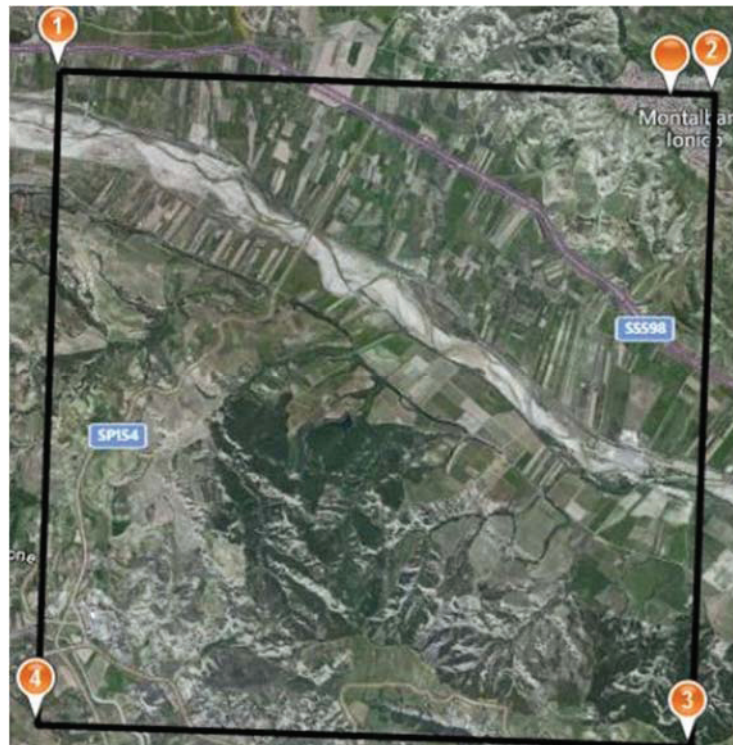
con h_i e V_i rispettivamente spessore e velocità dello strato i -esimo di N strati presenti nei primi 30 m di sottosuolo.

Il modello di V_s nei primi 30 m di sottosuolo ci dà informazioni riguardanti gli spessori e le velocità dei singoli sismostrati, per definire l'azione sismica di progetto e la categoria del terreno di fondazione del sito oggetto di studio.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio sono stati determinati con le metodologie sopra citate i valori di V_{s30} , partendo dal piano campagna, che risultano essere di **401 m/s**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria **B**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 14 gennaio 2008, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria **"B"** descritta in normativa come: *"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 cu, $30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina)"*.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (V_n): 50 [anni]
Classe d'uso: III
Coefficiente d'uso (C_u): 1.5
Periodo di riferimento (V_r): 75 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40.2913100 [°]
Longitudine (WGS84): 16.5654300 [°]
Latitudine (ED50): 40.2923000 [°]
Longitudine (ED50): 16.5662400 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	35455	40.294490	16.504740	5221.71
2	35456	40.292700	16.570220	340.44
3	35678	40.242740	16.567850	5512.64
4	35677	40.244520	16.502440	7584.85

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.036	2.410	0.277
SLO	45	0.043	2.425	0.308
	50	0.045	2.428	0.316
	72	0.051	2.469	0.343
SLD	75	0.052	2.478	0.345
	101	0.057	2.542	0.361
	140	0.064	2.580	0.374
	201	0.071	2.586	0.412
	475	0.092	2.688	0.452
SLV	712	0.102	2.745	0.466
	975	0.111	2.790	0.477
SLC	1462	0.122	2.846	0.499
	2475	0.138	2.922	0.529

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.035	2.409	0.275
SLO	45	0.041	2.433	0.306
	50	0.043	2.439	0.315
	72	0.050	2.459	0.343
SLD	75	0.050	2.468	0.345
	101	0.056	2.531	0.361
	140	0.061	2.589	0.374
	201	0.069	2.593	0.412
	475	0.088	2.710	0.452
SLV	712	0.097	2.774	0.465
	975	0.105	2.825	0.476
SLC	1462	0.116	2.884	0.499
	2475	0.130	2.962	0.531

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.035	2.400	0.276
SLO	45	0.041	2.431	0.308
	50	0.043	2.440	0.317
	72	0.049	2.467	0.345
SLD	75	0.050	2.475	0.347
	101	0.055	2.538	0.362
	140	0.061	2.594	0.377
	201	0.069	2.580	0.418
	475	0.088	2.692	0.458
SLV	712	0.098	2.740	0.486
	975	0.107	2.777	0.510
SLC	1462	0.118	2.837	0.522
	2475	0.134	2.916	0.539

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.036	2.408	0.278
SLO	45	0.042	2.435	0.309
	50	0.044	2.442	0.318
	72	0.051	2.478	0.345
SLD	75	0.051	2.487	0.347
	101	0.057	2.550	0.362
	140	0.063	2.585	0.376
	201	0.071	2.576	0.417
	475	0.093	2.670	0.457
SLV	712	0.104	2.709	0.485
	975	0.114	2.739	0.507
SLC	1462	0.126	2.794	0.520
	2475	0.143	2.867	0.536

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0.041	2.432	0.306
SLD	75	0.050	2.470	0.345
SLV	712	0.098	2.768	0.467
SLC	1462	0.116	2.876	0.501

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo:

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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e c_{u30} maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

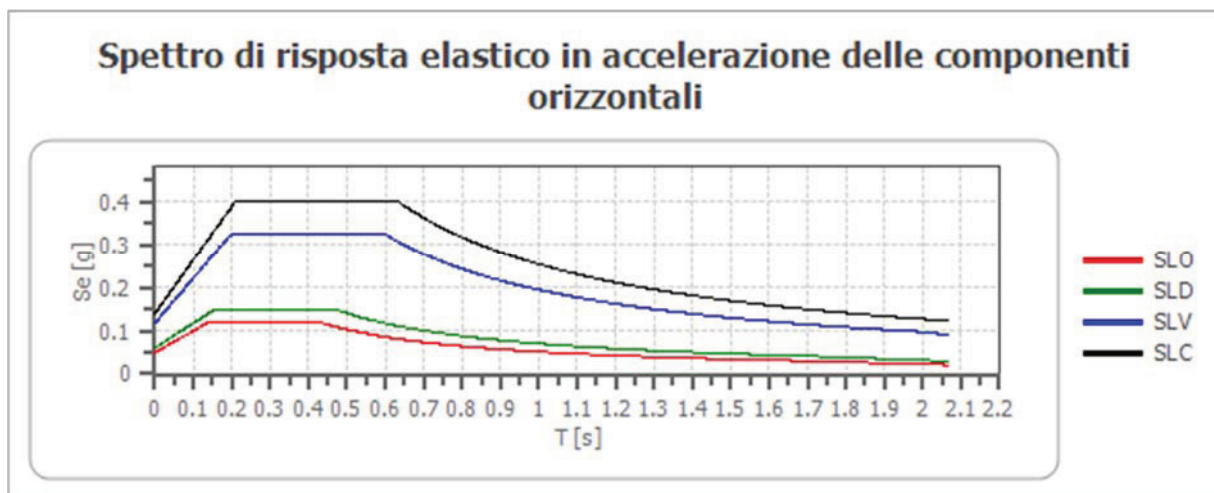
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.012	0.023	0.034
kv	0.005	0.006	0.012	0.017
amax [m/s ²]	0.487	0.594	1.152	1.371
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

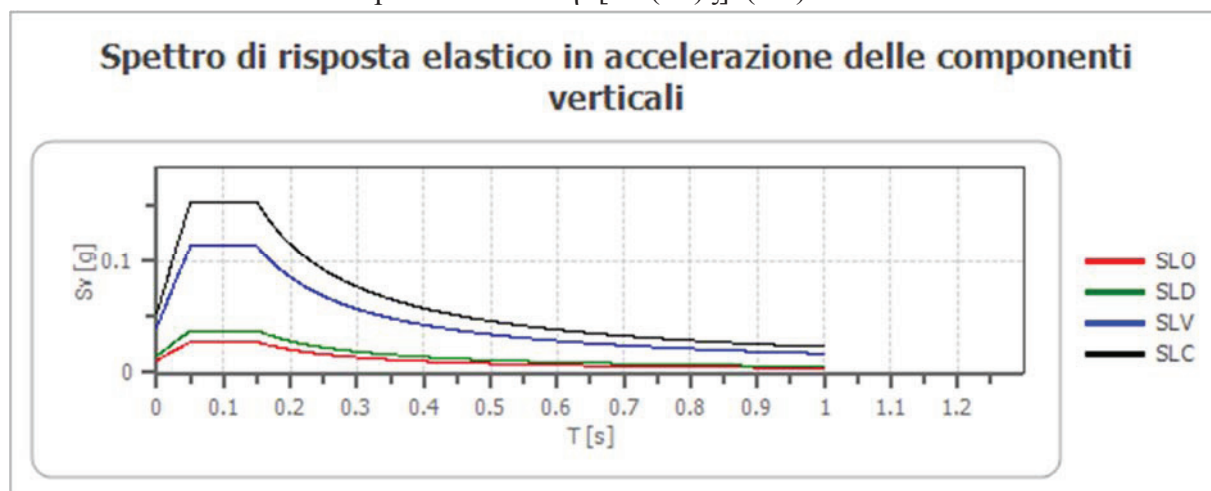


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.5	0.041	2.432	0.306	1.200	1.390	1.000	1.200	1.000	0.142	0.426	1.765	0.050	0.121
SLD	1.5	0.050	2.470	0.345	1.200	1.360	1.000	1.200	1.000	0.157	0.470	1.802	0.061	0.150
SLV	1.5	0.098	2.768	0.467	1.200	1.280	1.000	1.200	1.000	0.199	0.598	1.992	0.117	0.325
SLC	1.5	0.116	2.876	0.501	1.200	1.260	1.000	1.200	1.000	0.211	0.632	2.066	0.140	0.402

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.5	0.041	2.432	0.306	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.011	0.028
SLD	1.5	0.050	2.470	0.345	1	1.360	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.015	0.038
SLV	1.5	0.098	2.768	0.467	1	1.280	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.041	0.114
SLC	1.5	0.116	2.876	0.501	1	1.260	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.054	0.154

Spettro di progetto

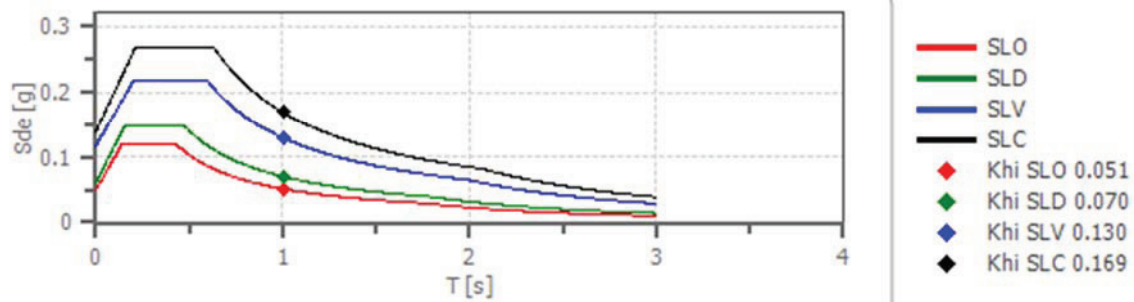
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50

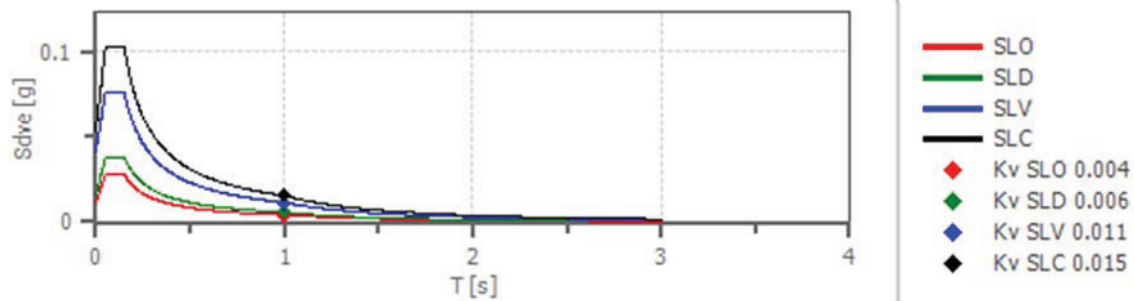
Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.051	0.070	0.130	0.169
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.004	0.006	0.011	0.015

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.5	0.041	2.432	0.306	1.200	1.390	1.000	1.200	1.000	0.142	0.426	1.765	0.050	0.121
SLO verticale	1.5	0.041	2.432	0.306	1.200	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.011	0.028
SLD orizzontale	1.5	0.050	2.470	0.345	1.200	1.360	1.000	1.200	1.000	0.157	0.470	1.802	0.061	0.150
SLD verticale	1.5	0.050	2.470	0.345	1.200	1.360	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.015	0.038
SLV orizzontale	1.5	0.098	2.768	0.467	1.200	1.280	1.000	1.200	1.500	0.199	0.598	1.992	0.117	0.217
SLV verticale	1.5	0.098	2.768	0.467	1.200	1.280	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.041	0.076
SLC orizzontale	1.5	0.116	2.876	0.501	1.200	1.260	1.000	1.200	1.500	0.211	0.632	2.066	0.140	0.268
SLC verticale	1.5	0.116	2.876	0.501	1.200	1.260	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.054	0.103

CONCLUSIONI

L'area in esame è ubicata nel centro abitato di Montalbano Jonico ed è caratterizzata dalla presenza di depositi marini terrazzati ossia da sedimenti continentali di spessore estremamente variabile da luogo a luogo da alcuni decimetri a 8 metri circa.

L'area non rientra tra quelle censite dall'AdB di Basilicata quale area a rischio idrogeologico.

Lo studio effettuato ha permesso di concludere quanto segue:

- *I terreni hanno mostrato buone caratteristiche geotecniche;*
- *La classe del suolo è risultata “**B**”;*
- *Dai rilievi effettuati la falda è stata rilevata una quota pari a 9,50 m dal p.c.*

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AZZAROLI A. (1968) – Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia. Formazioni Geologiche. Servizio Geologico D'Italia 1, 183-185.
- AZZAROLI A., PERNO U. & RADINA B. (1968) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia F° 188 “Gravina di Puglia”. Servizio Geologico d'Italia.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., MOSTARDINI F. & TONNA M. (1982) – Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa appenninica). *Geologica Romana* 21, 89-111.
- CASERO P., ROURE F., ENDIGNOUX L., MORETTI I., MULLER C., SAGE L. & VIALLY R. (1988) – Neogene geodynamic evolution of the Southern Apennines. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41, 109-120.
- CASNEDI R. (1988) – La Fossa bradanica: origine, sedimentazione e migrazione. *Memorie Società Geologica Italiana* 41, 439-448.
- CHERUBINI C., GUADAGNO F. M. & VALENTINI G. (1984) – I fenomeni di erosione e di frana nei depositi argillosi della Fossa Bradanica. Caratteristiche geotecniche e condizioni di stabilità delle colline argillose terrazzate di Montalbano Jonico (Basilicata). *Geologia Applicata e Idrogeologia* Vol., 121-145 Bari.
- CIARANFI N., D'ALESSANDRO A., DE ROSA R., MARINO M. & SABATO L. (1996) – Studio geologico Stratigrafico di una successione infra e mesopleistocenica nella parte sudoccidentale della Fossa bradanica (Montalbano Jonico, Basilicata). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 115, 379- 391.
- CIARANFI N., D'ALESSANDRO A., GIRONE A., MAIORANO P., MARINO M., SOLDANI D. & STEFANELLI S. (2001) – Pleistocene sections in the Montalbano Jonico area and the potential GSSP for Early-Middle Pleistocene in the Lucania Basin (Southern Italy). *Memorie di Scienze Geologiche* 53, 67-83.
- CIARANFI N., D'ALESSANDRO A. & MARINO M. (1997) - A candidate section for the lower - middle Pleistocene Boundary (Apennine Foredeep, South Italy). In: Naiwen W. & Remane J. (eds) - "Proceedings of the 30th International Geological Congress" 11, 201-211.
- CILUMBRIELLO A., SABATO L. & TROPEANO M. (2008) – Problemi di cartografia geologica relativa ai depositi quaternari di chiusura del ciclo della Fossa bradanica: l'area chiave di Banzi e Genzano di Lucania (Basilicata). *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia.*, LXXVII, 119-146. Roma.
- D'ANDREA M. (2002) – Un progetto nazionale per il censimento dei geositi in Italia: Servizio Geologico d'Italia: progetto “conservazione del patrimonio geologico”. In riassunti del convegno: “Il patrimonio geologico come bene culturale ed ambientale da tutelare. Conoscenza, valorizzazione e gestione dei siti di interesse geologico”, 9-10. Rionero in Vulture (PZ).
- DOGLIONI C., MONGELLI F. & PIERI P. (1994) – The Puglia uplift (SE-Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere. *Tectonics* 13, 1309-1321.
- GALLICCHIO S., GIRONE A., STEFANELLI S., CAROLI I. & SOLDANI D. (2003) - I Calanchi di Montalbano Jonico: un patrimonio geologico-culturale da conoscere e tutelare. In atti del Convegno “Conservazione e valorizzazione del Patrimonio Geologico” 13-14 Aprile, Rionero in Vulture (PZ), pp 111-124; supplemento al numero I/2003 di *Geologia dell'Ambiente*.

- LAMBIASE S. (2002) – Valorizzazione dei Geositi in Basilicata. In riassunti del convegno: “Il patrimonio geologico come bene culturale ed ambientale da tutelare. Conoscenza, valorizzazione e gestione dei siti di interesse geologico”, 22-23. Rionero in Vulture (PZ).
- MIGLIORINI C. (1937) – Short account of the geological conditions and of the oil prospection of a zone in southern Italy. 2nd Congr. Mon. Petrol. di Parigi, 1-11
- MOSTARDINI F. & MERLINI S. (1986) – Appennino centro meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana 35, 177-202.
- MOSTARDINI F., PIERI M. & PIRINI C. (1966) – Stratigrafia del Foglio 212, Montalbano Jonico. Bollettino Servizio Geologico D'Italia 87, 1-89.
- PICCARETA M., CAPOLOGO D. & BOENZI F. (2004) – Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a southern Italy context. International Journal of Climatology, 24, 907-922
- PICCARETA M., CAPOLOGO D., BENTIVENGA M., PENNETTA L. (2004) – Influenza delle precipitazioni e dei cicli umidi-secco sulla morfogenesi calanchiva in un'area semi-arida della Basilicata (Italia Meridionale). Geografia Fisica e dinamica quaternaria, VII, 281-289.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) – Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene. Memorie della Società geologica Italiana 51, 501- 515.
- TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002) – The Quaternary “post-turbidite” sedimentation in the South Apennines foredeep (Bradanic trough – southern Italy) Boll. Soc. Geol. It., Vol. Sp. N°1, (Parte I), 449-454.
- VEZZANI L., 1967. I depositi plio-pleistocenici del litorale ionico della Lucania. Atti della Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania s. VI, 18, 159-180.