

PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Società ATON 22 s.r.l., con sede legale in Bressanone (BZ) alla Via Julius Durst n° 6 – Partita Iva 03072680212, il sottoscritto geologo dott. Vincenzo Del Genio, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con numero 1147 e con studio in Alvinzano (Ce) alla via Trento n° 15/bis, redige la presente relazione geologica di compatibilità sismica per il *“Progetto per la realizzazione della connessione utente SAU in località Magnoli di Sessa Aurunca (Ce)”*.

Come da documentazione tecnica progettuale, fornita allo scrivente dal committente, l'impianto utente di progetto, denominato *“C023 Magnoli”*, per la connessione di un di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di 19,021 MW sito in Sessa Aurunca alla località Magnoli su un lotto di terreno adibito a seminativo e si presenta totalmente pianeggiante.

A seguito dell'incarico, sono stati effettuati diversi sopralluoghi per verificare l'idoneità dei siti dal punto di vista morfologico e geostatico, e sono stati realizzati accurati rilevamenti nell'area in esame, finalizzati alla classificazione delle litologie presenti.

Il lavoro, di cui la presente relazione rappresenta il compendio, è uno *“Studio geologico”* del sottosuolo interessato dalla posa in opera delle strutture a farsi.

Il lavoro, di cui la presente relazione rappresenta lo *“Studio geologico e geomorfologico”* ed è redatto a norma della legislazione vigente da professionista geologo abilitato, ai sensi della Legge 03.02.1963, n° 112, come ribadito nel § 7.1 del *“Parere n° 164/92”* del Consiglio di Stato nel quale, l'organo, nell'attribuire ai geologi **l'esclusiva competenza a redigere la relazione geologica**.

Lo studio è stato effettuato, in particolare, in ottemperanza alle Norme vigenti nelle aree dichiarate sismiche, **ed è stato redatto in conformità delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con decreto del 17/01/2018 (paragrafo 6.2.1 e paragrafo 6.2.2)**.

Sulla scorta di quanto sopra, si è provveduto, innanzitutto, ad eseguire uno studio geologico preliminare delle aree interessate, basato, in una prima fase, sulla ricerca bibliografica e sulla cartografia tematica riguardante la zona in questione.

Successivamente si sono recuperati, al fine di ottenere un quadro conoscitivo geologico-stratigrafico dell'intero territorio comunale ed in particolare dell'area di studio, tutti gli studi geologici e geotecnici presentati e ricadenti all'interno del territorio di interesse.

Sulla scorta di quanto sopra, si è provveduto, innanzitutto, ad eseguire uno studio geologico preliminare delle aree interessate, basato, in una prima fase, sulla ricerca bibliografica e sulla cartografia tematica riguardante la zona in questione; mentre, in un secondo momento, si è eseguito un rilevamento di superficie delle aree interessate, e di una zona circostante sufficientemente ampia da consentire opportune e valide correlazioni.

La relazione ha lo scopo di fornire al progettista, sulla scorta delle conoscenze acquisite sull'intero territorio comunale (ed in particolare nelle zone di intervento), i principali parametri geologici, sismici e puramente geomeccanici dei terreni interessati dalla posa in opera delle strutture a farsi.

È parso, pertanto, opportuno prendere in considerazione, in via preliminare, l'intero comprensorio in cui è inserito il territorio comunale, per poi scendere nella descrizione particolareggiata e specificatamente geologico-tecnica delle aree interessate.

I dati stratigrafici sono stati desunti da indagini meccaniche e geofisiche effettuate per l'adeguamento degli strumenti urbanistici vigenti alla normativa regionale e da studi eseguiti per conto di committenti privati e pubblici.

Tali dati sono stati integrati, in questa fase, da altre indagini sia meccaniche che geofisiche espletate in sito predisponendo, preliminarmente, un adeguato “*progetto di indagini*” per poter addivenire ad una completa conoscenza dell'area sia da un punto di vista geologico che sismico.

La relazione pertanto contiene:

- 1) *l'inquadramento geologico del sito;*
- 2) *la descrizione delle indagini geotecniche effettuate e dei risultati ottenuti;*
- 3) *l'indicazione della fattibilità dell'opera in relazione alla stabilità dell'insieme della zona e agli eventuali effetti dannosi derivanti dalla costruzione dell'opera in progetto;*
- 4) giustificazione della tipologia delle fondazioni adottate;
- 5) *schematizzazione del terreno ai fini del calcolo della portata delle fondazioni e dei cedimenti.*

L'estensione delle indagini in numero e tipo sarà rapportata all'importanza dell'opera, alle sue dimensioni planimetriche, alla ipotizzabile variabilità delle caratteristiche

meccaniche del terreno (*articolo 4 Legge Regionale Campania 9/83 - Regolamento Delibera di Giunta Regionale n° 2515 del 08.10.2001*).

Si sono così aggiunte indagini di campagna sviluppatasi, essenzialmente, nelle seguenti fasi:

una prima fase di acquisizione di tutte le informazioni statistiche sui meccanismi di funzionamento degli equilibri naturali sul territorio e la loro mutazione in rapporto all'attuale grado di antropizzazione;

una seconda di analisi dei siti studiati, basata sul rilevamento e verifica dell'assetto geolitologico dell'area interessata; rilevamento delle caratteristiche geometriche e geomorfiche delle reti di drenaggio delle acque di versante; rilievo delle condizioni di conservazione degli alvei naturali discendenti il versante di interesse; fase supportata con apposite indagini in situ posizionate in pianta nel modo presentato nell'allegata cartografia, per le definizioni di dettaglio stratigrafico.

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

Tutti gli studi hanno riguardato, tra gli altri, aspetti geologici e geo-morfologici ritenuti pregnanti per lo studio qui condotto.

Si sono recuperate informazioni di carattere geologico-stratigrafico locale anche dalle recenti indagini prodotte a corredo per altri studi per interventi edilizi pubblici e privati.

Si elenca la normativa di riferimento con la quale è stato redatto il presente studio geologico.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, circolare n° 7 del 21 gennaio 2019.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali – UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino Nazionale.

Si elenca la parte di bibliografia scientifica consultata per la reazione del presente studio.

Bonardi G., D'Argenio B. & Perrone V. (1988): Carta Geologica dell'Appennino Meridionale (scala 1: 250.000). Atti del 74° Congresso della Società geologica Italiana: "L'Appennino Campano nel quadro geologico dell'Italia Meridionale" Sorrento 13-17 Settembre.

D'Argenio B., Pescatore T. S. & Scandone P. (1973) – Schema geologico dell'Appennino Meridionale. Estr. dal Quad. n° 183, Istituto di Geologia Università di Napoli

Celico P. (1978): Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale Mem. e Note Ist. di Geol. Appl., Napoli, XIV, I.

Celico P. (1983): Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania). Quad. Casmex 4/2.

Pescatore T. S. & Ortolani F. (1973): Schema tettonico dell'Appennino campano-lucano. Boll. Soc. Geol. It., 92.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE: Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000), Fogli geologici n°172 Caserta e n°161 Isernia.

La relazione contiene indagini e prove di tipo geologico, e geomeccanico per la redazione della Relazione Geologica e di Modellazione Sismica sulla base delle valutazioni emerse dalle nuove indagini e prove effettuate sull'area e rispondenti comunque alle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui al D.M. 17.1.2018:

1. la Carta Geologica di dettaglio;
2. le caratteristiche idrogeologiche e l'interazione con la falda idrica;
3. la categoria di sottosuolo di fondazione individuata e la categoria dell'amplificazione topografica;
4. la planimetria ubicativa delle prove;
5. gli elaborati numerici e grafici di ogni indagine eseguita nuova chiaramente leggibili;
6. lo stralcio della Cartografia del P.A.I. dell'Autorità di Bacino competente;
7. la documentazione fotografica, attestante l'esecuzione delle indagini e delle prove;
8. la stratigrafia dei litotipi estesa a -30 metri dal piano di imposta delle fondazioni, con l'indicazione della massima escursione dell'eventuale falda acquifera o dell'eventuale sua assenza;
9. le conclusioni sulla fattibilità dell'intervento e prescrizioni progettuali.

La Regione Campania ha riclassificato il territorio regionale in zone a pericolosità decrescente (zona 1, 2 e 3), a partire dalla carta di pericolosità sismica.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

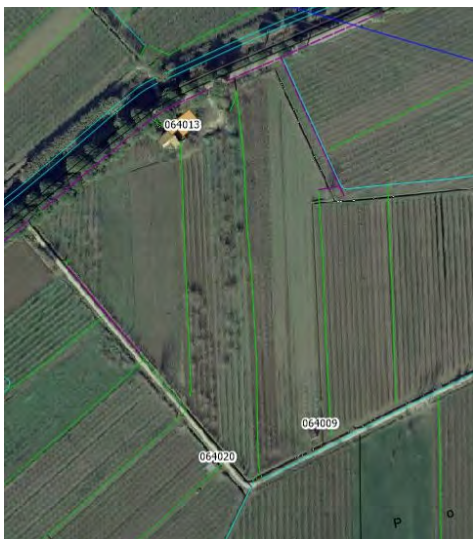
L'area di interesse è situata nella ampia piana alluvionale del Garigliano, in prossimità della sua foce, si estende per una superficie morfologicamente pianeggiante ad una quota topografica di circa cinque metri sul livello del mare in località Magnoli di Sessa Aurunca S.R. WGS4 EPSG 4326 / Coordinate 41° 30' 46.87"N - 13° 40' 18.32"E.

Nelle successive cartografie sono indicate la posizione dell'impianto rispetto alle principali cartografie di inquadramento catastale dell'intervento.



Stralcio Catastale

Stralcio Catastale



MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

Inquadramento territoriale

Individuazione geografica e cartografica dell'area

Il territorio del Comune di Sessa Aurunca (Ce) rientra nel distretto provinciale di Caserta e confina a nord con i comuni di Galluccio e Roccamonfina, a est con il comune di Teano, a sud e a sud est con i comuni di Falciano del Massico, Mondragone e Carinola, sud ovest con i comuni di Cellole e Minturno (Lt), a ovest con i comuni di Santi Cosma e Damiano (Lt) e Castelforte (Lt), a nord ovest con il comune di Rocca d'Evandro.



Stralcio della Carta Programmatica Regionale Base cartografica 1: 5.000

Il sito di specifico interesse è ubicato in località Magnoli e la SAU sarà realizzata su un lotto di terreno pianeggiante al Foglio 64, particella 5025. Topograficamente la zona in esame si sviluppa ad una quota intorno ai cinque metri circa s.l.m. su un'area pressoché pianeggiante posta nel settore nord-ovest del territorio comunale, in sinistra orografica del Fiume Garigliano.

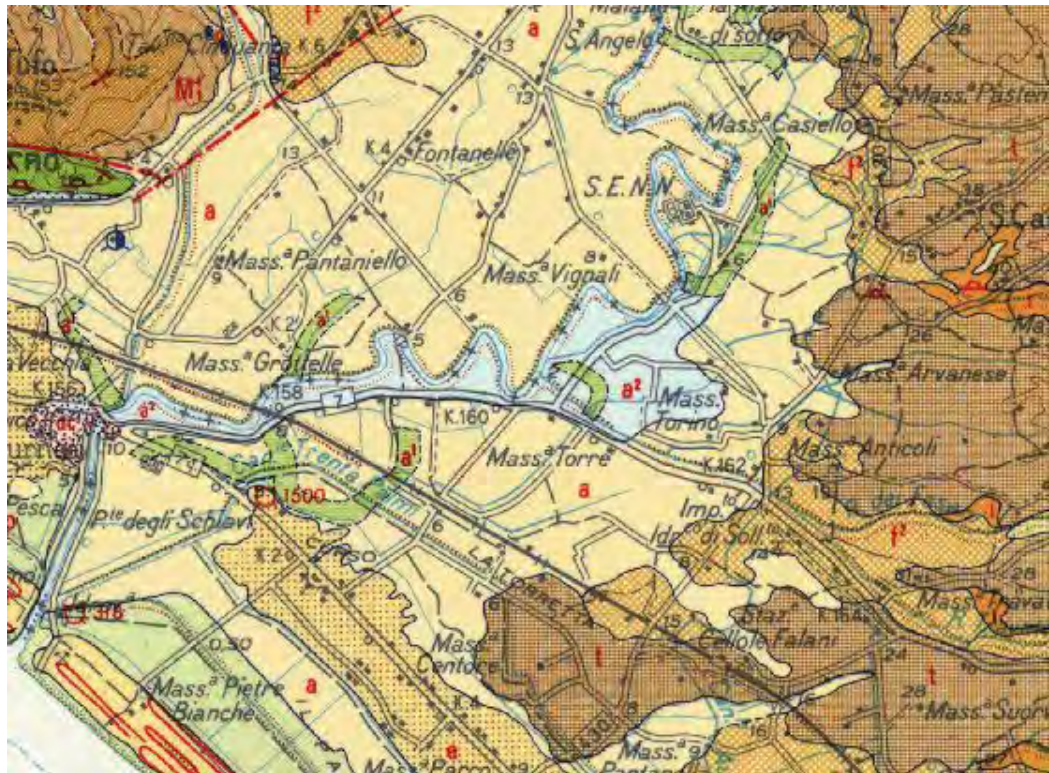


Ortofoto dell'area ubicata in località Maiano del Comune di Sessa Aurunca. Fonte Google Earth

Inquadramento geologico generale

Inquadramento geologico e strutturale regionale

Dal punto di vista geologico generale l'area in esame è rappresentata nel Foglio 171 "Gaeta" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio n°171 "Gaeta"

Legenda



Il territorio comunale di Sessa Aurunca è ubicato nella parte nord della regione Campania. L'evoluzione geologica di questa porzione della penisola italiana ha inizio con la formazione delle piattaforme carbonatiche impostatesi verso la fine del Triassico lungo la fascia sud-tetidea, su settori crostali spianati dalle fasi erosive post-erciniche ed in corso di graduale sprofondamento a causa dell'apertura di quello che diventerà, nel Giurassico superiore, il nuovo oceano Ligure-Piemontese, interposto tra Africa ed Europa (Praturlon, 1993).

A causa del diverso grado di sprofondamento delle porzioni di una iniziale grande piattaforma carbonatica, si formano più piattaforme tra loro isolate da bacini a sedimentazione più profonda; questo equilibrio perdura fino all'Eocene in cui si ha parziale emersione delle piattaforme e quindi interruzione della sedimentazione che riprende poi nel Miocene con la deposizione di sedimenti calcarei e calcari marnosi e successivamente con alternanza di arenarie e argille (Tortoniano).

I bacini, al contrario, continuano ad approfondirsi fino al Neogene, quando vengono rapidamente colmati da depositi terrigeni torbidity derivanti dallo smantellamento della catena orogenizzata ed in sollevamento (Capelli et alii, 1999). A partire dal Pliocene medio l'area è completamente emersa. Nel Pliocene superiore le aree divenute costiere sono interessate da uno sprofondamento del basamento dovuto alla tettonica estensionale connessa all'apertura del bacino tirrenico che porta alla formazione di graben ancora a sedimentazione marina.

Nelle zone ribassate si accumulano rapidamente potenti spessori di depositi clastici e vulcanici (da 2.000 a 5.000 metri circa), questi ultimi dovuti ad un vulcanismo orogenico attivo dal Pleistocene superiore (Roccamonfina) con associazioni piroclastiche riconducibili alla "Provincia Magmatica Romana" (Capelli et alii, 1999). I prodotti del vulcano di Roccamonfina e dei Campi Flegrei costituiscono i litotipi vulcanici attualmente affioranti nelle zone in esame. I prodotti del vulcano di Roccamonfina e dei Campi Flegrei costituiscono i litotipi vulcanici attualmente affioranti nella zona in esame.

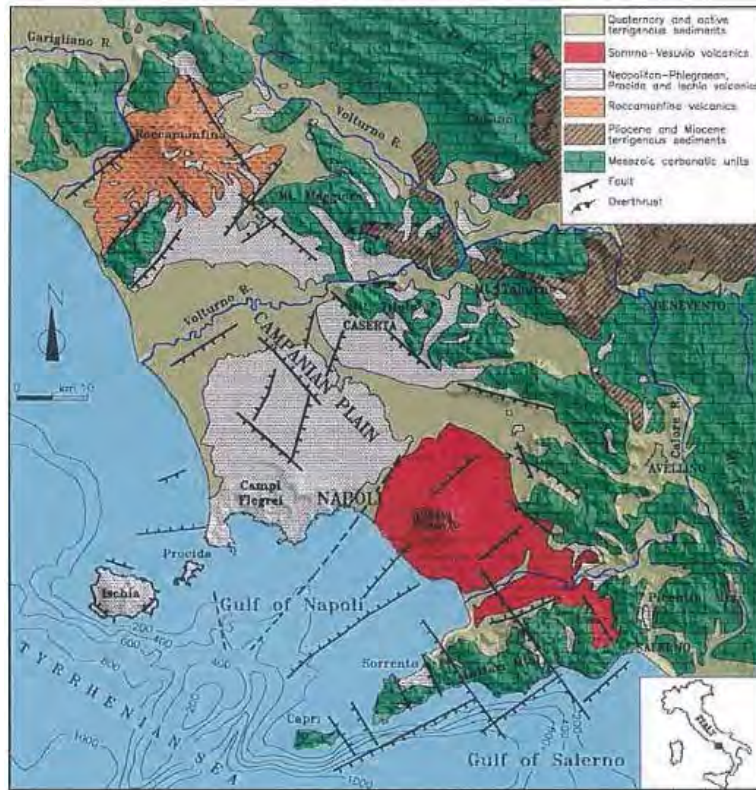
Nella viene riportata una Carta Geologica semplificata della Campania in cui si osserva l'assetto geologico-strutturale attuale (Orsi et alii, 1996). La zona di basso strutturale costiero, quale è la Piana Campana, la cui parte settentrionale è oggetto del nostro interesse, risulta interrotta e delimitata da alti strutturali carbonatici come la dorsale dei M. Lepini-Aurunci a nord-ovest, la dorsale del M. Maggiore e del M. Avella ad est e M. Lattari e a sud e

M. Massico; questi sono caratterizzati da un attivo sollevamento che sembra più o meno coevo con le fasi di ribassamento della suddetta area costiera (Ortolani & Pagliuca, 1988).



Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:25.000, Foglio n°171_1_SE e n° 171_1_SO

Da indagini profonde eseguite per diversi scopi è emerso che lo sprofondamento del substrato carbonatico sotto la Piana, risulta essere anche di alcuni chilometri (Ortolani & Pagliuca, 1988 e Incoronato et alii, 1985). Gli allineamenti tettonici che hanno portato a tali dislocazioni hanno direzione NW-SE e circa N-S che, assieme alla direzione “antiappenninica” NE-SW comunque presente, sono i principali trend regionali, che caratterizzano l'intera penisola.



Carta geologica semplificata della Campania



Schema strutturale della Campania

Lungo queste direzioni principali si imposta anche il vulcanismo campano quaternario e pertanto si ipotizza che esse siano connesse a deformazioni profonde che hanno controllato, nello spazio e nel tempo, sia l'evoluzione del settore tirrenico della catena sudappenninica sia l'attività vulcanica. Il tetto del basamento crostale nella Piana Campana sembra sia stato individuato a circa 1415 Km dall'Agip (Cassano et alii, 1986).

L'assetto del substrato nell'area di nostro interesse, proposto da Frezzotti et alii (1988), è il risultato dei dati emersi utilizzando le Anomalie di Bouguer (vedi figura). Quello che è emerso è un substrato carbonatico piuttosto articolato, come evidenziano gli alti e i bassi gravimetrici presenti in corrispondenza i primi dei rilievi Meso-Cenozoici ed i secondi dei sedimenti Plio- Quaternari e della coltre vulcanica. I minimi gravimetrici, delimitano delle depressioni allungate i cui assi hanno un andamento antiappenninico e meridiano; entrambe passano per l'apparato di Roccamonfina. Il bordo NW della depressione gravimetrica antiappenninica coincide con il limite meridionale dei monti Aurunci; quello SW con M. Massico e quello NE con i rilievi carbonatici di Vairano Patenora (Frezzotti et alii, 1988); la depressione gravimetrica ad andamento meridiano si estende da Mignano Monte Lungo al Roccamonfina ed è bordata dai rilievi di M. Cesima e M. Camino. I bordi di tali depressioni coincidono con elementi tettonici che hanno quindi dislocato e ribassato tali settori anche di

migliaia di metri come confermerebbero alcuni dati di perforazioni profonde e di sismica a riflessione (Ippolito et alii, 1973). I terreni superficiali affioranti nell'area di studio sono costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marroncino con frequenti inclusi millimetrici di natura vulcanica.



Carta con le anomalie di Bouguer

Lineamenti strutturali

Come già accennato, tutto l'Appennino è caratterizzato dalla presenza di grossi lineamenti che hanno dislocato e smembrato intere parti della nostra penisola. Nella porzione della Campania di nostro interesse è presente uno dei lineamenti più importanti per la geodinamica dell'Appennino meridionale cioè la Linea Ortona-Roccamonfina che secondo alcuni Autori (Patacca e Scandone, 1989) rappresenterebbe lo svincolo tra due archi della catena appenninica. Tali archi esprimono l'andamento superficiale arcuato delle strutture come risposta all'adattamento della litosfera, in tratti dove essa trova ostacoli alla libera deformazione e rifletterebbero anche la geometria dello sprofondamento gravitativo della microplacca adriatica, o il residuo di una subduzione non più attiva lungo tutto l'asse della catena. Gli stili strutturali dei due archi sono diversi: quello meridionale mostra strutture a duplex, con forti raccorciamenti, in quello centro-settentrionale sono più comuni le strutture a ventaglio (Tozzi, 1993).

La linea Ortona-Roccamonfina, secondo alcuni Autori (Locardi & Nicolich, 1988; Locardi, 1982; 1988), è una trascorrente sinistra con direzione circa N-S a forte rigetto orizzontale e verticale che coinvolge ampiamente le strutture profonde. Questa delimita la piattaforma carbonatica laziale-abruzzese rappresentata nella nostra area da tutti i rilievi posti in riva destra del Fiume Volturno, dalle formazioni dell'Appennino meridionale, in sinistra dello stesso, ed è parallela ad un altro lineamento fondamentale quale quello dell'Ancona-Anzio. Tozzi, nella Guida Geologica del Lazio (1993), in accordo con il modello di Patacca e Scandone (1989), sostiene che tale linea sia una trascorrente destra di primo ordine che serve da svincolo ai due grandi archi che disegnano la catena appenninica.

La linea Ancona-Anzio anch'essa NS, è una faglia trascorrente sinistra che separa le strutture litosferiche caratteristiche della regione tosco laziale da quelle dell'Appennino centro- meridionale (Castellarin et alii, 1978). Essa corrisponde ad una discontinuità strutturale attiva a partire dal Lias nel separare il bacino pelagico umbro-sabino dalla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (Castellarin et alii, 1978; Locardi e Nicolich, 1988).

Il vulcano Roccamonfina

Il centro eruttivo di Roccamonfina si trova allineato ad altri centri vulcanici come Presenzano, Sesto Campano e le Isole Pontine, tutti impostatisi lungo l'importante

lineamento tettonico come la Linea Ortona-Roccamonfina. L'attività del vulcano di Roccamonfina inizia intorno a 0,60 Ma; questo strato-vulcano appartiene alla "Provincia Magmatica Romana" per l'affinità dei prodotti eruttati. La storia evolutiva del Roccamonfina viene suddivisa in tre fasi, comprese tra 630Ka e 50Ka (Giordano, 1993).

Nella prima fase (630-400Ka) si ha la costruzione dell'edificio principale con l'emissione di lave e piroclastiti prevalentemente tefritico-leucitiche appartenenti alla serie magmatica ad alto tenore in potassio (HKS) e di piroclastiti da stromboliane a sub-pliniane fuoriuscite da fratture orientate NE nel graben del Garigliano. È verso la fine di questa fase, segnata dalla messa in posto di ingenti volumi di colate piroclastiche a composizione leucitica, (Brown lucitic tuff; Luhr & Giannetti, 1987) che inizia la formazione della caldera sommitale.

Nella seconda fase, (350–150Ka), l'attività diviene prevalentemente esplosiva. Si ha la messa in posto di colate piroclastiche molto estese con pomici bianche a composizione trachitica (White trachitic tuff) (Giannetti & Luhr 1983; Ballini et alii, 1989; Valentine & Giannetti, 1995; De Rita & Giordano, 1996; Giordano, 1998). Questo evidenzia un cambiamento nel chimismo dei magmi. Segue una attività di tipo idro-magmatico all'interno della caldera che si chiude con la messa in posto dei domi lavici latitici di M. S. Croce e M. Lattani (Giordano, 1993).

Nella terza fase (150–53Ka), esauritasi l'attività centrale, si ha ancora la messa in posto di lave e piroclastiti da alcuni apparati eccentrici. Il deposito più recente in affioramento nell'area del vulcano di Roccamonfina è l'Ignimbrite Campana (39Ka, De Vivo et alii, 2001) la cui origine è legata al vulcanismo dei Campi Flegrei. L'ignimbrite Campana o Tufo Grigio Campano Auct. è stata prodotta da un'eruzione datata 39000 anni (De Vivo et alii, 2001) che ha portato alla formazione della caldera dei Campi Flegrei (Barberi et alii, 1978).

Questa è stata la più importante eruzione dell'Epoca Quaternaria e riveste una fondamentale importanza in quanto ha raggiunto un'areale molto vasto ed è pertanto considerata un vero e proprio marker stratigrafico. I depositi da flusso piroclastico hanno una sequenza stratigrafica tipica idealizzabile, secondo Sparks et alii (1973) e Sheridan (1979), in tre parti ben distinte:

- alla base un deposito di *groud surge* o un *ground layer* ricco in litici prodotti dalla prima sedimentazione delle parti più dense alla fronte del flusso;
- il corpo centrale suddiviso in due parti: quella basale che potrebbe essere notevolmente povera di clasti grossolani, meglio selezionata del resto del livello e a gradazione inversa e la seconda

omogenea con una gradazione diretta di lapilli compatti (densi lapilli) e la gradazione inversa di pomici o (scoria lapilli);

- al top si trova, con spessori variabili, una cenere fine che in molti casi include ricaduta da una nube di cenere diluita associata al flusso piroclastico (cenere co-ignimbratica – Sparks & Walker 1977; Walker, 1981) (Sparks et alii, 1973 e Sheridan, 1979). Nel caso specifico della IC, un deposito cineritico di colore grigio, ha ricoperto chilometri quadrati di superficie.

L'Ignimbrite Campana affiora nell'area in studio sia come deposito da colata piroclastica, molto esteso e di notevole spessore, che ha ammantato completamente la topografia nella parte a sud del Roccamonfina, sia in lembi discontinui in parte attribuibili alla facies cineritica co-ignimbratica, come nella zona a NE del vulcano.

Questa cinerite si presenta tipicamente grigia, massiva con scorie nere, spesso con fratturazione colonnare. Come detto precedentemente l'IC è un marker che ci consente di stabilire una sequenza temporale negli eventi che hanno originato i litotipi dell'area in studio.

Geomorfologia e stabilità dell'area

Il territorio comunale risulta morfologicamente distinto in tre unità principali:

- la prima, zona montuosa, rappresentata dal versante occidentale e sud-occidentale del Vulcano del Roccamonfina, ove è impostato parte del centro urbano di Sessa Aurunca e sue frazioni, si presenta da poco acclive a molto acclive, con locali tratti a profilo sub- verticale, occupata da formazioni vulcaniche da litoidi (colate di lave) a semilitoidi (lave alterate, scorie vulcaniche , piroclastiti addensate) a sciolte (copertura superficiale piroclastica rimaneggiata, prodotti di disfacimento di lave e piroclastiti, precedentemente esposte);
- la seconda, collinare, ove è impostato parte del territorio comunale di Sessa Aurunca, è rappresentata dalla fascia che fa da raccordo tra la zona montuosa e la zona pianeggiante, costituita quasi esclusivamente da litotipi vulcanici da semilitoidi a sciolti pleistocenici ed olocenici, ha una morfologia da poco acclive a sub-pianeggiante;
- la terza, pianeggiante è rappresentata da prodotti di disfacimento dei litotipi vulcanici sia lavici che vulcanoclastici, frammisti a depositi alluvionali, con pendenze da base a nulle.

L'area in esame è caratterizzata da pendenze da basse a nulle, ove non si riscontrano, né si sono riscontrati in passato, fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi.

Idrologia ed idrogeologia della zona

COMPLESSO VULCANICO DEL ROCCAMONFINA

Le peculiarità stratigrafiche dell'apparato del Roccamonfina sono sintetizzabili in una successione complessa di depositi vulcanici primari, di età pleistocenica, rappresentati da colate piroclastiche litoidi, lave e prodotti piroclastici di ricaduta, intercalati a depositi vulcano-clastici rimaneggiati che acquistano maggiore spessore nelle aree distali. La sequenza vulcanica è sovrapposta a calcari e dolomie di piattaforma carbonatica subsidente del Triassico-Cretacico superiore (da 225 a 65 M.A. fa), senza interposizione (se non in aree molto limitate e per limitati spessori) delle classiche unità marnoso-argillose cenozoiche che risultano non deposte o erose. Tale assetto stratigrafico determina l'esistenza di più acquiferi separati da livelli che raramente diventano dei veri e propri acquicludi; sono, invece, assai diffusi depositi con spessore e caratteristiche di permeabilità assai variabili lateralmente, che possono agire di volta in volta sia come vie preferenziali che come ostacoli per la circolazione idrica sotterranea.

Le diverse unità stratigrafiche assumono un particolare significato idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche e fisiografiche proprie delle litologie che le rappresentano e sono, perciò, raggruppabili in complessi idrogeologici, caratterizzati da un comportamento omogeneo nei riguardi della circolazione idrica sotterranea; va comunque sottolineato, che anche all'interno di ciascun complesso possono esistere estese aree di disomogeneità rappresentate, ad esempio, da fasce cataclastiche a bassissima permeabilità o da grossi spessori di colate piroclastiche litoidi a bassa fratturazione o, infine, da depositi di ricaduta pliniana dotati di alta permeabilità primaria.

I complessi idrogeologici che si possono individuare sono i seguenti:

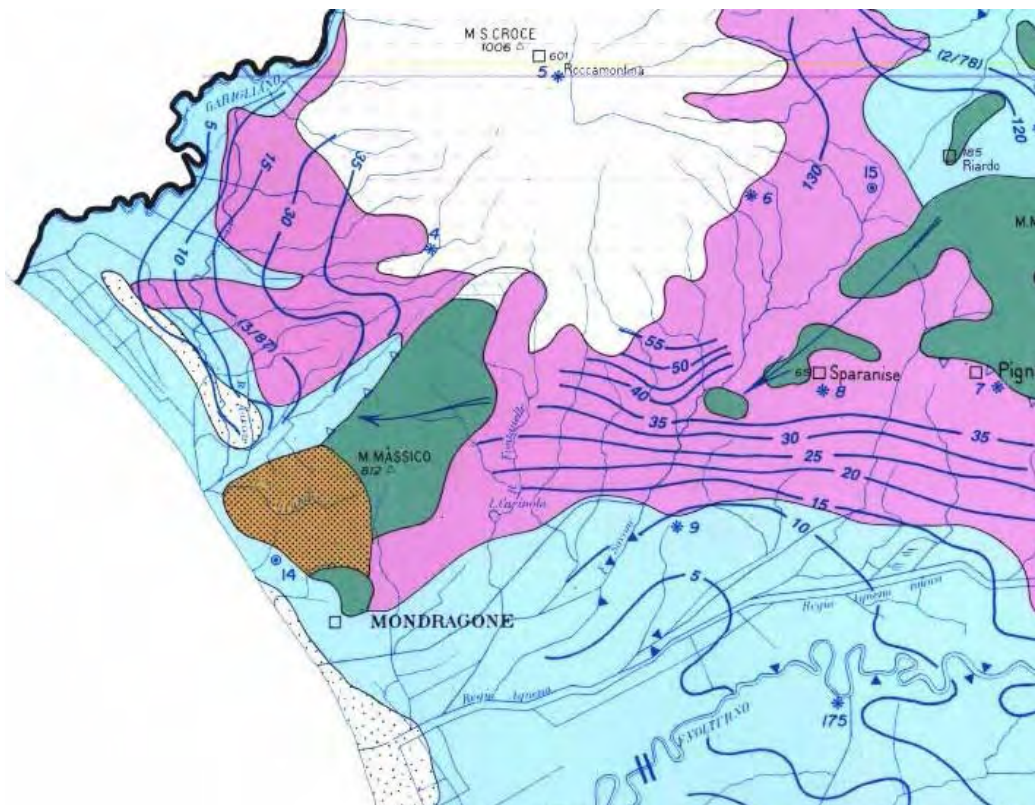
Complesso calcareo e calcareo-marnoso: costituito da calcari e calcari dolomitici della piattaforma laziale-abruzzese-campana, di età compresa fra il Triassico superiore ed il Cretacico superiore (da 190 a 65 M.A. bp) e da calcari marnosi e marne appartenenti alle formazioni dei "Calcari a Briozoi e Lithamni" e delle "Marne a Orbulina" di età serravalliano-tortoniana (da 10 a 8 M.A. bp): presentano altissimi valori di permeabilità secondaria dovuti alla intensa fratturazione e carsificazione. Il complesso ospita una estesa e potente falda regionale, condizionata da elementi tettonici subverticali.

Complesso argilloso-marnoso-arenaceo: costituito da arenarie, argille, calcilutiti e calcareniti del complesso fliscioide miocenico (tortoniano - 9 M.A. bp) e da argille e sabbie plio-pleistoceniche (da 7M.A. a 10.000 anni bp). Si tratta di un complesso dotato, nell'insieme, di bassa permeabilità, ma possono essere presenti piccole falde, ospitate dagli strati a maggiore granulometria o fratturazione, o negli olistoliti calcarei.


Complesso dei detriti di versante e conoidi: costituiti da depositi sciolti o scarsamente cementati, a granulometria conglomeratica con o senza matrice. Presentano alti valori di permeabilità per porosità. Contengono falde generalmente a superficie libera, di estensione e potenza variabili con la geometria dell'acquifero. Il complesso svolge spesso funzione di raccordo fra i diversi acquiferi.

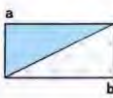
Complesso vulcanico eterogeneo: comprende depositi vulcanici sia primari che secondari del Pleistocene medio e superiore (da M.A. a 10.000 anni bp), sia appartenenti al vulcano di Roccamonfina che all'attività dei Campi Flegrei (Ignimbrite Campana). Sono costituiti da colate piroclastiche, depositi di ricaduta pliniana e stromboliana e depositi vulcanoclastici rimaneggiati; presentano valori di permeabilità primaria e secondaria nel complesso medi. La presenza di orizzonti ad alto contrasto di permeabilità determina la presenza, all'interno di questo complesso, di acquiferi semiconfinati di estensione e spessori variabili.


Complesso delle lave: comprende tutte le colate di lava relative alle diverse fasi di attività del vulcano di Roccamonfina. In questo complesso sono stati collocati anche tutti i depositi relativi alla prima fase di attività di strato vulcano in cui sono prevalenti le colate di lava intervallate da minori spessori di piroclastiti. Le lave presentano fratture da raffreddamento che ne determinano l'alta permeabilità.

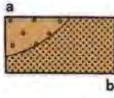


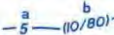
Legenda


- 

Depositi sabbiosi di spiaggia e dunari, permeabili per porosità.
- 

Depositi di colmata per bonifica; terreni fluvio-lacustri o di transizione prevalentemente a grana fina (argille, limi, sabbie limose talora con torba e lenti ciottolose discontinue): a). Depositi alluvionali prevalentemente a grana grossa (ghiaie in matrice sabbiosa con locali intercalazioni limo-argillose - valle Sele); b). Permeabilità bassa in a); permeabilità del tipo strato su strato in b).
- 

Terreni piroclastici limo-sabbiosi, in sede o rimaneggiati, delle aree circostanti agli apparati vulcanici del C. Flegrei, del Somma-Vesuvio e del Roccamonfina. Nella piana Campana e di Sorrento sovrastano sovente un banco di tufo litoide di spessore crescente in direzione dei rilievi circostanti.
Modesta circolazione idrica collegata al reticolo idrografico superficiale e all'acquifero vulcano-sedimentario sottostante al banco di tufo (quando quest'ultimo esercita una insufficiente azione di confinamento).
- 

Complessi eterogenei prevalentemente arenacei: alternanze ripetute di strati e banchi di conglomerati (localmente prevalenti: a) e di arenarie associate ad argille e marne (flysch torbiditici delle unità irpine, lagonegresi, cilentane : b).
Permeabilità globalmente bassa, per porosità e/o frattura.
Corpi idrici sospesi di modesta entità (sorgenti più o meno diffuse con Q<1 litro/sec.) prevalenti nei conglomerati.
Deflussi superficiali medio-alti.
- 

Isopiezometriche: a) valori in m s.l.m.; b) data di rilevamento.
- 

Direzione e verso di moto delle falde di base nei massicci carbonatici.

Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007)

L'assetto geometrico delle colate laviche e la frequente presenza alla loro base di livelli argillificati scarsamente permeabili, le rendono vie preferenziali di deflusso idrico sotterraneo lungo i versanti del vulcano. Delle brecce vulcaniche furono intercettate solo in sondaggio (1987) nel settore centrale del vulcano. Esse sono costituite da frammenti lavici a chimismo sotto-saturo. La loro origine è da imputarsi al collasso del settore sommitale dello strato-vulcano durante la seconda fase di attività.

La scarsa presenza di matrice fine determina un'alta permeabilità di questo complesso che, con ogni probabilità, viene in più punti a contatto con le compagini carbonatiche. I duomi lavici furono messi in posto durante la prima e la terza fase di attività del vulcano (Pleistocene medio e superiore da 1 M.A. a 10.000 anni bp); presentano diffuse fratture da raffreddamento che impartiscono al complesso una elevata permeabilità. Per il loro assetto geometrico i duomi, il cui condotto di alimentazione attraversa tutte le unità precedenti la sua messa in posto, possono costituire delle vie preferenziali di ricarica della circolazione idrica sotterranea più profonda.

L'unità idrogeologica del Roccamonfina coincide con l'edificio vulcanico omonimo. Si tratta di un tipico vulcano-strato a recinto, costituito prevalentemente da prodotti lavici di natura leucitica e da piroclastici dello stesso tipo. Nelle aree periferiche si rinvengono spesso dei tufi. È inoltre presente in più punti l'ignimbrite grigia campana, di natura trachitica. L'edificio vulcanico è caratterizzato da un'ampia conca calderica all'interno della quale esiste una potente copertura di materiali piroclastici e depositi lacustri. Detti litotipi, scarsamente permeabili, tamponano lateralmente due cupole laviche centrali e la cinta lavica della stessa caldera per dare origine a varie sorgenti, la cui portata complessiva è di circa 80 l/s.

La struttura acquifera extra-calderica è caratterizzata da una circolazione idrica di tipo radiale. Pertanto, i punti principali di recapito delle acque coincidono con le aree periferiche morfologicamente depresse. Nel settore settentrionale la falda defluisce verso la valle del fiume Peccia (circa 10 milioni di mc/anno). Parte di essa alimenta la struttura carbonatica di Rocca d'Evandro (unità idrogeologica dei monti di Venafro), la quale è stratigraficamente sottoposta ai depositi vulcanici.

Nelle aree occidentale e sud-occidentale, la falda del vulcano-strato è tributaria rispettivamente del fiume Garigliano (circa 20 milioni di mc/anno) e della piana omonima (circa 15 milioni di mc/anno). Lungo i versanti orientale e meridionale la situazione idrogeologica è molto

più complessa ed interessante. Infatti, le acque vengono intercettate, a nordest, da una zona di drenaggio preferenziale, che dovrebbe collegarsi al Volturno; il dreno segue, poi, il margine della struttura di monte Maggiore, dove la falda si mantiene a quota bassa anche nel substrato carbonatico. L'asse di deflusso preferenziale, che corrisponde probabilmente ad un paleoalveo del Volturno, a sud di Riardo, dovrebbe coincidere con la dorsale carbonatica e dovrebbe trovare sbocco preferenziale nell'alveo del Savone, all'altezza del blocco calcareo di Francolise (ad una quota di circa 30 m.s.l.m.).

Si ritiene dunque che, le acque del versante orientale del Roccamonfina (circa 25 milioni di mc/anno) alimentano la falda in rete della parte settentrionale del monte Maggiore e che assieme a questa, trovino recapito nel menzionato corso d'acqua.

La suddetta ipotesi è supportata da diversi elementi. Infatti, la falda della piana, non può trovare recapito nel rio Pocciano, perché l'alveo di quest'ultimo si trova oltre 50 metri al di sopra della piezometrica. Deve essere, pertanto, drenata dalla falda di base del massiccio carbonatico la quale, però non può trovare recapito nel Volturno in quanto l'alveo di quest'ultimo, ad est di monte Monaco, si trova ad oltre 85 metri di altitudine.

La stessa falda in rete, d'altro canto, non può trovare recapito nelle sorgenti di Triflisco, perché all'interno del massiccio sono state trovate quote piezometriche più alte di oltre 40 metri rispetto alla piezometrica della piana, ad est di Pietramelara. A ciò bisogna aggiungere che, attraverso le analisi chimiche eseguite nei pozzi della zona di Riardo, è già stata riconosciuta l'esistenza di mescolamenti tra acque del Roccamonfina e acque circolanti nei calcari.

Infine, misure di portate eseguite sul Savone hanno individuato, a valle di Francolise, incrementi di portata per circa 700 l/s in media (comprensivi delle portate sorgive). In dette portate sono, ovviamente, comprese le aliquote d'acqua provenienti direttamente dal Roccamonfina. Anche a nord-est di Francolise il Savone incrementa gradualmente la propria portata per complessivi 900 l/s. In questo caso gli apporti sono dovuti esclusivamente al Roccamonfina, perché la falda dei calcari si trova presumibilmente più in basso del fondo alveo ed è tamponata dall'affioramento di depositi terrigeni miocenici.

Ad ovest, i rapporti tra la falda del Roccamonfina ed il massiccio di monte Pecoraio (unità idrogeologica di monte Massico) sono pressoché nulli. Ciò risulta ovvio per l'affioramento a quota alta di depositi torbiditici, lungo i margini della struttura carbonatica; è,

inoltre, evidenziato, dall'andamento delle isopiezometriche. In quest'area la falda tende a defluire verso la piana del Volturno e verso il lago di Carinola.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati idrogeologici esistenti per l'area di studio ha portato all'identificazione delle caratteristiche di circolazione idrica sotterranea dell'area analizzata. In particolare, in corrispondenza del territorio comunale di Sessa Aurunca, si evince una direzione di flusso della falda idrica diretto verso ovest sud-ovest (direzione mare), con una quota, riferita al livello del mare (s.l.m.), variabile da un minimo di 0.0 metri ad un massimo di circa 16.0 metri.

L'area di specifico interesse è ubicata in corrispondenza di depositi piroclastici limo-sabbiosi, in sede o rimaneggiati. Gli acquiferi costituiti da depositi piroclastici incoerenti (alternanza di ceneri, lapilli e pomici), sono caratterizzati da eterogeneità ed anisotropia relativamente accentuate. La circolazione idrica della zona, dunque, è influenzata dalla geometria dei vari litotipi a diversa permeabilità relativa presenti. Banchi di sabbie, pomici e lapilli costituiscono gli acquiferi, mentre i livelli impermeabili sono costituiti da banchi di sabbie e ceneri argillose e limose, l'alternanza di questi litotipi, influenza la circolazione delle acque sotterranee e quindi il tipo di falda eventualmente presente.

In particolare, in corrispondenza del sito esaminato in località Magnoli, la falda idrica sotterranea, misurata nel corso delle indagini in sito, è ubicata ad una profondità di circa da tre a sei metri dal locale piano campagna, con direzione di flusso idrico sotterraneo diretto verso ovest.

Nell'ambito delle indagini possono essere riscontrati, per i primi metri, dei livelli di saturazione temporanea, causati dalla parte più fine del deposito di copertura (bassa permeabilità), mentre il pelo libero della falda è stato misurato a circa quattro metri dal piano campagna.

I processi morfoevolutivi dell'area sono principalmente dipendenti dalla dinamica fluviale del Volturno, che defluisce a ragionevole distanza dall'area in esame.

L'area in oggetto non rientra tra quelle a rischio idraulico perimetrale dall'Autorità di bacino Liri-Garigliano-Volturno. Attualmente non sono in atto particolari processi erosivi che generino fenomeni di dissesto che non rientrino nella normale evoluzione dell'area.

Dalle stratigrafie studiate si è potuta appurare la seguente stratigrafia di terreni di origine fluvio-lacustre:

dal piano campagna fino a 1,00 metri di profondità si è rinvenuto terreno vegetate rimaneggiato di natura prevalentemente limosa;
da 1,00 a 5,00 metri si sviluppa una formazione di limo a tratti sabbioso di colore giallastro con una certa plasticità;
da 5,00 a 15,00 metri s'incontra un deposito di sabbia limosa di colore grigiastro con tracce di torba che testimonia episodi di sedimentazione palustre;
dai 15,00 a 25,00/30,00 metri l'argilla diventa sabbiosa con un colore grigio-plumbeo con tracce di torba a varie quote. Presenti sottili intercalazioni di sabbia limosa.

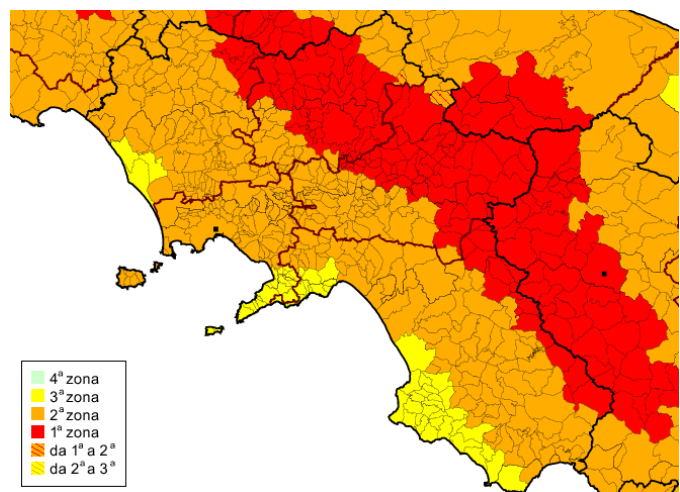
La giacitura dei vari orizzonti è prevalentemente sub-orizzontale.

Pericolosità sismica

La pericolosità sismica viene definita come *la probabilità di scuotimento per cause geodinamiche endogene di una certa intensità in una determinata area territoriale ed in un certo intervallo di tempo.*

In relazione alla nuova normativa sismica il territorio del Comune di Sessa Aurunca viene classificato in “zona sismica 2” secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo.

La sua sismicità risulta piuttosto di lieve entità, sia per la frequenza che per l'intensità degli eventi sismici possibili. La loro origine epicentrale è situata principalmente nelle aree sismogenetiche dell'Appennino centrale, del Litorale Tirrenico e di quelle, più prossime a ridosso dell'Appennino Meridionale, zona Matese.



La nuova classificazione in zone sismiche dei comuni della Regione Campania

La valutazione di una possibile presenza degli effetti locali è di fondamentale importanza, nonostante si sia in condizioni di basso rischio sismico, in sede di pianificazione e di realizzazione di interventi urbanistici ed edificatori. È necessario applicare le norme tecniche che disciplinano la redazione del progetto sismico dell'edificio e delle sue opere di fondazione considerando che:

- per quanto riguarda il sito di costruzione, i terreni in esso presenti, i processi di instabilità o di cedimenti, si dovranno seguire le specifiche di indagine secondo quanto stabilito dalle *norme tecniche delle costruzioni*. Scopo delle indagini sarà anche di definire le “*categorie*” di terreni che risultano dal profilo stratigrafico del suolo (interessato dalle sollecitazioni) per la definizione e verifica dell'azione sismica di progetto a cui fare riferimento per quanto riguarda il dimensionamento della fondazione;
- per quanto riguarda le regole generali di progettazione (verifiche della sicurezza e criteri di dimensionamento) si dovranno seguire le varie ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri.

Inoltre, considerati i risultati dei sondaggi litostratigrafici e i parametri geotecnici delle litologie rilevate, dovranno, eventualmente, essere verificate le possibilità di suscettibilità alla:

liquefazione, secondo quanto disposto dalle norme tecniche relative al progetto sismico delle opere di fondazione, se “la falda idrica si trova in prossimità della superficie del piano campagna ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.”.

densificazione, attraverso la previsione dei cedimenti mediante alcuni programmi di calcolo e relazioni empiriche che, allo stato attuale delle conoscenze possono costituire la prima stima per la valutazione quantitativa degli effetti.

INTERVENTO A FARSI

Soggetto Richiedente ATON 22 s.r.l. con sede in Via Julius Durst, 6 39042 Bressanone (Bz), partita IVA 03072680212

Realizzazione di un impianto utente per la connessione di un di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di 19,021 MW sito in Sessa Aurunca alla località Magnoli.

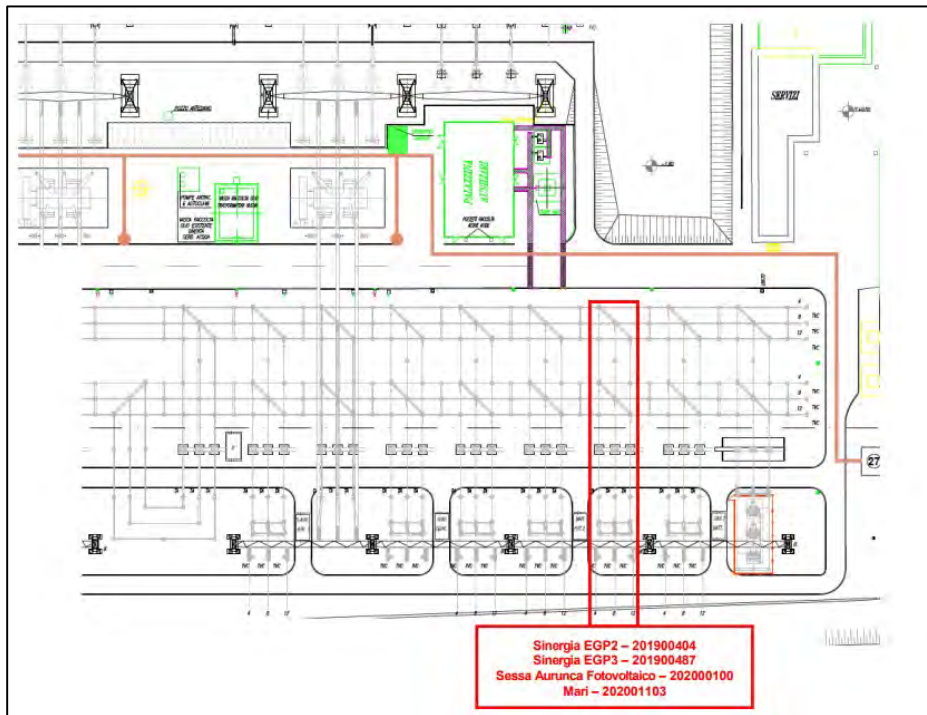
Descrizione dell'impianto

La Società MARI SRL, raggiunto l'accordo come richiesto da Terna Spa per la condivisione di uno stallo in SE 150/380 KV denominata "Garigliano", procede alla presentazione del progetto di rete come richiesto.

L'impianto fotovoltaico, C.P. 202001103, sarà connesso alla RTN previa Stazione Utente (SEU), da realizzarsi nel comune di Sessa Aurunca sulla Particella 5025 - Foglio 64, tramite un trasformatore di potenza 25 MVA 20/150 KV, con annesse apparecchiature necessarie allo stallo per le relative protezioni e misure come da progetto.

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico verrà trasferita, dalla stazione di elevazione utente MARI, con cavo AT 150 KV (tipo EC 60228 300 mmq) ad un sistema di sbarre, situato all'interno del SEU posto su Particella 11 - Foglio 80 nel comune di Sessa Aurunca ove verranno collegati gli altri impianti dei produttori firmatari dell'accordo di condivisione.

Dallo stesso partirà un cavo (tipo EC 60228 300 mmq) interrato AT 150 KV che raggiungerà, lo stallo disponibile nella Stazione Elettrica (SE) 150/380 kV denominata "Garigliano" concessoci in uso da TERNA SPA.



Stallo SE 150/380 kV “Garigliano”

Dalla figura si evince la posizione del SEU “Mari Srl” ed il percorso del cavo AT 150 KV che si atterrerà sulle sbarre di smistamento poste all’interno dell’area del SEU del produttore Sinergia dal quale partirà in cavo il collegamento allo stallo concesso in uso da Terna Spa “SE Garigliano”.



La stazione elettrica d'utenza Mari (SEU), sarà posta sulla particella 5025 del foglio 64 in comune di Sessa Aurunca (*colore arancio*).

L'area individuata per il SEU MARI disterà circa 1.200 metri dal SEU del Produttore SINERGIA (ubicato quest'ultimo su Particella 11 - Foglio 80) dove sarà costruito il sistema di sbarre necessario per la connessione del nostro cavo AT e dei cavi AT degli altri produttori come previsto nell'accordo di condivisione.

L'area dove insisterà il SEU verrà suddivisa in lato utente e lato rete.

Il **lato utente** sarà composto da:

Edificio a pianta rettangolare, realizzato con struttura in c.a. e c.a.p. e con pavimento modulare flottante per consentire il passaggio dei cavi, all'interno del quale troveranno alloggio i seguenti vani:

Locale MT;

Locale misure;

Locale in cui sarà collocato un trasformatore BT/MT che fornirà energia per i servizi ausiliari;

Eventuale Gruppo di emergenza o storage con relativo raddrizzatore;

Control Room Stazione di Elevazione Utente e di Parallelo. In questo locale sarà possibile controllare lo stato di tutte le apparecchiature relative all'utente ed al parallelo;

Control Room Impianto Fotovoltaico. Trattasi della control room dove sarà possibile accedere alla verifica di tutti i dispositivi raggiunti da, e compatibili, allo SCADA SYSTEM relativi agli impianti di produzione;

Magazzino per l'alloggio di apparecchiature e pezzi di ricambio;

Servizi Igienici.

Il **lato rete** sarà composto da:

Area Trasformatore Utente, includerà il trasformatore utente 20/150 kV fino alla sbarra di parallelo al cui interno saranno collocati i componenti in sequenza:

Trasformatore di potenza 20/150 kV

Scaricatore di sovratensione

Trasformatore di Corrente – TA UTIF

Trasformatore di Tensione – TV UTIF

Sezionatore orizzontale Tripolare con messa a terra

Trasformatore di Corrente di Misura o protezione

Interruttore Tripolare

Sezionatore Tripolare con messa a terra

Trasformatore di tensione - TV

Scaricatore di sovratensione

Terminale AT

Le fondazioni sulle quali saranno collocate le apparecchiature saranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; in particolare, la fondazione di supporto per il Trasformatore MT/AT sarà costituito da una piastra in c.a. sulla quale verrà realizzato un appoggio, anch'esso in c.a. così come per i componenti delle varie apparecchiature. Inoltre, il perimetro sarà contornato da pareti in c.a. in modo da formare una vasca di raccolta olio. Le attrezzature esterne che si utilizzeranno per l'impianto sono conformi alle normative di sicurezza della Unione Europea per le macchine destinate all'utilizzo esterno.

Nell'area non vi sono altre sorgenti sonore significative; le aree all'esterno sono tutte aree destinate ad aree agricole con varie aziende agricole, a prevalente destinazione con coltivazione di ortaggi e frutta.

I rumori prodotti sono quelli classici delle attività produttive agricole connesse con la coltivazione (automezzi per la lavorazione del terreno, anche se temporanei, meccanismi di raccolta quando viene effettuata, eventuali refrigeratori temporanei, ecc...); questi macchinari, posti, di solito, nelle immediate vicinanze delle strade di accesso o nelle loro prossimità, sono tutti conformi alle normative europee sulla sicurezza, ma che producono rumori tutti compresi nella classe acustica III (anche minori e inquadrabili in classe II).

Generalmente il traffico veicolare è legato alla attività agricola inquadrabili in quelli ordinari per la coltivazione di ortaggi e frutta a campo aperto; non vi è e non vi sarà un maggiore traffico veicolare legato alla attività di produzione di energia elettrica con impianto fotovoltaico a terra.

Non vi sono particolari indicazioni per tale aspetto.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Per la caratterizzazione geomorfologica-geologica ed idrogeologica, oltre al rilevamento di campagna, ci si è riferiti a vari studi, tra cui il **Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno** (oggi Distretto Idrografico del Tirreno) e il **Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania**, che offrono preziose informazioni circa la presenza di vincoli e rischi, la distribuzione di pozzi presenti in zona, la piezometrica, gli acquiferi e le caratteristiche idrogeologiche dei terreni.

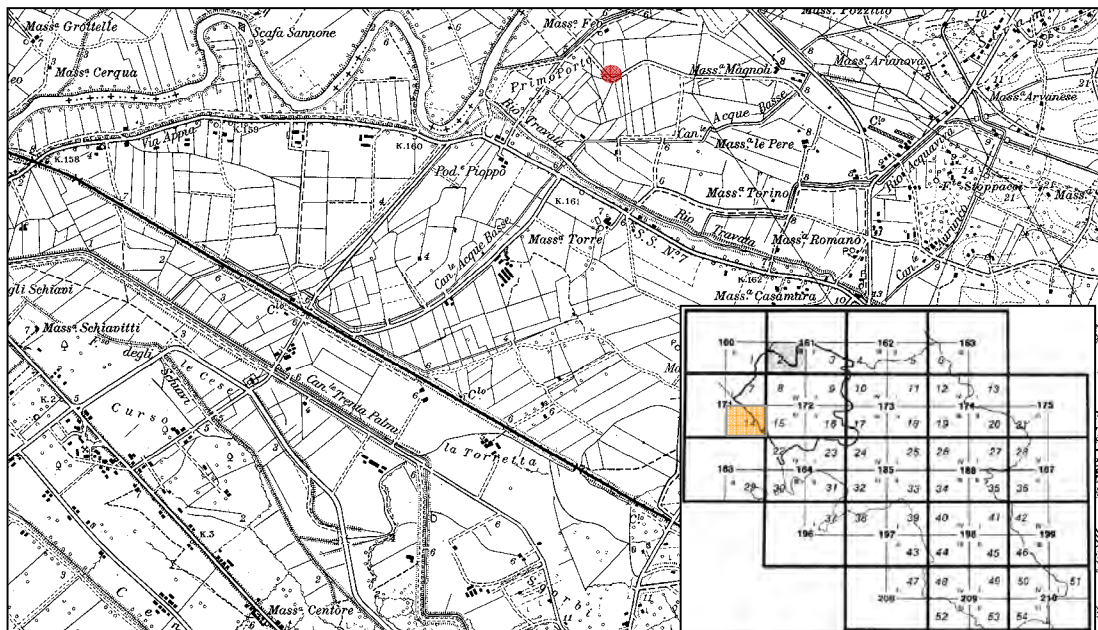
L'area oggetto di studio è posta ai margini della fascia piroclastica periferica che borda tutto l'apparato vulcanico del Roccamonfina (Monte S. Croce); si colloca con quota media di cinque metri a circa quattro chilometri dalla linea di costa ed è parte integrante della pianura della bassa valle del F. Garigliano, caratterizzata dalle alluvioni che si estendono lungo il litorale Domizio immediatamente a ridosso delle dune sabbiose costiere.

Tutto l'areale per più di un kilometro quadrato non si discosta sostanzialmente da tale quota media, evidenziando un territorio piatto e morfologicamente omogeneo.

La geomorfologia e geologia del territorio sono determinati dall'evoluzione di quattro importanti elementi evolutivi: a Nord le dinamiche deposizionali legate alle alluvioni del Fiume Garigliano, a Est quelle legate all'attività vulcanica del Roccamonfina, a sud l'azione di deposizione dei materiali di dilavamento provenienti dal versante montuoso del M. Massico ed infine a Ovest l'accumulo delle sabbie di duna costiera.

STRALCIO DELLA CARTA TOPOGRAFICA

F.171 - II SE – Scala 1:25.000



Ne risulta un paesaggio morfologicamente piatto, ma con continue variazioni litologiche da zona a zona.

Come già detto l'area si presenta completamente pianeggiante con pendenza debolissima globale verso Ovest, ossia verso mare.

La morfologia del territorio è il risultato della tettonica Plio-quadernaria, che ha disarticolato la serie sedimentaria della piattaforma Abruzzese-Campana in una successione di monoclini orientate secondo una direttrice di tipo appenninico.

Ciò ha portato alla formazione di un'area ribassata in cui sono confluiti materiali di natura alluvionale costieri e fluvio lacustri e subordinatamente vulcanica.

La situazione geomorfologia-geologica suddetta è facilmente inquadrabile dall'osservazione della Carta Geologica d'Italia (F. 171 Gaeta); infatti è possibile notare le lingue delle "ignimbriti" (i) ed i termini tufitici e cineritici (t) del versante occidentale di Monte S. Croce (Vulcano di Roccamonfina) che si allungano fin verso il territorio in esame, dove però la loro presenza è solo sporadica e marginale.

Dal punto di vista strettamente litologico, i litotipi che caratterizzano il territorio in questione variano da zona a zona in dipendenza soprattutto dell'apporto detritico dai rilievi cartonatici e della rielaborazione delle piroclastiti dai pendii del Roccamonfina ed anche, e

principalmente, dall'apporto di materiale clastico grossolano da parte di forti correnti torrentizie e fluviali ed alla sedimentazione limno-palustre.

La cartografia geologica ufficiale offre un quadro abbastanza chiaro circa la collocazione del sito nel contesto generale geologico-geomorfologico (viene riportato, anche al fine di evidenziare i rapporti tra le principali unità litostratigrafiche sopra descritte, lo stralcio di detta cartografia tratto dal foglio 171 – Gaeta della Carta Geologica d'Italia al 100.000, dal quale può dedursi che l'area d'intervento si colloca in un "contesto geologico-geomorfologico" caratterizzato da una morfologia pianeggiante in cui sono confluiti depositi alluvionali fuvio-lacustri sabbiosi e limosi).

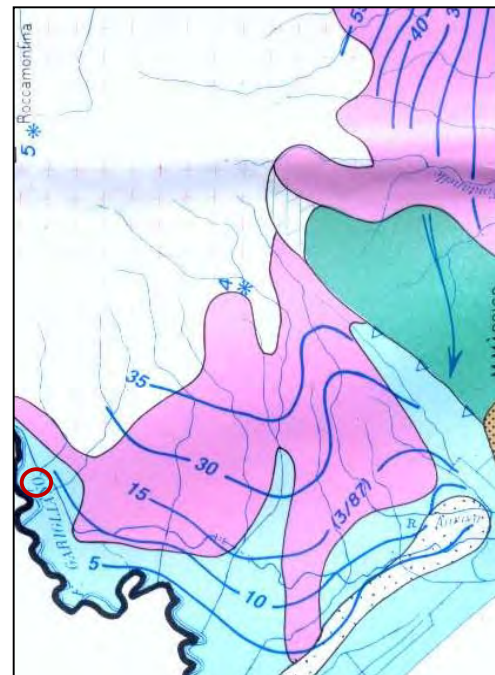
Per ciò che concerne l'**aspetto idrogeologico generale**, globalmente quest'insieme è dotato di permeabilità primaria per porosità, di grado variabile, da medio-alto laddove prevale la frazione sabbiosa grossolana, a basso dove prevalgono le ceneri limose, i limi, i limi argillosi e le sabbie con abbondante frazione limosa.

Nel nostro caso i terreni superficiali sono rappresentati da un esiguo spessore di sabbie, terreni piroclastici dilavati, tufiti e cineriti argillificate, ricoprenti la formazione fluvio-lacustre e marina sabbiosa e limosa, a cui compete globalmente un grado di permeabilità di grado medio-basso, per l'abbondante presenza di limo e argilla.

Le indagini e studi acquisiti hanno consentito di ipotizzare la presenza una prima falda a partire da circa cinque metri di profondità.

La situazione locale rinvenuta è in sintonia con quanto emerge dalla Carta Idrogeologica della Campania (Budetta, Celico, De Riso, Corniello, Ducci, Nicotera).

In conclusione si può affermare che le situazioni generali geologica, geomorfologica e idrogeologica non sono di impedimento all'utilizzazione del sottosuolo in oggetto e per scopi edificatori, previo ovviamente verifiche geotecniche di dettaglio.



SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA, GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA LOCALE

La situazione geologica e geomorfologica locale non si discosta essenzialmente da quella generale delineata al paragrafo precedente. La porzione di terreno oggetto dell'intervento, posta alla quota media di m. 5 s.l.m.,

È parte integrante della piana del Garigliano, ovvero della pianura della bassa valle del F. Garigliano, caratterizzata dalle alluvioni che si estendono lungo il litorale Domizio immediatamente a ridosso delle dune sabbiose costiere. Trattasi di un graben ribassato in cui sono confluiti sedimenti marini, fluvio lacustri e le alluvioni del F. Garigliano ancor più recenti.

Infatti nella zona interessata dall'intervento prevalgono superficialmente i depositi cineritici con lenti di pomici biancastre, i prodotti di sedimentazione fluviale del F. Garigliano ed i depositi sabbiosi di retroduna costiera.

Per quanto riguarda la stabilità locale, il territorio in questione per un areale abbastanza vasto si presenta completamente pianeggiante. Ciò è tipico di paesaggi conformati da materiali vulcanici e alluvionali che, per la loro natura e per le modalità di deposizione, tendono a colmare le depressioni del territorio e ad accumularsi in modo stratiforme gli uni sugli altri, conferendo al paesaggio andamento tabulare.

L'assenza di pendenza dell'intorno esclude, ovviamente, la possibilità di fenomeni di instabilità gravitativa che non siano legati alle azioni dei carichi di strutture e/o a presenza di cavità (non rilevate nell'area e con assenza di elementi che possano far pensare all'esistenza delle stesse).

Per quanto riguarda la suscettibilità dell'area all'invasione per fenomeni franosi provenienti dai versanti a monte della stessa, si rileva l'impossibilità che questo possa accadere vista la notevole distanza dagli stessi, come, d'altronde, anche posto in evidenza dall'Autorità di Bacino che nell'adozione del PAI classifica l'area come "area priva di rischio" in riferimento al rischio da frana.

Dal punto di vista idraulico, invece l'area ricade fra quelle a rischio di alluvionamento, ma allo stato attuale non si ravvisano limitazioni per interventi edificatori.

Si può concludere che non sussistono situazioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche locali tali compromettere la realizzazione dell'intervento in progetto.

La sequenza stratigrafica di dettaglio rinvenibile nell'area di studio è stata ricavata dal rilevamento superficiale, da informazioni assunte sul posto per la perforazione di altri pozzi e dalla consultazione delle indagini geognostiche fatte eseguire per la redazione di lavori in aree vicine e geologicamente significative.

La consultazione di tutti i lavori summenzionati consente di ricostruire nel dettaglio (anche se per estrapolazione) la stratigrafia del sottosuolo che individua un primo strato costituito da una copertura di circa un metro di terreni umiferi e limi-sabbiosi sciolti e/o scarsamente addensati; a questa profondità inizia la serie sedimentaria alluvionale rappresentata da sabbie grossolane e fini limose fino alla profondità di circa venticinque metri con piccole sacche ghiaiose; in questi terreni si rinviene la prima falda di scarsa entità.

Seguono poi terreni argillosi e limosi fino a circa quaranta metri di profondità.

La seguente successione di sabbie fini e grossolane fino a circa settanta metri è sede di una nuova falda in pressione più cospicua, rinvenibile più o meno a partire da cinquantacinque metri tamponata alla base da terreni argillosi avente uno spessore di circa dieci metri.

Alla profondità di circa ottanta metri di profondità si rinvengono nuovamente alternanze di sabbie fini con livelli travertinosi interessati da abbondante circolazione idrica in pressione.

RISULTATI DELLE INDAGINI

In questo paragrafo si prenderanno in considerazione le varie indagini eseguite, partendo dalla stratigrafia recuperata dalle indagini bibliografiche, passando alla valutazione dei parametri meccanici tratti dalle prove penetrometriche e alla definizione della stratigrafia sismica.

L'esatta ubicazione delle indagini si riporta nelle planimetrie allegata a margine della presente relazione.

Le indagini meccaniche eseguite hanno fornito la seguente stratigrafia di dettaglio.

0,00 – 2,00 - Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate.

2,00 – 9,00 - Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana.

9,00 – 20,00 - Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate.

20,00 – 30,00 - Limi argillosi e argille addensate.

CARATTERI GEOLOGICI DELL'AREA

Nella redazione di uno studio di dettaglio, assume importanza fondamentale la caratterizzazione, sotto il profilo stratigrafico, dei terreni presenti nell'area.

In tale ottica, si è, pertanto, proceduto a caratterizzare dapprima geologicamente gli strati e poi definire geotecnicamente i terreni presenti nell'area, utilizzando, allo scopo, i risultati della campagna di indagini specificamente esperita e completando la "banca dati" con i risultati di ogni e qualsiasi altra indagine che potesse avere una qualche attinenza con il lavoro in oggetto e che, soprattutto, fosse spazialmente ubicata in posizione utile e/o significativa.

Per tale studio, ci si è riferiti ad una serie di parametri specifici la cui utilizzazione consente di fornire elementi di base "puntuali" nell'ambito di ciascuna area.

I parametri utilizzati sono quelli classici impiegati dalla geomeccanica nelle consuete relazioni da cui si ricavano i carichi di rottura ed ammissibili per fondazioni che, nella maggior parte dei casi, si ipotizzano di tipo diretto.

Le indicazioni di tipo geologico-stratigrafico si possono estrapolare dalla lettura delle stratigrafie delle prove meccaniche eseguite.

Dal punto di vista geologico la stratigrafia locale, partendo dalla quota di campagna attuale è costituita da:

Stratigrafia geologica

DEPOSITI RECENTI

0,00 ÷ 2,00 metri ***Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate***

2,00 ÷ 9,00 metri ***Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana***

DEPOSITI OLOCENICI

9,00 ÷ 20,00 metri ***Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate***

20,00 ÷ 30,00 metri ***Limi argillosi e argille addensate***

Alla luce delle risultanze di apposito rilievo geologico di superficie con le indagini eseguite e successiva analisi della cartografia ufficiale, sono state individuate le caratteristiche geologiche e geotecniche dell'intera area in oggetto del presente studio che sono state definite nella tabella precedente e visualizzate nelle apposite sezioni geologiche di dettaglio riportate a margine dello studio.

L'analisi idrogeologica mostra in superficie falde alla quota di circa cinque/sei metri dal livello di campagna attuale che nei periodi più umidi può risalire anche di qualche metro; non si escludono piccole altre rinvenute di acqua all'interno dei depositi superficiali

dovute al diverso coefficiente di permeabilità degli interstrati; si tratta comunque di rinvenute di acqua a carattere stagionale e di modesta importanza ad anche a quote più superficiali.

La pendenza dell'area rientra per la maggior parte tra i 0,50° e i 1° in area pianeggiante questo ci fa definire l'area stabile in quanto le pendenze media sono pari allo zero.

Le considerazioni espresse nel presente paragrafo consentono di affermare che le opere da eseguire, sono perfettamente compatibili con le caratteristiche stratigrafiche e geomeccaniche dei terreni con la attenzione di porre le fondazioni a quota relativamente non profonda per evitare infiltrazioni di acqua di falda nei locali a realizzarsi.

In conclusione, si ricorda che l'area non presenta, allo stato attuale, problemi relativamente alla stabilità gravitazionale, ne sono stati riscontrate, in fase di rilevamento superficiale, fenomenologie che possano essere in qualche modo ricondotte a instabilità gravitazionali regresse almeno nelle aree nelle immediate vicinanze data anche la mancanza assoluta di dislivelli tale da poter far innescare problematiche gravitazionali.

Caratteristiche geologiche del sito

La litologia del substrato dell'area di intervento è caratterizzata dalla formazione così definita:

Sabbie e limi grigi e giallastri, incoerenti, a stratificazione sottile con lenti di ciottolo fluviali, di lapilli e pomici; in superficie terreni umiferi scuri (da marrone al nero)

La stratigrafia di dettaglio è stata indicata dalla colonna stratigrafica precedente.

Caratteristiche idrogeologiche del sito

Il complesso idrogeologico dell'area di intervento è caratterizzato dalla formazione del:

COMPLESSO DEI LIMI E DELLE ARGILLE LACUSTRI E FLUVIO-LACUSTRI - Depositi a granulometria da argillo-limosa a limo sabbiosa con lenti di ghiaie alluvionali, di pomici e lapilli, a permeabilità per porosità bassa, ad eccezione che in corrispondenza dei livelli a granulometria maggiore

LIVELLO DI FALDA PRESENTE NEI PRIMI METRI DAL PIANO CAMPAGNA

Analisi geomorfologica

Dalla analisi dei dati morfologici e morfometrici dell'area di intervento e dai sopralluoghi effettuali, nelle aree di intervento, non vengono segnalate difficoltà per la esecuzione delle opere, data la pressoché uniformità morfologica e la assenza di pendenza significativa locale.

Le opere a realizzarsi interessano edifici già esistente con ampliamenti e adeguamenti igienico-funzionali dell'esistente e quindi non si segnalano particolari effetti sulla stabilità delle opere civili edili vicine

Pericolosità geologica

Dalla analisi dei dati geologici, idrogeologici e geomorfologici dei siti di intervento, le aree non presentano particolari problematiche per la esecuzione delle opere; infatti dallo studio effettuato si può affermare che, grazie *alla correlazione dei terreni presenti nelle immediate vicinanze del sito con i dati tratti dalla letteratura specifica* e geologicamente significativi, confermati da apposite indagini in sito, di affermare che ***le aree non presentano particolari pericolosità geologiche o cause di incompatibilità sia di carattere geologico e geomorfologico sia di carattere geologico-tecnico e geologico-ambientale alla realizzazione delle opere.***

Quindi la esecutività delle opere non è compromessa da nessuna pericolosità geologica da segnalare.

PROGRAMMA DI INDAGINE

Il programma delle indagini eseguito è stato indirizzato alla definizione del modello geologico locale, la definizione della categoria di sottosuolo così come prescrive la normativa vigente e l'indicazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni nel sottosuolo.

Per tale motivazione si sono scelte tipologie di indagine che permettessero tali definizioni.

L'impresa esecutrice delle indagini è in possesso della necessaria concessione Ministeriale per l'esecuzione delle indagini geotecniche (capitolo 6.2.2 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Le prove e le certificazioni di laboratorio terre sono state eseguite da laboratorio in possesso di regolare e vigente Concessione Ministeriale ai sensi della C.M. 349/99/STC, D.P.R. 380/01, D.P.R. 246/93.

La parte essenziale del presente studio *geologico – stratigrafico* è consistita nella realizzazione di un congruo numero di indagini finalizzate alla conoscenza dell'area, sia sotto il profilo geologico - stratigrafico che sotto quello geotecnico e sismico.

In considerazione dell'assetto geologico – stratigrafico locale, in funzione della tipologia delle opere edilizie da realizzare e delle dimensioni in pianta dell'intervento, ed infine dalle richieste del progettista strutturale, è stato allestito un apposito programma di indagini sui terreni, mirato essenzialmente all'individuazione stratigrafica dei terreni attraversati, alla caratterizzazione geotecnica degli stessi ed alla modellazione sismica del suolo.

Dopo l'esecuzione e l'elaborazione dei dati ottenuti dalle prove geotecniche, si è potuto sviluppato il progetto delle strutture di fondazione e della elevazione basandolo su caratterizzazioni derivanti da prove ed indagini, condivise e ripetibili il tutto considerato **la conformità delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con decreto del 17/01/2018 (paragrafo 6.2.1 e paragrafo 6.2.2).**

In considerazione del tipo strutturale, alla destinazione della struttura in progetto, delle dimensioni in pianta, dell'entità delle tensioni trasferite in fondazione e delle richieste del progettista strutturale e delle indicazioni della Regione Campania, è stato allestito un apposito programma di indagini sui terreni, mirato alla: individuazione stratigrafica dei terreni attraversati; caratterizzazione geotecnica degli stessi; modellazione sismica del suolo.

In modo da poter far sviluppare un progetto delle strutture di fondazione basato su caratterizzazioni derivanti da prove ed indagini, condivise e ripetibili.

Ne è risultato il seguente quadro complessivo, riportato in ordine d'esecuzione:

1. *realizzazione di numero una prova sismica di superficie metodo MASW eseguita per la definizione della categoria di sottosuolo;*
2. *realizzazione di misura della frequenza di sito;*
3. *realizzazione in sito di due prove penetrometriche dinamiche pesanti spinte fino a profondità significativa o a rifiuto strumentale.*

Il programma delle indagini è stato studiato e sviluppato nell'osservanza delle Norme vigenti, ed in particolare di:

- ***NTC 2018 Norme Tecniche per le costruzioni***
- ***CircolareIstruzioni per l'applicazioneNTC 2018***

Per la definizione della stratigrafia locale, si è studiata anche una campagna di indagine realizzata in area limitrofa e geologicamente significativa; si sono recuperate le indagini redatte per lo strumento urbanistico vigente, mentre in sito si è realizzata una campagna di indagine anche per la verifica lito-stratigrafica locale.

INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione dei parametri meccanici del terreno, si sono eseguite una serie di indagini che sono evidenziate nella planimetria allegata; in tal modo si è potuto definire sia il modello geologico-geotecnico del sito (prove penetrometriche), sia individuare la classe di sottosuolo, così come impone la normativa (sismica di superficie) mediante misura della velocità delle onde di taglio.

Come detto quindi, la parte preliminare ed essenziale del presente studio è consistita nello studio di un congruo numero di indagini, finalizzate alla conoscenza dell'area, sia sotto il profilo stratigrafico che sotto quello geotecnico e della risposta elastica dei terreni, sia fatte eseguire sul sito in perizia sia effettuate in aree vicine geotecnicamente significative.

Il consuntivo dello studio effettuato mostra un quadro della situazione estremamente significativa sia sotto il profilo della conoscenza litostratigrafica che nell'ambito della determinazione dei parametri geomeccanici ed elastici dei terreni superficiali e subsuperficiali nonché dell'andamento in profondità della litologia e della presenza di falde idriche nel sottosuolo, tenendo conto sia delle esigenze geologiche e geotecniche delle opere a realizzarsi e in accordo con gli standards imposti dagli istituti specializzati (con particolare attenzione alle *“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”* [A.G.I., giugno 1977], nonché all'*Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica*” [Edizione provvisoria, A.G.I., settembre 1988]).

I dati hanno consentito di evidenziare i parametri relativi ad uno spessore indicativo di terreno e tali dati sono stati la base per effettuare i necessari calcoli.

La suddivisione in strati omogenei è riportata in allegato all'interno della parametrizzazione geotecnica e per ogni prova eseguite.

Lo scopo fondamentale dello studio geologico e geotecnico ai fini della richiesta in oggetto, è di riconoscere, ad una scala sufficientemente di dettaglio, le condizioni geologico-stratigrafiche del sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (fratture,

frane, liquefazioni, ...) per le costruzioni e le infrastrutture con conseguenti indicazioni delle caratteristiche geologico-stratigrafiche e geotecniche dei terreni.

Le indagini realizzate sono state distribuite all'interno dell'area di studio (*vedi planimetria con ubicazione delle indagini*) verificando, per ogni litotipo affiorante, le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geomeccaniche e sismiche.

Per la esecuzione delle indagini geologico-stratigrafiche si è eseguita una campagna di indagine meccanica mediante sondaggi meccanici a carotaggio continuo per la definizione e la verifica del modello geologico-stratigrafico.

Indagine sismica di superficie - Il rilievo geofisico, basato sull'impiego della sismica di superficie con lo studio delle onde superficiali (metodo MASW); si rimanda alla apposita relazione a margine.

Le indagini eseguite, hanno permesso la definizione dei parametri meccanici del terreno, mentre la prova sismica ha consentito la definizione della categoria di sottosuolo; in tal modo si sono potute definire le informazioni necessarie per addivenire alla definizione del modello geologico, geotecnico e sismico di sito, così come impone la normativa.

Ubicazione prove sismiche di superficie metodo MASW (punto scoppio)

NUMERO	latitudine	longitudine	quota	Lunghezza
MASW	41,246135	13,827085	6,00	60,00

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR - La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Per ulteriori dettagli, si rimanda alla relazione a margine.

Ubicazione punti di misura

NUMERO	latitudine	longitudine	quota
HV	41,246245	13,827000	6,00

Prova penetrometrica dinamica - il penetrometro utilizzato per la campagna geomeccanica, consente di adottare vari "standard"; si è preferito lo standard di prova tipo "DPSH", in quanto nei terreni della zona restituisce parametri geomeccanici più verosimilmente correlabili alla prova classica SPT e, pertanto, più attendibili.

Standard di prova	Punta		Maglio		Aste	Letture
	cm ²	cono	Peso	Volata	Peso	--
DPSH	50,8	60°	73 Kg.	75 cm.	5,1 Kg./ml.	20 cm.

Tale prova consiste nel rilevare in continuo il numero di colpi necessario per infiggere di 20 centimetri una punta di dimensioni standardizzate. I valori di N sono diagrammati in funzione della profondità. In tal modo sono individuabili degli strati a comportamento omogeneo per numero di colpi; per ciascuno dei quali è possibile calcolare il valore medio e caratteristico di N da cui desumere i parametri geotecnici, sulla base di correlazioni con la prova SPT. Per ciascuno strato viene calcolato il valore medio di N, nonché il relativo valore caratteristico N* (media - Scarto quadratico medio). L'intermedio fra i due valori rappresenta il riferimento da cui scaturiscono le correlazioni. Va da sé che quanto più i valori medio e caratteristico sono convergenti tanto più è possibile considerare omogeneo lo strato. Tali prove penetrometriche dinamiche hanno fornito un quadro preciso delle caratteristiche geomeccaniche dei vari strati ed hanno confermato la stratigrafia definita in premessa.

Nell'apposito allegato vengono riportate le colonne dei valori rilevati in campagna con i grafici profondità / N_{spt} e angolo di attrito; profondità / resistenza a rottura; profondità / portanza. I calcoli dei valori medi dei parametri geomeccanici sono stati eseguiti con algoritmo regolarmente licenziato.

Ubicazione prove penetrometriche DPSH

NUMERO	latitudine	longitudine	quota	Falda quota s.l.m.	Profondità
DPSH 1	41,246405	13,826695	6,00	-5,50 p.c.	12,20
DPSH 2	41,247025	13,825975	6,00	-5,50 p.c.	12,20

La prova e gli elaborati sono riportate nello specifico allegato; in questa sezione si indicheranno le sole tabelle dei parametri medi ricavati con la litologia presunta.

RISULTATO DELLE INDAGINI ESEGUITE

La formazione geologica identificabile, così come da cartografia geologica, può essere ricondotta alle Alluvioni da sabbiose ad argillose in golenia del Fiume Garigliano e sedimenti argillosi e limosi chiari di colmata di alvei abbandonati; tali materiali, sostanzialmente di natura alluvionale di presentano granulari e dotati di permeabilità elevata con falda nei primi metri.

La stratigrafia del sito è stata recuperata dalle indagini eseguite e dal rilievo geologico di dettaglio effettuato; si può pertanto definire il modello geologico di base.

Stratigrafia di dettaglio

- 0,00 ÷ 2,00 metri** *Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate*
- 2,00 ÷ 9,00 metri** *Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana*
- 9,00 ÷ 20,00 metri** *Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate*
- 20,00 ÷ 30,00 metri** *Limi argillosi e argille addensate*

UBICAZIONE PROVE GEOFISICHE REALIZZATE

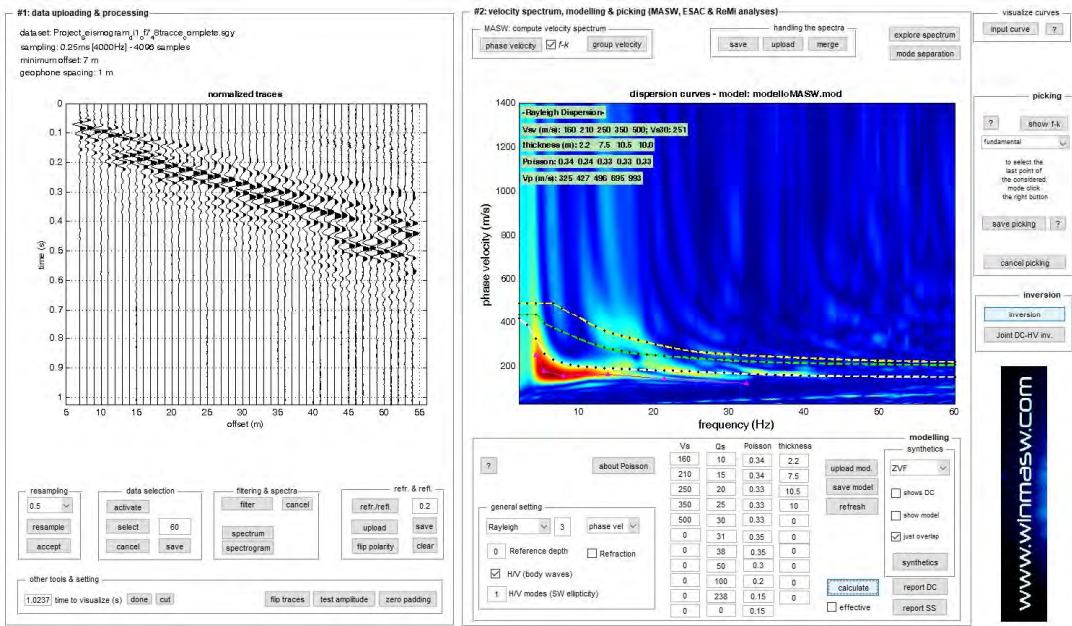




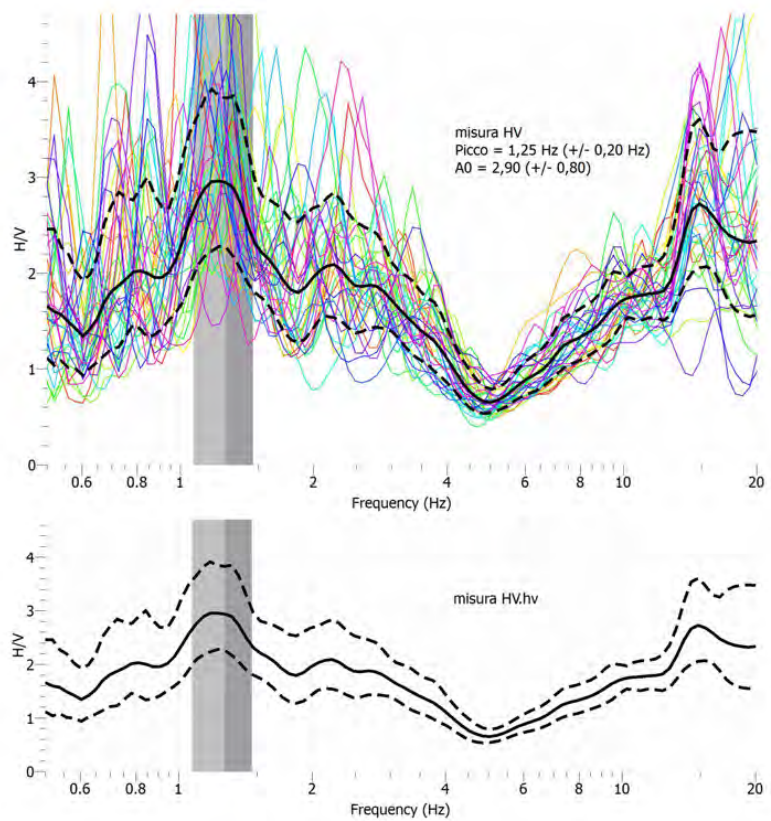
STENDIMENTO MASW

MISURA HVSR





Schermata di calcolo con sismogramma e spettro



MASW - HVSR

Profilo sismico con elaborazione congiunta "MASW" - "HVSR"

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)		Vs (m/sec)	Vp (m/sec)	Poisson %
		Sondaggio	X						
		Pr. Penetrom.	X						
strato 1	<i>Terreno vegetale e riporto</i>			2,50	0,00	2,50	140	300	0,33
strato 2	<i>Limi e limi sabbiosi grossolani</i>			6,90	2,50	9,40	185	400	0,33
strato 3	<i>Limi e limi sabbiosi grossolani</i>			11,20	9,40	20,60	270	480	0,33
strato 4	<i>Limi e limi sabbiosi grossolani</i>			10,10	20,60	30,20	390	680	0,32
strato 5	<i>Limi ed argille</i>			Semiconfinato	30,20	>40,00	545	1020	0,32
				Indagato ≈ 40	Indagata ≈ 40				

VALORE VS,EQ = 250 M/SEC

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3 NTC 2018) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) secondo: Vs,eq

Categoria suolo tipo: C

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per la caratterizzazione stratigrafica e per la stima dei parametri elasto-dinamici del sito oggetto d'intervento, è stata eseguita una campagna di indagine con sismica passiva ed attiva di superficie così come descritto in premessa; da tale informazione si può definire una velocità ponderata delle onde S, **a vantaggio di sicurezza**, pari ai un

VALORE VS,EQ = 250 M/SEC

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: ATON 22 S.r.l. - Via Julius Durst, 6 - Bressanone (Bz)

Descrizione: Impianto utente per la connessione di un impianto fotovoltaico a terra (SAU MARI)

Località: località Magnoli - SESSA AURUNCA - Foglio 64, particella 5025

Codice commessa: SAU

Numero certificati allegati: 2

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



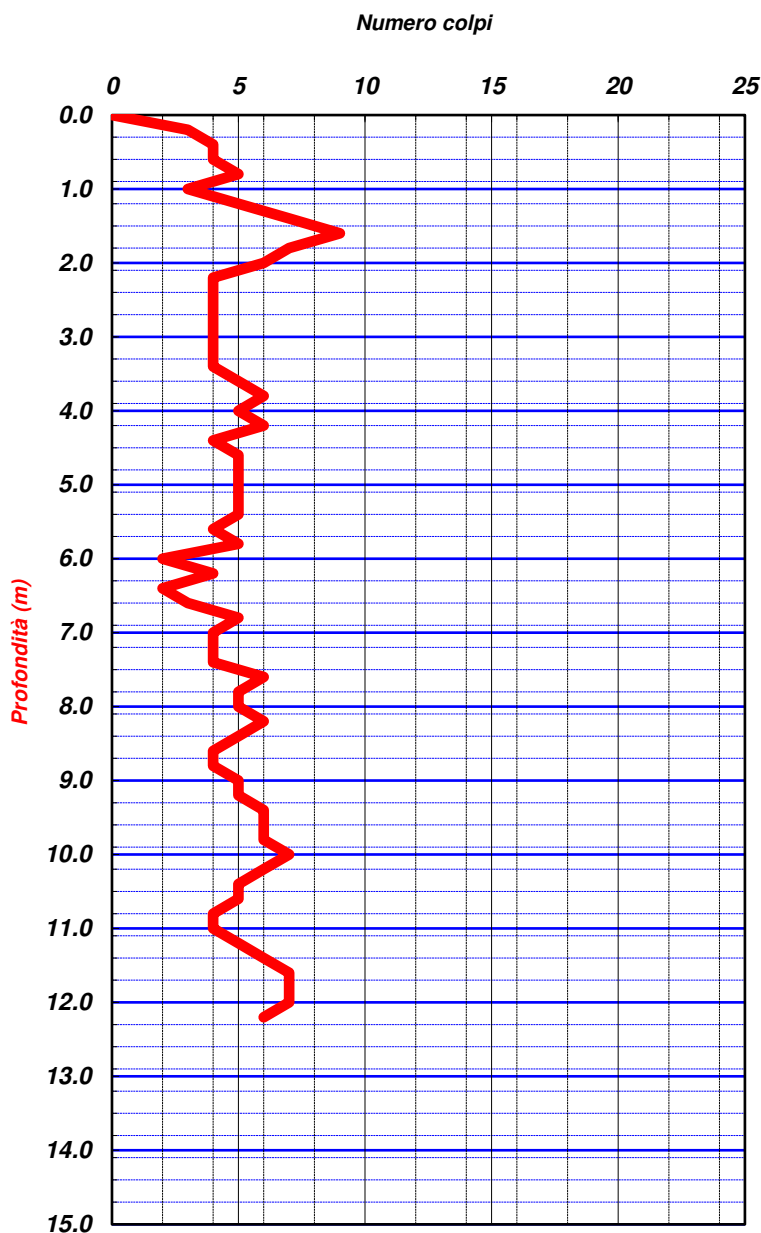
I. Geo. s.a.s.

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali
 Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202
 E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618
 EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	Soggetto Responsabile: ATON 22 S.r.l., via Julius Durst, 6 - BRESSANONE (Bz)		FALDA: -5,50 metri p.c.	
OGGETTO:	Progetto per la realizzazione della connessione utente SAU (C023)		N° Certificato	1535/2021
LOCALITA':	località Magnoli - Comune di Sessa Aurunca (Ce)		Sigla Prova	DPSH 1
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°	Data emissione	16/10/2021
Coordinate:	Latitudine: 41.246405° N	Longitudine: 13.826695° E	Quota: 6,00 metri s.l.m	
DATA ESECUZIONE PROVA:	16/10/2021	campione indisturbato (m)	Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0.00	0	8.20	6				
0.20	3	8.40	5				
0.40	4	8.60	4				
0.60	4	8.80	4				
0.80	5	9.00	5				
1.00	3	9.20	5				
1.20	5	9.40	6				
1.40	7	9.60	6				
1.60	9	9.80	6				
1.80	7	10.00	7				
2.00	6	10.20	6				
2.20	4	10.40	5				
2.40	4	10.60	5				
2.60	4	10.80	4				
2.80	4	11.00	4				
3.00	4	11.20	5				
3.20	4	11.40	6				
3.40	4	11.60	7				
3.60	5	11.80	7				
3.80	6	12.00	7				
4.00	5	12.20	6				
4.20	6						
4.40	4						
4.60	5						
4.80	5						
5.00	5						
5.20	5						
5.40	5						
5.60	4						
5.80	5						
6.00	2						
6.20	4						
6.40	2						
6.60	3						
6.80	5						
7.00	4						
7.20	4						
7.40	4						
7.60	6						
7.80	5						
8.00	5						



LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)
 num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
 Dott. DONNERIO GIUSEPPE S.C.
 Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
 Part. Iva B Cedr. Fisc. 01956710618



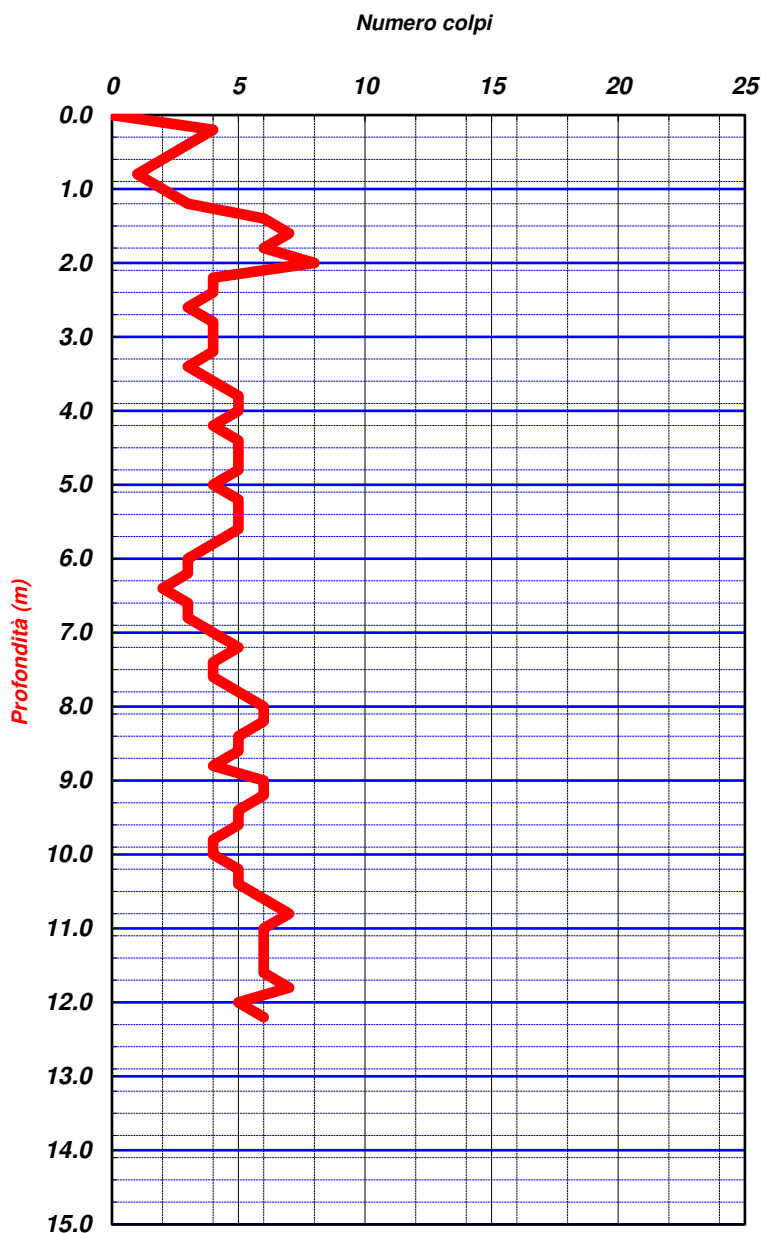
I. Geo. s.a.s.

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali
 Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202
 E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618
 EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	Soggetto Responsabile: ATON 22 S.r.l., via Julius Durst, 6 - BRESSANONE (Bz)			FALDA: -5,50 metri p.c.	
OGGETTO:	Progetto per la realizzazione della connessione utente SAU (C023)			N° Certificato	1536/2021
LOCALITA':	località Magnoli - Comune di Sessa Aurunca (Ce)			Sigla Prova	DPSH 2
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	16/10/2021
Coordinate:	Latitudine: 41.247025° N		Longitudine: 13.825975° E		Quota: 6,00 metri s.l.m
DATA ESECUZIONE PROVA:	16/10/2021	campione indisturbato (m)		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0.00	0	8.20	6				
0.20	4	8.40	5				
0.40	3	8.60	5				
0.60	2	8.80	4				
0.80	1	9.00	6				
1.00	2	9.20	6				
1.20	3	9.40	5				
1.40	6	9.60	5				
1.60	7	9.80	4				
1.80	6	10.00	4				
2.00	8	10.20	5				
2.20	4	10.40	5				
2.40	4	10.60	6				
2.60	3	10.80	7				
2.80	4	11.00	6				
3.00	4	11.20	6				
3.20	4	11.40	6				
3.40	3	11.60	6				
3.60	4	11.80	7				
3.80	5	12.00	5				
4.00	5	12.20	6				
4.20	4						
4.40	5						
4.60	5						
4.80	5						
5.00	4						
5.20	5						
5.40	5						
5.60	5						
5.80	4						
6.00	3						
6.20	3						
6.40	2						
6.60	3						
6.80	3						
7.00	4						
7.20	5						
7.40	4						
7.60	4						
7.80	5						
8.00	6						



LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)
 num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
 Dott. DONNERO GIUSEPPE S.p.A.
 Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
 Part. Iva e Cod. Fisc. 01956710618

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
e infissione media per colpo (δ/ N).
M peso massa battente (altezza caduta H).
P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981). Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.

Densità relativa (%)

- Meyerhof (1957).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

Modulo Edometrico

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 16-10-2021

Profondità prova 12.20 mt

Falda rilevata

Certificato Nr. 1535/2021 del 16/10/2021

Verbale di accettazione nr. 1535/2021 del 16/10/2021

Codice commessa nr. 1535/2021 del 16/10/2021

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	24.92	29.15	2.49	2.92
0.40	4	0.851	33.07	38.87	3.31	3.89
0.60	4	0.847	32.92	38.87	3.29	3.89
0.80	5	0.843	40.98	48.59	4.10	4.86
1.00	3	0.840	22.65	26.97	2.26	2.70
1.20	5	0.836	37.59	44.95	3.76	4.49
1.40	7	0.833	52.41	62.93	5.24	6.29
1.60	9	0.830	67.12	80.91	6.71	8.09
1.80	7	0.826	52.00	62.93	5.20	6.29
2.00	6	0.823	41.31	50.18	4.13	5.02
2.20	4	0.820	27.44	33.45	2.74	3.35
2.40	4	0.817	27.34	33.45	2.73	3.35
2.60	4	0.814	27.24	33.45	2.72	3.35
2.80	4	0.811	27.14	33.45	2.71	3.35
3.00	4	0.809	25.29	31.27	2.53	3.13
3.20	4	0.806	25.21	31.27	2.52	3.13
3.40	4	0.803	25.13	31.27	2.51	3.13
3.60	5	0.801	31.31	39.09	3.13	3.91
3.80	6	0.798	37.45	46.91	3.75	4.69
4.00	5	0.796	29.22	36.70	2.92	3.67
4.20	6	0.794	34.96	44.04	3.50	4.40
4.40	4	0.791	23.24	29.36	2.32	2.94
4.60	5	0.789	28.97	36.70	2.90	3.67
4.80	5	0.787	28.89	36.70	2.89	3.67
5.00	5	0.785	27.15	34.59	2.72	3.46
5.20	5	0.783	27.08	34.59	2.71	3.46
5.40	5	0.781	27.01	34.59	2.70	3.46
5.60	4	0.779	21.56	27.67	2.16	2.77
5.80	5	0.777	26.88	34.59	2.69	3.46
6.00	2	0.775	10.14	13.08	1.01	1.31
6.20	4	0.774	20.24	26.16	2.02	2.62
6.40	2	0.772	10.10	13.08	1.01	1.31
6.60	3	0.770	15.11	19.62	1.51	1.96
6.80	5	0.769	25.14	32.70	2.51	3.27

7.00	4	0.767	19.03	24.81	1.90	2.48
7.20	4	0.766	18.99	24.81	1.90	2.48
7.40	4	0.764	18.96	24.81	1.90	2.48
7.60	6	0.763	28.38	37.21	2.84	3.72
7.80	5	0.761	23.61	31.01	2.36	3.10
8.00	5	0.760	22.41	29.49	2.24	2.95
8.20	6	0.759	26.84	35.38	2.68	3.54
8.40	5	0.757	22.33	29.49	2.23	2.95
8.60	4	0.756	17.83	23.59	1.78	2.36
8.80	4	0.755	17.80	23.59	1.78	2.36
9.00	5	0.753	21.18	28.11	2.12	2.81
9.20	5	0.752	21.14	28.11	2.11	2.81
9.40	6	0.751	25.33	33.73	2.53	3.37
9.60	6	0.750	25.29	33.73	2.53	3.37
9.80	6	0.749	25.26	33.73	2.53	3.37
10.00	7	0.748	28.10	37.59	2.81	3.76
10.20	6	0.747	24.05	32.22	2.41	3.22
10.40	5	0.746	20.02	26.85	2.00	2.68
10.60	5	0.744	19.99	26.85	2.00	2.68
10.80	4	0.743	15.97	21.48	1.60	2.15
11.00	4	0.742	15.26	20.56	1.53	2.06
11.20	5	0.741	19.05	25.70	1.91	2.57
11.40	6	0.740	22.83	30.84	2.28	3.08
11.60	7	0.739	26.60	35.98	2.66	3.60
11.80	7	0.738	26.56	35.98	2.66	3.60
12.00	7	0.737	25.43	34.50	2.54	3.45
12.20	6	0.736	21.77	29.57	2.18	2.96

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
2	5.3	48.43	Incoerente	5	1.9	1.9	0.19	1.49	7.9
9	4.46	30.86	Incoerente	10	1.85	1.89	1.03	1.54	6.86
12.2	5.75	30.46	Incoerente	10	1.94	2.13	1.52	1.56	8.98

Descrizione Strato 1	Descrizione Strato 2	Descrizione Strato 3
Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate	Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana	Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	10.05	16.75	26.8	40.2	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	11.49	19.15	30.64	45.96	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Meyerhof (1957)	62.57
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Meyerhof (1957)	41.85
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Meyerhof (1957)	42.24

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Meyerhof (1965)	27.83
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Meyerhof (1965)	27.33
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Meyerhof (1965)	28.33

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	66.82
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	60.79
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	73.08

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Farrent (1963)	56.09
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Farrent (1963)	48.71
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Farrent (1963)	63.76

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.45
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.44
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.46

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	A.G.I.	0.34
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	A.G.I.	0.34
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	A.G.I.	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Robertson e Campanella (1983)	441.94
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Robertson e Campanella (1983)	405.42
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Robertson e Campanella (1983)	477.93

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Ohta e Goto (1978)	116.4
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Ohta e Goto (1978)	157.85
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Ohta e Goto (1978)	187.7

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Seed e Idriss (1971)	1.697

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Navfac (1971-1982)	1.65
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Navfac (1971-1982)	1.41
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Navfac (1971-1982)	1.88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Robertson (1983)	23.70
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Robertson (1983)	20.58
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Robertson (1983)	26.94

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 16-10-2021

Profondità prova 12.20 mt

Falda rilevata

Certificato Nr. 1536/2021 del 16/10/2021

Verbale di accettazione nr. 1536/2021 del 16/10/2021

Codice commessa nr. 1536/2021 del 16/10/2021

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	33.22	38.87	3.32	3.89
0.40	3	0.851	24.80	29.15	2.48	2.92
0.60	2	0.847	16.46	19.44	1.65	1.94
0.80	1	0.843	8.20	9.72	0.82	0.97
1.00	2	0.840	15.10	17.98	1.51	1.80
1.20	3	0.836	22.55	26.97	2.26	2.70
1.40	6	0.833	44.92	53.94	4.49	5.39
1.60	7	0.830	52.20	62.93	5.22	6.29
1.80	6	0.826	44.57	53.94	4.46	5.39
2.00	8	0.823	55.08	66.91	5.51	6.69
2.20	4	0.820	27.44	33.45	2.74	3.35
2.40	4	0.817	27.34	33.45	2.73	3.35
2.60	3	0.814	20.43	25.09	2.04	2.51
2.80	4	0.811	27.14	33.45	2.71	3.35
3.00	4	0.809	25.29	31.27	2.53	3.13
3.20	4	0.806	25.21	31.27	2.52	3.13
3.40	3	0.803	18.84	23.46	1.88	2.35
3.60	4	0.801	25.05	31.27	2.50	3.13
3.80	5	0.798	31.21	39.09	3.12	3.91
4.00	5	0.796	29.22	36.70	2.92	3.67
4.20	4	0.794	23.30	29.36	2.33	2.94
4.40	5	0.791	29.05	36.70	2.90	3.67
4.60	5	0.789	28.97	36.70	2.90	3.67
4.80	5	0.787	28.89	36.70	2.89	3.67
5.00	4	0.785	21.72	27.67	2.17	2.77
5.20	5	0.783	27.08	34.59	2.71	3.46
5.40	5	0.781	27.01	34.59	2.70	3.46
5.60	5	0.779	26.95	34.59	2.69	3.46
5.80	4	0.777	21.51	27.67	2.15	2.77
6.00	3	0.775	15.22	19.62	1.52	1.96
6.20	3	0.774	15.18	19.62	1.52	1.96
6.40	2	0.772	10.10	13.08	1.01	1.31
6.60	3	0.770	15.11	19.62	1.51	1.96
6.80	3	0.769	15.08	19.62	1.51	1.96

7.00	4	0.767	19.03	24.81	1.90	2.48
7.20	5	0.766	23.74	31.01	2.37	3.10
7.40	4	0.764	18.96	24.81	1.90	2.48
7.60	4	0.763	18.92	24.81	1.89	2.48
7.80	5	0.761	23.61	31.01	2.36	3.10
8.00	6	0.760	26.89	35.38	2.69	3.54
8.20	6	0.759	26.84	35.38	2.68	3.54
8.40	5	0.757	22.33	29.49	2.23	2.95
8.60	5	0.756	22.29	29.49	2.23	2.95
8.80	4	0.755	17.80	23.59	1.78	2.36
9.00	6	0.753	25.41	33.73	2.54	3.37
9.20	6	0.752	25.37	33.73	2.54	3.37
9.40	5	0.751	21.11	28.11	2.11	2.81
9.60	5	0.750	21.08	28.11	2.11	2.81
9.80	4	0.749	16.84	22.48	1.68	2.25
10.00	4	0.748	16.06	21.48	1.61	2.15
10.20	5	0.747	20.04	26.85	2.00	2.68
10.40	5	0.746	20.02	26.85	2.00	2.68
10.60	6	0.744	23.98	32.22	2.40	3.22
10.80	7	0.743	27.94	37.59	2.79	3.76
11.00	6	0.742	22.89	30.84	2.29	3.08
11.20	6	0.741	22.86	30.84	2.29	3.08
11.40	6	0.740	22.83	30.84	2.28	3.08
11.60	6	0.739	22.80	30.84	2.28	3.08
11.80	7	0.738	26.56	35.98	2.66	3.60
12.00	5	0.737	18.17	24.64	1.82	2.46
12.20	6	0.736	21.77	29.57	2.18	2.96

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
2	4.2	37.99	Incoerente	5	1.82	1.89	0.18	1.49	6.26
10	4.35	29.15	Incoerente	10	1.84	1.89	1.05	1.54	6.69
12.2	5.91	30.64	Incoerente	10	1.94	2.13	1.53	1.57	9.26

Descrizione Strato 1	Descrizione Strato 2	Descrizione Strato 3
Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate	Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana	Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	10.5	17.5	28	42	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	11.49	19.15	30.64	45.96	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Meyerhof (1957)	55.95
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Meyerhof (1957)	41.03
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Meyerhof (1957)	42.77

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Meyerhof (1965)	27.03
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Meyerhof (1965)	27.24
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Meyerhof (1965)	28.46

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	57.31
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	59.80
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	74.71

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Farrent (1963)	44.45
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Farrent (1963)	47.50
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Farrent (1963)	65.75

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.43
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.43
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.47

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	A.G.I.	0.34
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	A.G.I.	0.34
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	A.G.I.	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Robertson e Campanella (1983)	383.37
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Robertson e Campanella (1983)	399.25
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Robertson e Campanella (1983)	486.98

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Ohta e Goto (1978)	111.81
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Ohta e Goto (1978)	159.83
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Ohta e Goto (1978)	190.39

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Seed e Idriss (1971)	1.959
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Seed e Idriss (1971)	1.69

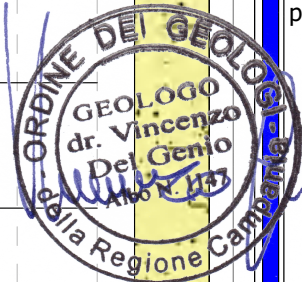
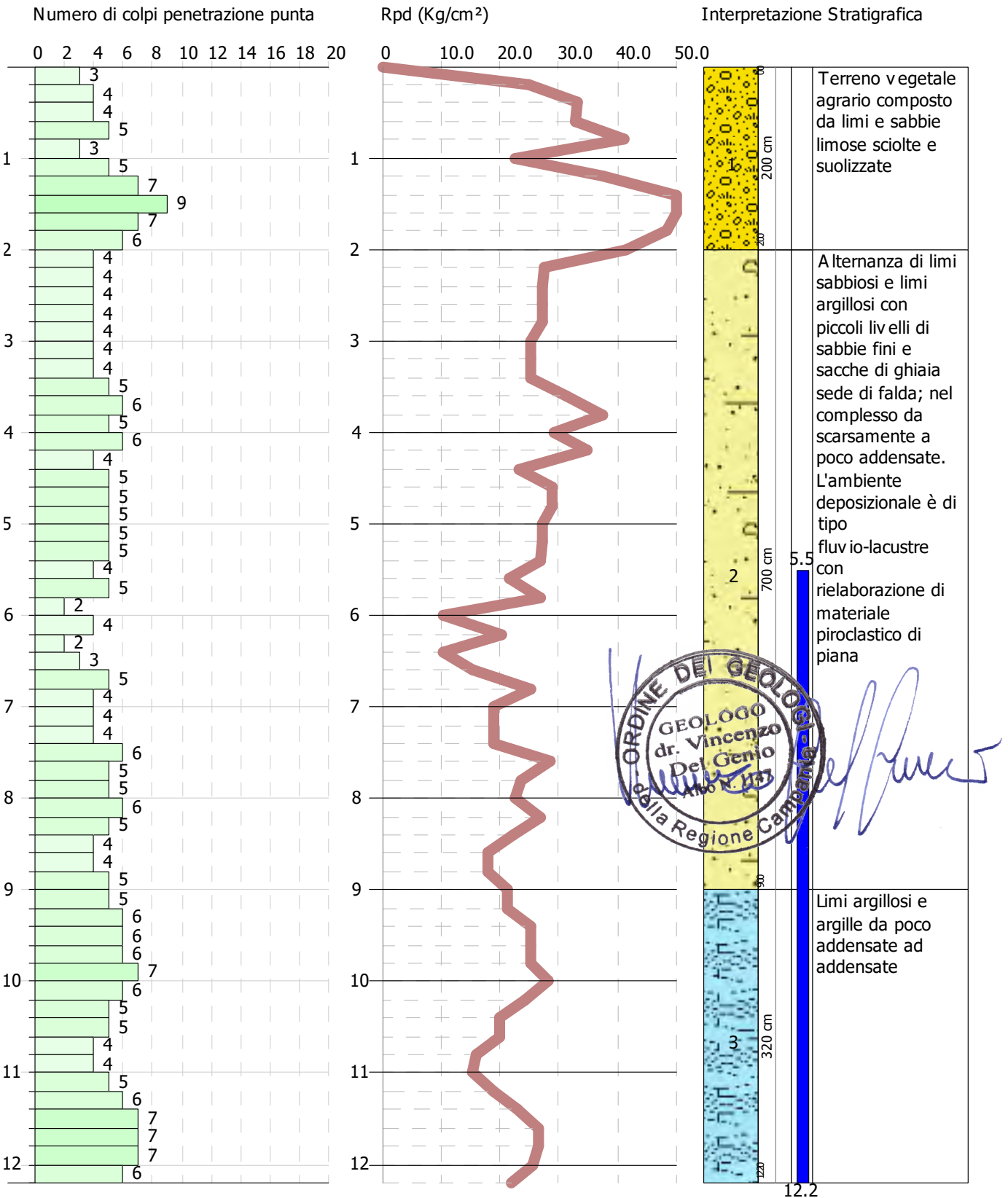
Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Navfac (1971-1982)	1.28
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Navfac (1971-1982)	1.37
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Navfac (1971-1982)	1.94

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

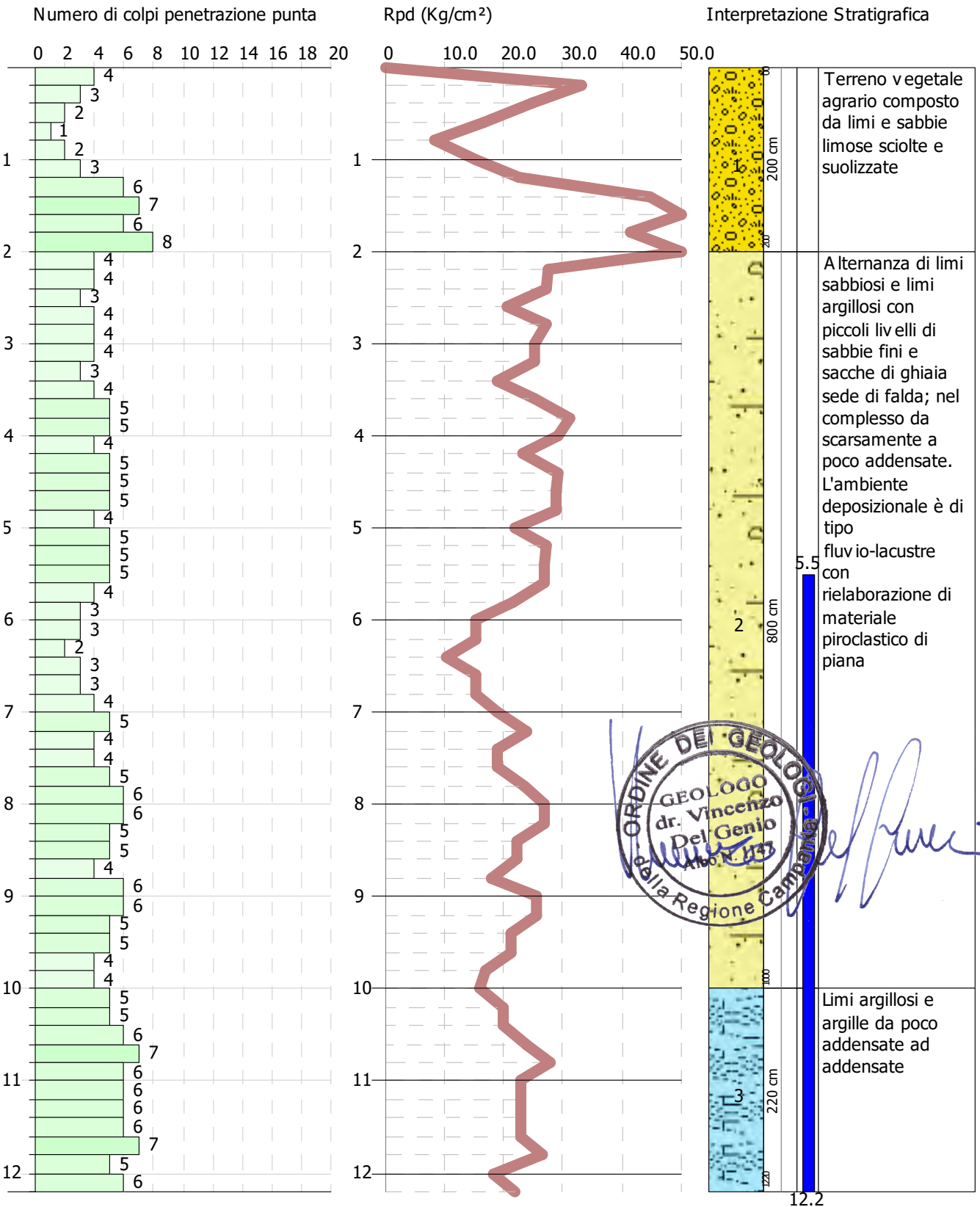
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Robertson (1983)	18.78
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Robertson (1983)	20.07
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Robertson (1983)	27.78

Committente: ATON 22 S.r.l. - Via Julius Durst, 6 - Bressanone (Bz) 16-10-2021
 Descrizione: Impianto utente per la connessione di un impianto fotovoltaico a terra (SAU MARI)
 Località: località Magnoli - SESSA AURUNCA - Foglio 64, particella 5025
 Scala 1:60



[Handwritten signature]

Committente: ATON 22 S.r.l. - Via Julius Durst, 6 - Bressanone (Bz) 16-10-2021
 Descrizione: Impianto utente per la connessione di un impianto fotovoltaico a terra (SAU MARI)
 Località: località Magnoli - SESSA AURUNCA - Foglio 64, particella 5025
 Scala 1:60



[Handwritten signature]

Prova penetrometrica DPSH numero UNO

UBICAZIONE 41,264605 - 13,826695

Quota topografica media locale 6,00 metri -- Falda -5,50 metri p.c.

Strato	Quota	Nspt	Dr	ϕ'	c'	Modulo Young	Modulo Edometrico	γ	Poisson	Modulo Taglio	Ko	Qc	Potenziale liquefazione	Classificazione AGI
<i>n</i>	<i>metri</i>	<i>n</i>	%	°	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cm</i>	%	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cm</i>	<i>Kg/cmq</i>	%	
1	2,00	7	40	27	0,00	60	55	1,70	0,33	300	1,50	25	---	poco addensato
2	9,00	7	40	28	0,05	60	50	1,80	0,33	350	2,00	25	---	poco addensato
3	12,20	9	40	29	0,05	70	60	1,80	0,33	400	3,50	25	1,700	poco addensato

Prova penetrometrica DPSH numero DUE

UBICAZIONE 41,247025 - 13,825975

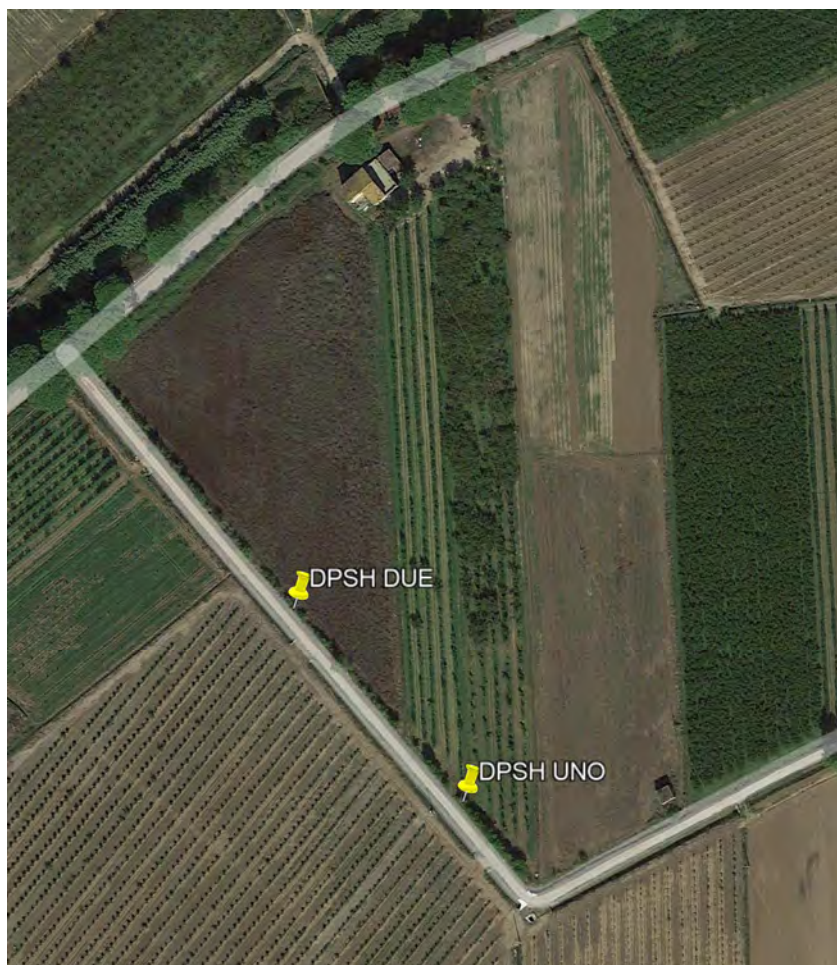
Quota topografica media locale 6,00 metri -- Falda -5,50 metri p.c.

Strato	Quota	Nspt	Dr	ϕ'	c'	Modulo Young	Modulo Edometrico	γ	Poisson	Modulo Taglio	Ko	Qc	Potenziale liquefazione	Classificazione AGI
<i>n</i>	<i>metri</i>	<i>n</i>	%	°	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cm</i>	%	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cm</i>	<i>Kg/cmq</i>	%	
1	2,00	6	40	27	0,00	60	55	1,70	0,33	300	1,50	20	---	poco addensato
2	10,00	7	40	28	0,05	60	50	1,80	0,33	350	2,00	20	2,00	poco addensato
3	12,20	9	40	29	0,05	75	65	1,80	0,33	400	3,50	30	1,70	poco addensato

Prova penetrometrica DPSH 1



Prova penetrometrica DPSH 2



UBICAZIONE PROVE GEOTECNICHE REALIZZATE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

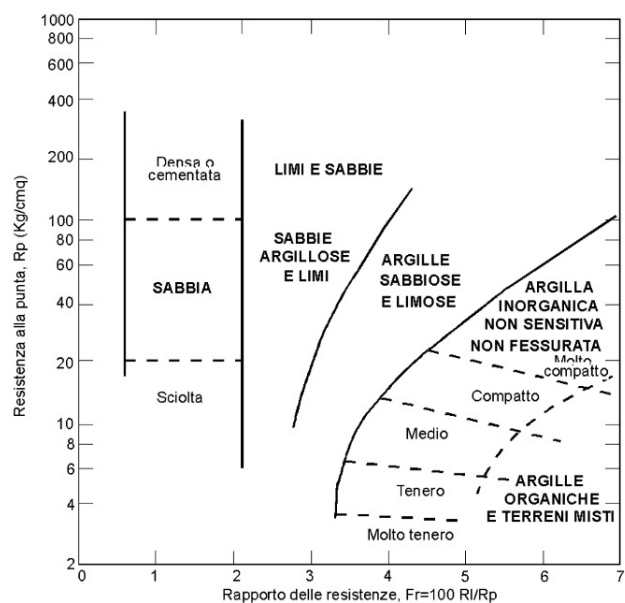
Dai dati acquisiti dalla campagna di rilevamento geologico, con l'ausilio delle indagini meccaniche eseguite, è stato possibile individuare gli orizzonti geomeccanici, costituiti da terreni in prevalenza da terreni sabbiosi nel substrato ed in superficie.

Note sui parametri geotecnici utilizzati

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della **litologia** della verticale indagata il rapporto delle resistenze F_r (con $F_r\%=100 R_l/R_p$), secondo il grafico riportato.

Una volta classificati i terreni in **coerenti e incoerenti** si sono ricavati, attraverso correlazioni basate sulla resistenza di punta (R_p), i parametri geotecnici empirici caratterizzanti gli strati individuati.

L'angolo di resistenza al taglio ϕ del materiale indagato è valutato attraverso metodi di correlazione diretta $R_p-\phi$. Il valore assegnato scaturisce da una sorta di media tra i seguenti metodi:



Durgunouglu-Mitchell

$$\phi = 14,4 + 4,8 \ln R_p - 4,5 \ln \sigma$$

Meyerhof

$$\phi = 17 + 4,49 R_p$$

Caquot

$$\phi = 9,8 + 4,96 \ln (R_p / \sigma)$$

Koppejan

$$\phi = 5,8 + 5,21 \ln (R_p / \sigma)$$

De Beer

$$\phi = 5,9 + 4,76 \ln (R_p / \sigma)$$

dove **R_p** è la resistenza di punta media misurata nello strato e σ è la pressione litostatica efficace a metà strato

I valori della **coesione c'** per i terreni sabbiosi sono considerati prossimi allo zero trattandosi di terreni incoerenti in regime drenato.

Per la **coesione non drenata** dei terreni coerenti è utilizzata la correlazione di **Lunne e Eide**

$$C_u \text{ (kg/cmq)} = (R_p - \sigma) / (20,7 - 0,18 \text{ IP})$$

IP = indice di plasticità medio dello strato

I valori del **peso di volume** γ forniti sono ricavati direttamente da prove di laboratorio effettuate su campioni di terreno della stessa natura prelevati nelle vicinanze e dalla bibliografia.

Modulo di deformazione (modulo di Young)

Schmertmann

$$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2,5 \times R_p$$

Modulo Edometrico Ed

Robertson e Campanella

$$M \text{ (kg/cmq)} = 0,03 R_p + 11,7 \sigma + 0,79 D_r$$

Senza entrare nel merito della scelta del tipo di fondazione per il calcolo del carico limite e dei cedimenti, essendo di competenza del geotecnico ed essendo ciò strettamente legato alla geometria delle fondazioni medesime, alle tipologie di carico, e, in ogni caso, alla scelta metodologica del Calcolatore, si ritiene che, per le strutture in oggetto, la soluzione adottata della fondazione di tipo continuo adottata sembra sufficiente.

Per il calcolo dei cedimenti e delle reazioni del terreno si fa l'ipotesi che il carico sia uniformemente distribuito sul piano di posa ovvero che la fondazione sia infinitamente rigida.

La relazione più nota che lega cedimenti e reazioni del terreno al carico di esercizio è quella di Winkler che assimila il terreno ad un letto di molle indipendenti l'una dall'altra e il cedimento di un punto del piano limite dipende solo dal carico q direttamente agente sullo stesso punto, secondo l'espressione: $K * W = q$ in cui K [kg/cm³] si definisce *coefficiente di reazione del terreno o coefficiente di sottofondo*.

Non disponendo di prove di carico su piastra, prova che permetterebbe la individuazione univoca del parametro K, e purché il carico agente sia almeno 1/3 del carico limite, si potrà fare riferimento ai valori sperimentali riportati in tabella per terreni sabbie:

<i>Tipo di sabbia</i>	<i>Stato di addensamento</i>	<i>Sciolto</i>	<i>Medio</i>	<i>Denso</i>
<i>Secca o umida</i>	<i>Campo di variazione valore consigliato</i>	<i>0.7 - 2.1</i>	<i>2.1 - 10.8</i>	<i>10.8 - 36</i>
		<i>1.4</i>	<i>4.7</i>	<i>18</i>
<i>Satura</i>	<i>valore consigliato</i>	<i>0.9</i>	<i>2.9</i>	<i>11</i>

ref. C. Viggiani - *Appunti di Tecnica delle Fondazioni*, 1986. Università degli Studi di Napoli
Facoltà di Ingegneria - Istituto di Tecnica delle Fondazioni e Costruzioni in terra

Considerando che i terreni ritrovati nell'area in perizia, oltre 2,00 metri dal p.c., sono sabbie e che il loro stato di addensamento è classificabile come *medio con tendenza ad addensato*, il valore di **K** potrà essere assunto pari a **Costante di sottofondo Winkler = 2,00 Kg/cm²**.

I livelli si sono così distinti:

DEPOSITI RECENTI

banco "A" profondità dal piano campagna a -2,00

DEFINIZIONE - *Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate*

Spessore: 2,00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1700 \text{ Kg/mc}$

Peso di Volume Saturo: $\gamma_{\text{sat}} = 1750 \text{ Kg/mc}$

Coesione non drenata: $C_u = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$

Coesione Efficace: $c' = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 27^\circ$

Modulo Elastico $E_{el} = 60 \text{ Kg/cm}^2$

Modulo Edometrico $E_d = 55 \text{ Kg/cm}^2$

Poisson = 0,34

Densità Relativa $D_r = 40 \%$

N spt = 6 colpi

Vp: 300 m/sec

Vs: 140 m/sec

Qc = 20,00 Kg/cmq

Classificazione AGI = Limo

Grado di addensamento = Poco addensato

Potenziale di liquefazione = ---

Modulo di taglio dinamico = 300,00 Kg/cmq

Costante di sottofondo Winkler = 1,00 Kg/cm

banco "B" profondità da -2,00 a -9,00

DEFINIZIONE - *Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana*

Spessore: 7,00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1700 \text{ Kg/mc}$

Peso di Volume Saturo: $\gamma_{\text{sat}} = 1750 \text{ Kg/mc}$

Coesione non drenata: $C_u = 0,20 \text{ Kg/cmq}$

Coesione Efficace: $c' = 0,05 \text{ Kg/cmq}$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 27^\circ$

Modulo Elastico $E_{el} = 60 \text{ Kg/cmq}$

Modulo Edometrico $E_d = 50 \text{ Kg/cmq}$

Poisson = 0,33

Densità Relativa $D_r = 40 \%$

N spt = 8 colpi

Vp: 470 m/sec

Vs: 200 m/sec

Qc = 20,00 Kg/cmq

Classificazione AGI = Limo sabbioso-argilloso

Grado di addensamento = Poco addensato
Potenziale di liquefazione = 1,70
Modulo di taglio dinamico = 300,00 Kg/cm²
Costante di sottofondo Winkler = 2,00 Kg/cm³

DEPOSITI OLOCENICI

banco “C1” profondità da -9,00 a -20,00

DEFINIZIONE - Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate

Spessore: 11,00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1800 \text{ Kg/mc}$
Peso di Volume Saturo: $\gamma_{\text{sat}} = 1850 \text{ Kg/mc}$
Coesione non drenata: $C_u = 0,75 \text{ Kg/cm}^2$
Coesione Efficace: $c' = 0,07 \text{ Kg/cm}^2$
Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 29^\circ$
Modulo Elastico $E_{el} = 80 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo Edometrico $E_d = 70 \text{ Kg/cm}^2$
Poisson = 0,33
Densità Relativa $D_r = 40 \%$
N spt = 10 colpi
Vp: 700 m/sec
Vs: 350 m/sec
Qc = 25,00 Kg/cm²
Classificazione AGI = Limo argilloso
Grado di addensamento = Poco addensato
Potenziale di liquefazione = 2,00
Modulo di taglio dinamico = 350,00 Kg/cm²
Costante di sottofondo Winkler = 3,50 Kg/cm³

banco “C2” profondità da -20,00 a -30,00

DEFINIZIONE - Limi argillosi e argille addensate

Spessore: > 10,00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1800 \text{ Kg/mc}$

Peso di Volume Saturo: $\gamma_{\text{sat}} = 1050 \text{ Kg/mc}$

Coesione non drenata: $C_u = 1,00 \text{ Kg/cmq}$

Coesione Efficace: $c' = 0,15 \text{ Kg/cmq}$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 30^\circ$

Modulo Elastico $E_{el} = 100 \text{ Kg/cmq}$

Modulo Edometrico $E_d = 90 \text{ Kg/cmq}$

Poisson = 0,33

Densità Relativa $D_r = 50 \%$

N spt = 15 colpi

V_p : 1020 m/sec

V_s : 550 m/sec

$Q_c = 40,00 \text{ Kg/cmq}$

Classificazione AGI = Limo argilloso

Grado di addensamento = Addensato

Potenziale di liquefazione = ---

Modulo di taglio dinamico = 400,00 Kg/cmq

Costante di sottofondo Winkler = 5,00 Kg/cm

COMPATIBILITA' CON I PIANI DI RISCHIO

Pericolosità e rischio idrogeologico del territorio in esame

I Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico Rischio di Frana (**PSAI-Rf**) e Rischio Idraulico (**PSAI-Ri**) per il bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, hanno valore di piano territoriale di settore e sono gli strumenti conoscitivi, normativi, tecnico-operativi mediante i quali sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del territorio relative all'assetto idrogeologico del bacino idrografico di riferimento.

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio di Frana

Il territorio comunale è inserito nel perimetro del Bacino Nazionale "Liri-Garigliano-Volturno", ai sensi della Legge 183/89, oggi Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

Come risulta dalla relazione allegata al Piano Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino, il territorio comunale appartiene al bacino del Garigliano; l'area di intervento non è segnalata a rischio frana; gli interventi previsti dal progetto sono pienamente compatibili con la condizione di rischio locali. Il *PsAI-Rf*, attraverso le sue disposizioni, persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Da un primo sopralluogo sommario, non sono stati riconosciuti fenomeni riferibili a colate di fango né a fenomeni di instabilità gravitazionale nell'intera area né sono segnalati fenomeni di invasione di acque di scolo né sono stati riconosciuti alluvionamenti dell'area.

Si può escludere o almeno ritenere improbabile, che l'area di intervento possa essere invasa da materiale proveniente da monte provocando danni rilevanti anche in considerazione che il versante, molto distante, non presenta copertura vegetale e/o detritica che può mobilizzarsi.

Si può affermare che la tipologia delle opere da realizzare non incidono minimamente sulla stabilità globale dell'area che, peraltro, non presenta segni di franosità potenziale; è comunque da prevedere lo smaltimento delle acque meteoriche superficiali.

In definitiva per quanto descritto e relazionato, a parere dello scrivente, non sussistono condizioni di rischio elevato e ne vengono modificate o alterate le attuali condizioni di rischio esistenti, ma il grado di rischio evidenziato è, per le motivazioni indicate nella presente nota, adeguato alla realizzazione dell'intervento.

Non saranno realizzati movimenti di terra che modificano il naturale andamento del terreno; sarà quindi in pieno rispettato il vincolo del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dalla Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno che inserisce l'area nella porzione denominata non a rischio.

L'area oggetto di intervento ricade in zona non delimitata a rischio per cui si applicano la norma previste dall'articolo 13 delle norme di Attuazione del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico: ***“Aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco (C1)”***

1) Nelle aree di cui alla rubrica gli interventi sono subordinati unicamente all'applicazione della normativa vigente in materia, con particolare riguardo al rispetto delle disposizioni contenute nel D.M. 11 marzo 1988 (S.O. G.U. n. 127 del 1/06/88), nella Circolare LL.PP. 24/09/88 n. 3483 e successive norme e istruzioni e nel D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - G.U. n. 245 del 20 ottobre 2001- s.o. n. 239).



Piano Stralcio dell'Autorità di bacino Liri-Garigliano e Volturno Stralcio della Carta del rischio di frana

Definizione ed individuazione delle fasce fluviali

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio idraulico per il bacino dei fiumi Liri- Garigliano (**PsAI-Ri**), è diretto al conseguimento di condizioni accettabili di sicurezza idraulica del territorio di competenza, mediante la programmazione di interventi non strutturali e interventi strutturali, con particolare riferimento a:

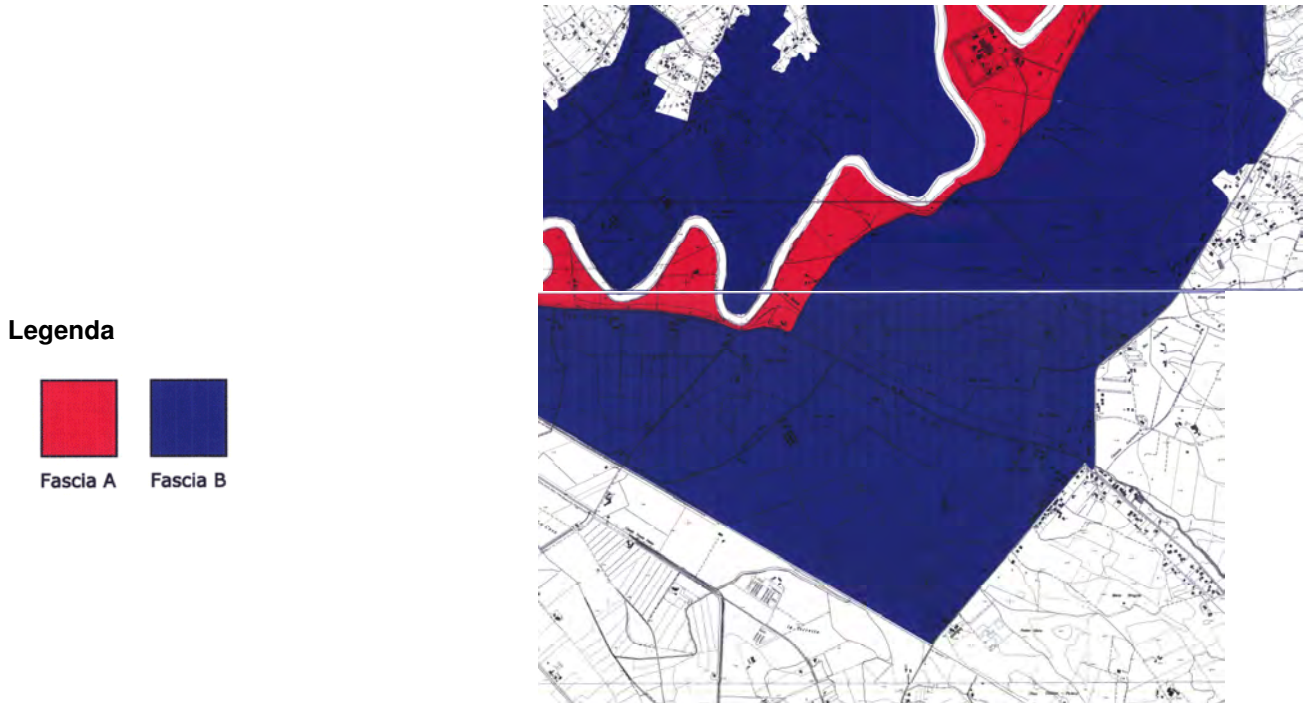
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la moderazione delle piene;
- la manutenzione delle opere;
- la regolamentazione dei territori interessati dalle piene;
- le attività di prevenzione ed allerta attraverso lo svolgimento funzionale di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento.

Il PsAI-Ri definisce, in funzione delle aree inondabili con diverso periodo di ritorno, le fasce fluviali, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel PsAI- Ri. Le fasce fluviali sono state così definite:

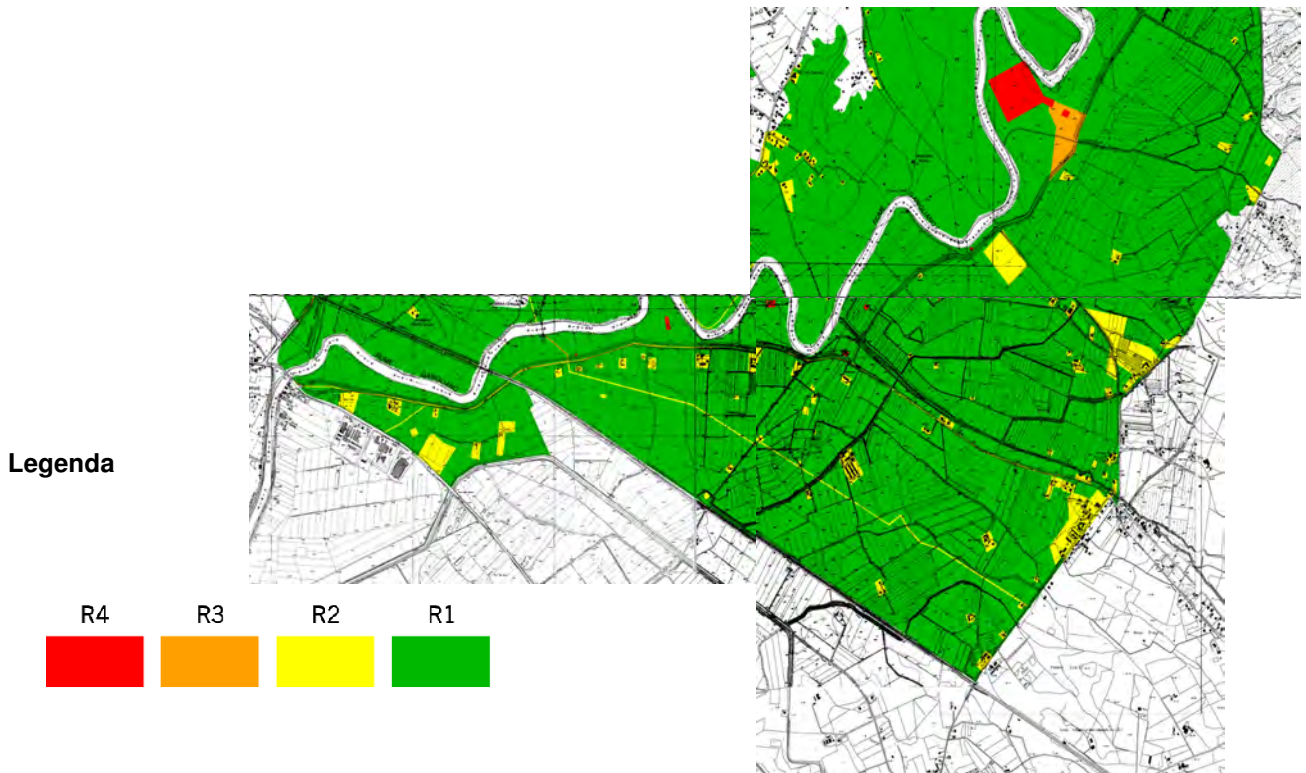
- **Alveo di piena ordinaria.**
- **Alveo di piena standard (Fascia A).**
- **Fascia di esondazione (Fascia B).** La Fascia B comprende le aree inondabili dalla piena standard, eventualmente contenenti al loro interno sottofasce inondabili con periodo di ritorno $T < 100$ anni. In particolare sono state considerate tre sottofasce:
 1. la sottosottofascia B1 è quella compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=30$ anni e altezza idrica $h=90$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;
 2. la sottosottofascia B2 è quella compresa fra il limite della Sottofascia B1 e quello dell'altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;
 3. la sottosottofascia B3 è quella compresa fra il limite della Sottofascia B2 e quello delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni.
- **Fascia di inondazione per piena d'intensità eccezionale (Fascia C).**

L'area su cui sarà realizzato l'impianto fotovoltaico, ubicata in località Magnoli del Comune di Sessa Aurunca (CE), ricade parzialmente nella Fascia fluviale B ed è perimetrata a Rischio Idraulico R1.

Piano Stralcio dell’Autorità di bacino Liri-Garigliano e Volturno Stralcio della Carta delle fasce fluviali



Piano Stralcio dell’Autorità di bacino Liri-Garigliano e Volturno Stralcio della Carta del Rischio idraulico



Compatibilità geologica del progetto

Nell'ambito dei Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico Rischio di Frana (**PSAI-Rf**) e Rischio Idraulico (**PSAI-Ri**) per il bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, l'area su cui sarà realizzato l'impianto, non ricade in aree perimetrate a rischio di frana, mentre ricade nella Fascia fluviale B ed è perimetrata in parte a Rischio Idraulico R1.

Le valutazioni effettuate nella presente relazione sono volte a dimostrare la compatibilità geologica degli interventi di progetto, in accordo con quanto richiesto dalle Norme sopra richiamate. Gli interventi progettuali previsti non rappresentano un fattore predisponente all'instabilità, in quanto non si andranno a modificare né la circolazione idrica sotterranea né quella superficiale, e l'esecuzione delle opere di progetto non turberà l'attuale equilibrio morfologico e quindi sicuramente non andrà ad aggravare le condizioni di stabilità attuali.

In merito alle opere di progetto elencate possono esprimersi le seguenti considerazioni:

- 1) ***per la realizzazione degli interventi di progetto sommariamente citati in premessa, non sarà modificata la geometria morfologia dell'area con ingenti scavi, tagli, ecc., né saranno create neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innescio di movimenti dei terreni di copertura detritica;***
- 2) ***non si apporteranno ulteriori carichi sul sito capaci di creare disequilibri di masse e non sarà compromesso il normale deflusso delle acque superficiali tali da innescare processi di erosione e denudazione che possano evolvere in reali dissesti;***
- 3) ***le opere previste non costituiranno un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;***
- 4) ***nello stesso tempo non costituiranno un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti e non pregiudicheranno le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente.***

Per i motivi fin qui considerati è possibile esprimere valutazioni positive sulla compatibilità dell'intervento da realizzare con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto lo stesso non pregiudica la stabilità attuale della zona ed è da considerarsi, appunto, compatibile dal punto di vista idrogeologico con la situazione di pericolosità e di rischio da dissesti di versante attualmente sostenibile dal territorio.

Il processo di verifica, valutazione e stima della compatibilità geologica dell'intervento, sommariamente ripercorso in queste pagine, ha portato a stabilire che essa è, appunto verificata, stimata e valutata rispetto allo stato attuale, in quanto non si sono ravvisati condizioni geologiche tali da compromettere la realizzabilità dei lavori di progetto.

CONSIDERAZIONE CONCLUSIVE

Lo studio geologico è stato finalizzato alla valutazione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche e geotecniche dell'area oggetto di intervento in Sessa Aurunca alla località Magnoli ai fini della realizzazione dell'intervento di realizzazione di impianto utente per la connessione di un impianto fotovoltaico.

Per quel che riguarda l'aspetto geomorfologico e geologico il lotto oggetto di studio è situato in un'area con quota media di circa cinque/sei metri sul livello del mare.

Dal punto di vista geologico la stratigrafia locale, partendo dalla quota di campagna attuale è costituita da:

DEPOSITI RECENTI

0,00 ÷ 2,00 metri **Terreno vegetale agrario composto da limi e sabbie limose sciolte e suolizzate**

2,00 ÷ 9,00 metri **Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con piccoli livelli di sabbie fini e sacche di ghiaia sede di falda; nel complesso da scarsamente a poco addensate. L'ambiente deposizionale è di tipo fluvio-lacustre con rielaborazione di materiale piroclastico di piana**

DEPOSITI OLOCENICI

9,00 ÷ 20,00 metri **Limi argillosi e argille da poco addensate ad addensate**

20,00 ÷ 30,00 metri **Limi argillosi e argille addensate**

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni in affioramento sono definibili come "mediamente permeabili" in superficie e scarsamente permeabili in profondità; è presente una scarsa circolazione idrica sotterranea. Ciò comporta la presenza di livello di falda sotterranea in corrispondenza di orizzonti a granulometria sabbiosa con tampone argilloso; allo stato attuale è stata rilevata una falda freatica al di sotto del sito in studio alla quota di circa cinque/sei metri dal livello di campagna attuale.

Per quanto concerne la stabilità, si è evidenziata la stabilità della intera area oggetto di studio e l'assenza di cavità naturali o artificiali; la stabilità è pertanto legata esclusivamente ai carichi trasmessi al terreno di fondazione.

Dal punto di vista sismico, il sito, seguendo i dettami della precedente normativa aggiornata, si colloca in area con sismicità alta. In base alla recente Normativa, sulla base dei valori N_{spt} e di prove sismiche eseguite, si determina una classificazione della categoria di sottosuolo "**C**".

Inoltre:

- ✓ l'area in esame può essere definita stabile; allo stato non si rilevano fenomeni gravitativi in grado di modificare, in un tempo ragionevolmente breve, la situazione attuale;
- ✓ i terreni affioranti nell'area in studio sono rappresentati da depositi alluvionali costituiti essenzialmente da depositi fluvio-lacustri caratterizzati da una copertura superficiale per i primi metri, di natura limosa; seguono poi terreni limoso-sabbiosi e argille limose con frequenti tratti di natura torbose, segni di ambienti palustri;
- ✓ è presente falda freatica fino alla profondità investigata;
- ✓ tali terreni non sono suscettibili di liquefazione, in quanto anche se l'assortimento granulometrico rientra nel range dei fusi granulometrici di cui al par. 11.3.4.2 del Capitolo 7 delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018 è stata effettuata opportuna verifica che ha escluso tale eventualità;
- ✓ l'area in oggetto è inclusa nella zona amministrativa sismica di II^a A categoria;
- ✓ i terreni di fondazione sono classificabili con coefficiente topografico T1;
- ✓ in relazione al PSAI-RF Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frana, il sito rientra in aree a rischio, ma gli interventi sono compatibili con il rischio evidenziato; infatti le opere in progetto rientrano tra gli interventi consentiti dalle Norme di attuazione del Piano del Rischio;
- ✓ tenuto conto di quanto evidenziato dalla scrivente nel testo relativo alla descrizione del Rischio Idrogeologico, è possibile affermare che l'intervento proposto non altera gli equilibri idrogeologici dell'area interessata, poiché non comporta aumento del carico urbanistico né incremento dell'attuale livello di rischio;

- ✓ dal punto di vista geotecnico non si riscontra alcuna problematica, dal momento che i valori dei principali parametri geomeccanici medi risultano sufficienti a garantire portanze idonee per i lavori previsti in progetto.

In conclusione, si è rilevato che non sussistono situazioni geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e sismiche che possano compromettere l'idoneità del sito ad accogliere l'intervento proposto.

Infine si può definire che dalle notizie acquisite ed indicate nella presente perizia, grazie anche *alla correlazione dei terreni presenti nelle immediate vicinanze del sito con i dati tratti dalla letteratura specifica* e geologicamente significativi, confermati da apposite indagini in sito, di affermare che ***il sito non presenta incompatibilità sia di carattere geologico e geomorfologico sia di carattere geologico-tecnico alla realizzazione delle opere in progetto; quindi l'intervento è perfettamente compatibile con la condizione geologico-ambientale dell'intorno con le limitazioni indicate nella presente nota.***

Per quanto sopra, lo scrivente è del parere che la pratica sia perfezionabile senza nessuna prescrizione e per le opere indicate nelle planimetrie allegate al progetto edilizio.

- Alvignano, ottobre 2021

Il tecnico
Ing. Vincenzo DEL GENIO
Ordine Geologi Campania n° 1147



PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Società ATON 22 s.r.l., con sede legale in Bressanone (BZ) alla Via Julius Durst n° 6 – Partita Iva 03072680212, il sottoscritto geologo dott. Vincenzo Del Genio, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con numero 1147 e con studio in Alvignano (Ce) alla via Trento n° 15/bis, redige la presente relazione geologica di compatibilità sismica per il *“Progetto per la realizzazione della connessione utente SAU in località Magnoli di Sessa Aurunca (Ce)”*.

Come da documentazione tecnica progettuale, fornita allo scrivente dal committente, l'impianto utente di progetto, denominato “C023 Magnoli”, per la connessione di un di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di 19,021 MW sito in Sessa Aurunca alla località Magnoli su un lotto di terreno adibito a seminativo e si presenta totalmente pianeggiante.

I contenuti della presente relazione geologica sulla compatibilità sismica del sito in esame sono i seguenti:

- indicazione della zona sismogenetica;
- indicazione della classificazione sismica regionale;
- indicazione della sismicità storica dell'area di studio;
- risultanze di studi di microzonazione sismica o di pericolosità sismica contenuti nello strumento urbanistico del territorio esaminato;
- valutazione dell'azione sismica e relativi parametri;
- determinazione della categoria di sottosuolo, indicazione degli effetti di sito (risposta sismica locale) e dei relativi coefficienti di amplificazione sismica;
- verifica delle pericolosità (liquefazione dei terreni, effetti cosmici).

L'obiettivo finale che si vuole raggiungere con il presente studio è quello di valutare la Risposta Sismica di Sito che ha avuto lo scopo di definire, in tutti i suoi dettagli, le caratteristiche del sito di fondazione e del sottosuolo significativamente interessato dalle opere di progetto definendo, come previsto nella nuova normativa per le costruzioni in zona sismica, la Categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche.

L'attenzione alle caratteristiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche a livello di sito, nasce dalla constatazione ormai ben nota che un deposito incoerente, poggiante su un basamento rigido, può modificare sostanzialmente la composizione spettrale ed il livello energetico dell'evento sismico determinando l'amplificazione di alcune frequenze.

La definizione di tali amplificazioni è essenziale per valutare la pericolosità di un sito potendo essa essere di livello anche molto maggiore di quello relativo alle stesse differenziazioni energetiche legate alla Classificazione. Il Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende, infatti, non solo dalla vulnerabilità propria della struttura edilizia, ma anche, e forse principalmente, dall'intensità delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico ed in particolare quello relativo alle onde S, che, emergendo in genere verticalmente, producono sollecitazioni orizzontali alle costruzioni.

Per perseguire tali obiettivi, oltre a consultare le indagini e gli studi geofisici eseguiti per la redazione di altre indagini eseguite in aree limitrofe e geologicamente significative, è stata eseguita una prospezione sismica superficiale del tipo MASW ed una misura sismica di frequenza.

L'insieme dei dati acquisiti, a parere dello scrivente, risulta sufficiente a riconoscere e descrivere i parametri necessari ad inquadrare la tematica trattata e consente di giungere responsabilmente al parere di competenza.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di interesse è situata nella ampia piana alluvionale del Garigliano, in prossimità della sua foce, si estende per una superficie morfologicamente pianeggiante ad una quota topografica di circa cinque metri sul livello del mare in località Magnoli di Sessa Aurunca S.R. WGS4 EPSG 4326 / Coordinate 41° 30' 46.87"N - 13° 40' 18.32"E.

Nelle successive cartografie sono indicate la posizione dell'impianto rispetto alle principali cartografie di inquadramento catastale dell'intervento.



**Stralcio della Carta Programmatica
Regionale Base cartografica 1: 5.000**

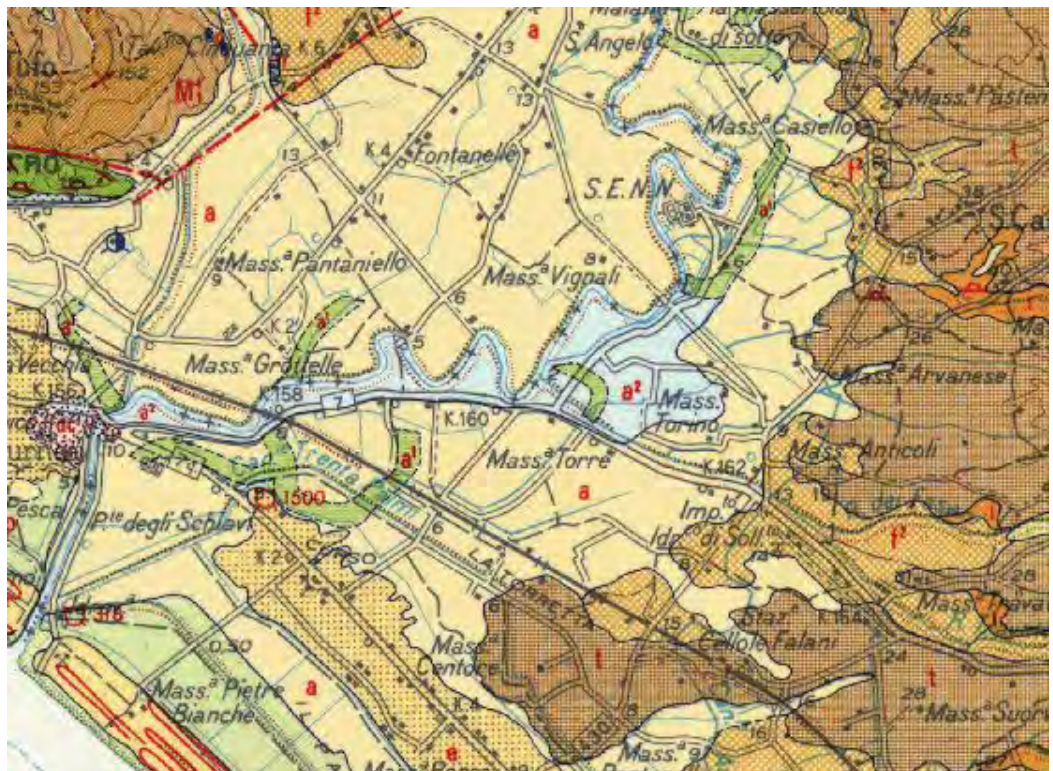
Il sito di specifico interesse è ubicato in località Magnoli e la SAU sarà realizzata su un lotto di terreno pianeggiante al Foglio 64, particella 5025. Topograficamente la zona in esame si sviluppa ad una quota intorno ai cinque metri circa s.l.m. su un'area pressoché pianeggiante posta nel settore nord-ovest del territorio comunale, in sinistra orografica del Fiume Garigliano.



Ortofoto dell'area ubicata in località Maiano del Comune di Sessa Aurunca. Fonte Google Earth

MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

Dal punto di vista geologico generale l'area in esame è rappresentata nel Foglio 171 "Gaeta" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio n°171 "Gaeta"

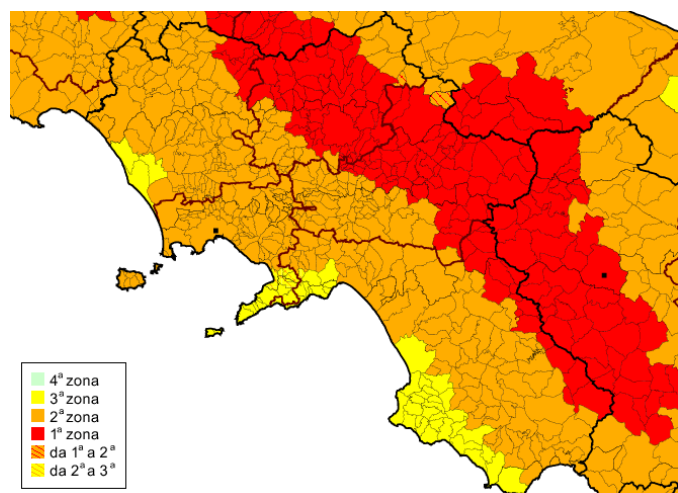


Pericolosità sismica

La pericolosità sismica viene definita come *la probabilità di scuotimento per cause geodinamiche endogene di una certa intensità in una determinata area territoriale ed in un certo intervallo di tempo.*

In relazione alla nuova normativa sismica il territorio del Comune di Sessa Aurunca viene classificato in “zona sismica 2” secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo.

La sua sismicità risulta piuttosto di lieve entità, sia per la frequenza che per l'intensità degli eventi sismici possibili. La loro origine epicentrale è situata principalmente nelle aree sismogenetiche dell'Appennino centrale, del Litorale Tirrenico e di quelle, più prossime a ridosso dell'Appennino Meridionale, zona Matese.



La nuova classificazione in zone sismiche dei comuni della Regione Campania

La valutazione di una possibile presenza degli effetti locali è di fondamentale importanza, nonostante si sia in condizioni di basso rischio sismico, in sede di pianificazione e di realizzazione di interventi urbanistici ed edificatori. È necessario applicare le norme

tecniche che disciplinano la redazione del progetto sismico dell'edificio e delle sue opere di fondazione considerando che:

- per quanto riguarda il sito di costruzione, i terreni in esso presenti, i processi di instabilità o di cedimenti, si dovranno seguire le specifiche di indagine secondo quanto stabilito dalle *norme tecniche delle costruzioni*. Scopo delle indagini sarà anche di definire le “*categorie*” di terreni che risultano dal profilo stratigrafico del suolo (interessato dalle sollecitazioni) per la definizione e verifica dell'azione sismica di progetto a cui fare riferimento per quanto riguarda il dimensionamento della fondazione;
- per quanto riguarda le regole generali di progettazione (verifiche della sicurezza e criteri di dimensionamento) si dovranno seguire le varie ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri.

Inoltre, considerati i risultati dei sondaggi litostratigrafici e i parametri geotecnici delle litologie rilevate, dovranno, eventualmente, essere verificate le possibilità di suscettibilità alla:

liquefazione, secondo quanto disposto dalle norme tecniche relative al progetto sismico delle opere di fondazione, se “la falda idrica si trova in prossimità della superficie del piano campagna ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.”.

densificazione, attraverso la previsione dei cedimenti mediante alcuni programmi di calcolo e relazioni empiriche che, allo stato attuale delle conoscenze possono costituire la prima stima per la valutazione quantitativa degli effetti.

PROGRAMMA DI INDAGINE GEOFISICO

Il programma delle indagini geofisico eseguito è stato indirizzato alla definizione della categoria di sottosuolo così come prescrive la normativa vigente. Per tale motivazione si sono scelte tipologie di indagine che permettessero tali definizioni.

Il quadro complessivo delle indagini può essere così riassunto in ordine temporale di esecuzione:

- *sismica di superficie metodo M.A.S.W. e misura H.V.S.R. per la determinazione della categoria di sottosuolo in una postazione (vedi planimetria a margine) che per esigenze logistiche è in posizione significativa per le strutture a farsi.*

Collocazione Prova (punto di stazione in WGS84)

PROVA MASW (punto iniziale dello stendimento)

Latitudine: 41,246135 N
Longitudine: 13,827085 E
quota: 6,00 metri sul livello del mare

PROVA HVSR

Latitudine: 41,246245 N
Longitudine: 13,827000 E
quota: 5,00 metri sul livello del mare

PROVA SISMICA MASW – HVSR

CARATTERISTICHE SISMOGRAFO

Produttore: DMT Gmbh
Modello: Summit II Compact
Venditore Autorizzato per l'Italia: Geostudi Astier s.r.l.
Convertitore A/D a tecnologia delta digma 24 bit canali: 24
geofoni: Geospace ad asse verticale da 4,50 Hz

CARATTERISTICHE TERNA

Produttore: SARA Electronics Instruments Perugia
Modello: GEOBOX 3CH 24 BIT + SS45 PACK
Velocimetri: terna X, Y, Z da 4,50 Hz
Modello: PF SR04 GBX-45-NNG matricola 0893


SOFTWARE

Produttore: ELIOSOFT
Venditore Autorizzato per l'Italia: Pasi s.r.l. Torino
Versione: ACCADEMY agg. 5.20 (apr. 2013)
Matricola: 4040

A corredo dello Studio Geologico per lo studio in oggetto, *come da incarico della committenza*, è stata eseguita una campagna d'indagine geofisica, a mezzo sismica di tipo attiva e passiva con misure di onde superficiali per come prescrivono le nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni**, approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n° 8, serie generale n° 42 del 20/02/2018.

STRUMENTAZIONE E TIPO DI ELABORAZIONE **DEI DATI PER SISMICA ATTIVA**

L'indagine attiva viene eseguita mediante l'utilizzo un sismografo DMT modello SUMMIT II. Il sismografo ha le seguenti caratteristiche:

Number of channels	24	Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Sampler interval	0,296 msec	Dynamic range	93 dB
A/D Conversion	16 bit	Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Amplifiers		Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Input impedance	1 KOhm	Power	12 V
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB	DMT Summit II	
Saturation tension	+/- 2,3 V		
Saturation level	100 dB		
Distorsion	0,01%		
Sampler	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 800 msec (6121 points)		
Sampling	130 micro/sec		
Record lenght	25-50 -100 -200 -400- 800 millisec		
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz		
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600- 500-400-300-200-100-50 Hz		
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150- 175-200-225-250 Hz		

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dal fatto che utilizza per l'acquisizione ed il salvataggio dei record un computer portatile in modo da sfruttare tutte le potenzialità del computer. L'ambiente operativo è quello di Microsoft Windows XP. La strumentazione è in grado di effettuare misure a rifrazione (onde P ed S). La sorgente sismica è costituita da una massa battente, mazza dal peso di 8 kg che funge contemporaneamente da starter poiché collegato a mezzo di trigger al sismografo, che batte su una piastra metallica.

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE O IN FORO

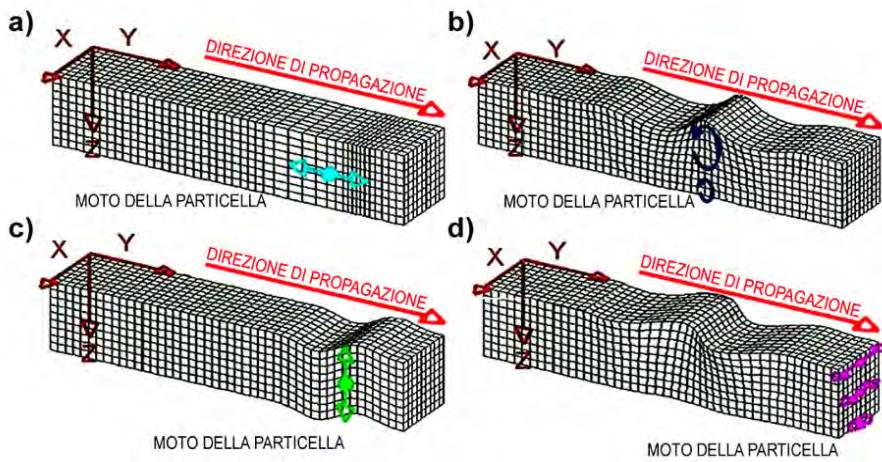
PRINCIPI DEL METODO, TECNICHE DI PROSPEZIONE, STRUMENTAZIONE ELABORAZIONE DEI DATI, PARAMETRI ELASTODINAMICI RILEVABILI

Il principale obiettivo dei metodi sismici è quello di individuare le strutture geologiche presenti nel sottosuolo, di ricostruire l'andamento delle discontinuità legate a variazioni delle proprietà elastiche delle rocce, determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi. In particolare, l'indagine sismica a rifrazione consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) e/o delle onde di superficie (onde di Rayleigh, Love) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisite (V_p , V_s , V_r e V_l), le proprietà elasto-dinamiche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

La sismica di superficie si fonda sul fenomeno fisico secondo cui una perturbazione, prodotta artificialmente mediante cariche esplosive, vibratori o masse battenti, si propaga in un mezzo in modo tale che esista, in ogni suo punto, una dipendenza reciproca tra la posizione e il tempo.

La perturbazione potrà identificarsi come lo spostamento, all'interno del mezzo, di una superficie ipotetica (*fronte d'onda*) che abbia in tutti i punti, in un determinato istante, lo stesso valore di fase.

Quando uno sforzo è improvvisamente applicato ad un corpo elastico (per es. viene colpito con una massa battente) e quando lo sforzo viene improvvisamente rilasciato, all'interno del corpo stesso si generano delle piccole deformazioni sotto forma di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. Le onde elastiche in natura sono di due tipi: le *onde di volume* (onde P ed S) figura, che si propagano all'interno del corpo interessato dalla perturbazione, e le *onde superficiali* (onde di Rayleigh e di Love), che si propagano solo lungo la superficie.



Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di a) Onde longitudinali P (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda); c) Onde di taglio S (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda); b) Onde di Rayleigh R (moto ellissoidale retrogrado delle particelle nel piano verticale dell'onda); d) Onde di Love L (moto nel piano orizzontale ortogonale alla direzione di propagazione dell'onda).

Le **onde P** (*di compressione o longitudinali*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (k), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità (μ) e della densità (ρ).

Le **onde S** (*trasversali o di taglio*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità (μ) detto anche modulo di Taglio (G).

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia. Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo. Le onde trasversali sono anche dette onde di taglio in

quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione. Attraverso lo studio dei tempi di propagazione delle onde di compressione e di taglio, attraverso le leggi fondamentali dell'ottica, si possono calcolare le velocità di propagazione delle onde sismiche, che, a loro volta, rappresentano la base per la determinazione della natura, disposizione geometrica (profondità ed inclinazione degli strati, detti anche *sismo-strati* o *rifrattori*), caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi presenti nell'area di indagine. Se il mezzo ha una superficie libera e viene sollecitato acusticamente, oltre alle onde di volume (longitudinali e di taglio) si creano anche delle onde superficiali tra cui le onde di Rayleigh e di Love.

Nelle **onde R di Raleigh** le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. La velocità delle onde di Rayleigh, come si sa, è inferiore a quella delle onde di volume ed in particolare $V_r = 0,9 V_s$.

Nelle **onde L di Love** sono generate quando le onde S, incontrano la superficie libera del terreno, il movimento delle particelle elementari è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione e decresce con la distanza dalla superficie libera. Le onde di Love sono le onde superficiali più veloci.

Tenuto conto che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che essi si trovano per gran parte sotto-falda e quindi in condizioni di drenaggio impedito, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme di onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno

praticamente orizzontale. L'assunzione è oltretutto validata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più significativo ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$).



UBICAZIONE PROVE GEOFISICHE REALIZZATE



STENDIMENTO MASW

MISURA HVSR



CENNI TEORICI MASW

Il rilievo geofisico MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici. Trattasi di una tecnica non invasiva, veloce e pratica. Osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione si può notare che la quasi totalità dell'energia si propaga tramite onde S. Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, viene separato il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma.

Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo il software di analisi WIN-MASW utilizzato consente di modificare anche manualmente (o attraverso modellazione manuale) la curva di dispersione. In tal modo la curva di dispersione sperimentale è confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che è successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale.

Questa delicata fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione. Le fasi di interpretazione sono state rigorosamente controllate dal tecnico elaboratore, poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore, infatti quasi mai questa coincide con la soluzione realmente migliore.

L'ARRAY DEI GEOFONI

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), sono stati utilizzati geofoni (ad asse verticale) Geospace GSD11 da 4,50 Hz. L'acquisizione è stata eseguita con un array lineare di quarantotto metri, con i geofoni collocati su una linea retta, ad una interdistanza di metri due l'uno dall'altro, posizionati, dove necessario, su idonei supporti per asfalto. È il caso di precisare che la teoria da cui nasce la metodologia MASW impone che il sito investigato non abbia variazione stratigrafica lungo l'array, infatti, durante la fase di inversione, il modello del terreno è a strati piani e paralleli (di estensione infinita).

Questo tipicamente segna un limite pratico alla lunghezza dell'array (e quindi anche alla profondità di indagine). È infatti assolutamente controproducente imporre l'uso di array esageratamente lunghi se per far questo, a causa della eventuale stratigrafia variabile, i ricevitori collocati nella prima parte dell'array danno informazioni discordanti con quelle ottenute dall'ultima parte dell'array, che sono quindi da considerarsi inutili ed inoltre fonte di un cospicuo segnale di disturbo.

LA SORGENTE - LE RIPETIZIONI – IL POSIZIONAMENTO

Data la necessità di dover raccogliere un segnale relativamente pulito da rumori ambientali, le energizzazioni dovrebbero essere eseguite usando potenze elevate rispetto al rumore di fondo. Questo tipicamente non è così semplice da realizzare. Nell'eseguire le singole energizzazioni si sono attesi momenti di relativo silenzio (transito assente di autoveicoli).

Per assicurare la corretta interpretazione del dato in fase di elaborazione l'energizzazione è stata più volte ripetuta, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore. Nel caso specifico sono state eseguite tre ripetizioni + altre tre, invertendo la posizione della sorgente che è stata posizionata esternamente all'array, in asse con esso, sia da un lato che dall'altro, ad una distanza dal primo geofono di metri quattro e cinque (distanza disponibile). Avendo un array di lunghezza limitata, ben si è prestato allo scopo una banale mazza munita di un peso di otto kilogrammi.

Principali caratteristiche del software sono:

Analisi di sezioni bidimensionali del terreno su dati raccolti mediante acquisizioni multiple, ottenute tramite la traslazione dell'array dei ricevitori.

Interfaccia grafica studiata per rendere semplice l'uso degli strumenti disponibili, come:

- L'impostazione dei parametri che definiscono il modello sintetico per l'inversione del modello del terreno in modalità interattiva.
- picking dello spettro per l'estrazione delle curve di dispersione.
- editing della curva di dispersione sperimentale.
- algoritmi di calcolo completi, veloci ed efficienti:
- calcolo spettro FK, FV, FX.
- molteplici finestre di windowing (boxcar, hamming, hanning, blackman,...).
- parametrizzazione del modello sintetico del terreno in strati.
- controllo dei principali parametri dell'inversione (numero massimo delle iterazioni, tolleranza sui parametri, quantificazione del disturbo).
- Esportazione delle immagini nei più comuni formati grafici.
- Editing della curva di dispersione sperimentale.

L'elaborazione dei dati di campagna si compone delle seguenti fasi:

Pre-processing, per:

A - Pulizia da fenomeni di disturbo sul segnale utile, dovuto a sorgenti ambientali non controllabili.

B - Assemblaggio di array virtuali, per ovviare alla limitazione del numero di geofoni disponibili in campagna.

C - Analisi spettrale, mediante FFT, del sismogramma ottenuto, condotta mediante l'utilizzo di vari parametri matematici, che consentono di adattarsi alle esigenze dell'utente.

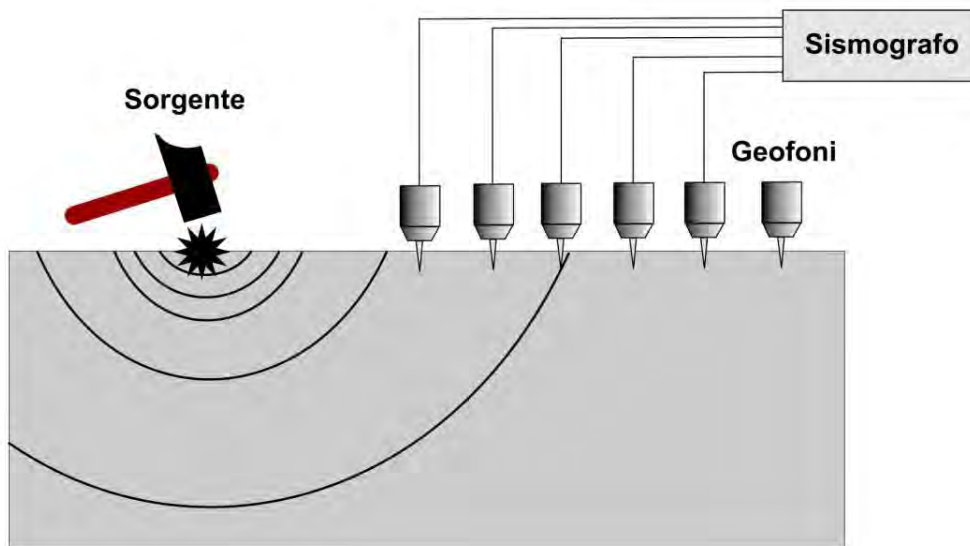
D - Estrazione (manuale od automatica) della curva di dispersione sperimentale, e sua visualizzazione nel dominio della frequenza o della lunghezza d'onda.

E - Generazione di una curva di dispersione, basata su modello sintetico del terreno, mediante la caratterizzazione, per ciascuno strato, dello spessore dello strato stesso, della velocità delle onde S, della velocità delle onde P, della densità del terreno. Inversione del modello sintetico in modalità interattiva o automatica (inversione basata sulle velocità delle onde S o sugli spessori degli strati).

F - A seguito della interpretazione eseguita viene fornito anche il valore della Vs30 del sito, consentendone la classificazione secondo le normative tecniche, attualmente in corso, in materia di progettazione antisismica.

Acquisizione di dati per analisi MASW

Acquisire dati per indagini MASW non è troppo diverso rispetto un'acquisizione per studi a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni (i normali geofoni a componente verticale se desideriamo analizzare le onde di Rayleigh o quelli a componente orizzontale per le onde di Love) allineati con la sorgente (vedi figura) ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello) per generare onde di Rayleigh o una "di taglio" per quelle di Love (i dati di acquisizione della prova eseguita in sito, sono riportati in tabella successiva).



Stendimento sismico.

Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata) e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh. Nel caso si utilizzino invece geofoni a componente orizzontale (con asse perpendicolare allo stendimento) e sorgente "di taglio", si otterrà un dataset utile all'analisi delle onde di Love.

Su copertura sedimentaria	
Distanza tra geofoni (m)	2,00 metri
Lunghezza totale	60,00 metri
Distanza sorgente-primo geofono (m)	I° offset = 7,00 metri II° offset = 8,00 metri
Geofoni per le Rayleigh orizzontali	Comuni geofoni a componente orizzontale
Frequenza	4,50 Hz
Tempo di registrazione (s)	1 secondo
Numero di geofoni	24
dt (intervallo di)	0.00025 s (0.25 ms, 0.25 millisecondi)
Raccomandazioni	Nessun AGC (Automatic Gain Control) Nessun filtro Stesso valore di guadagno per tutti i canali (evitando che le tracce vicine vadano in saturazione e, contemporaneamente, non perdendo segnale a quelle lontane)

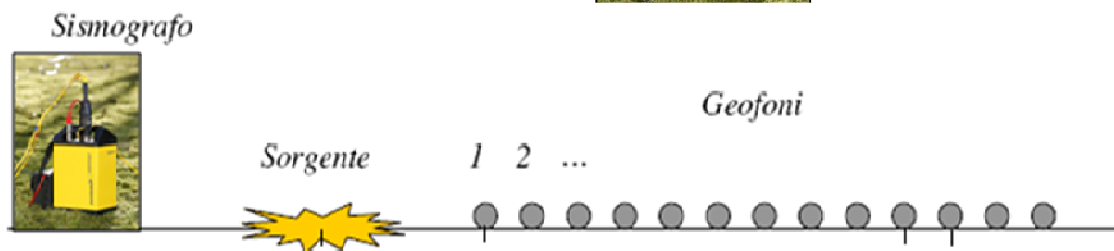
Dati riassuntivi riguardo i parametri di acquisizione suggeriti per acquisizioni MASW su terreni sedimentari sciolti.

Materiale	Vs (m/s)
Suoli scadenti e torbe	60 – 130
Suoli compatti	130 – 350
Suoli molti compatti e	350-600
Roccia tenera od	600-1000
Roccia integra	> 1000

Valori indicativi della VS per alcuni materiali.



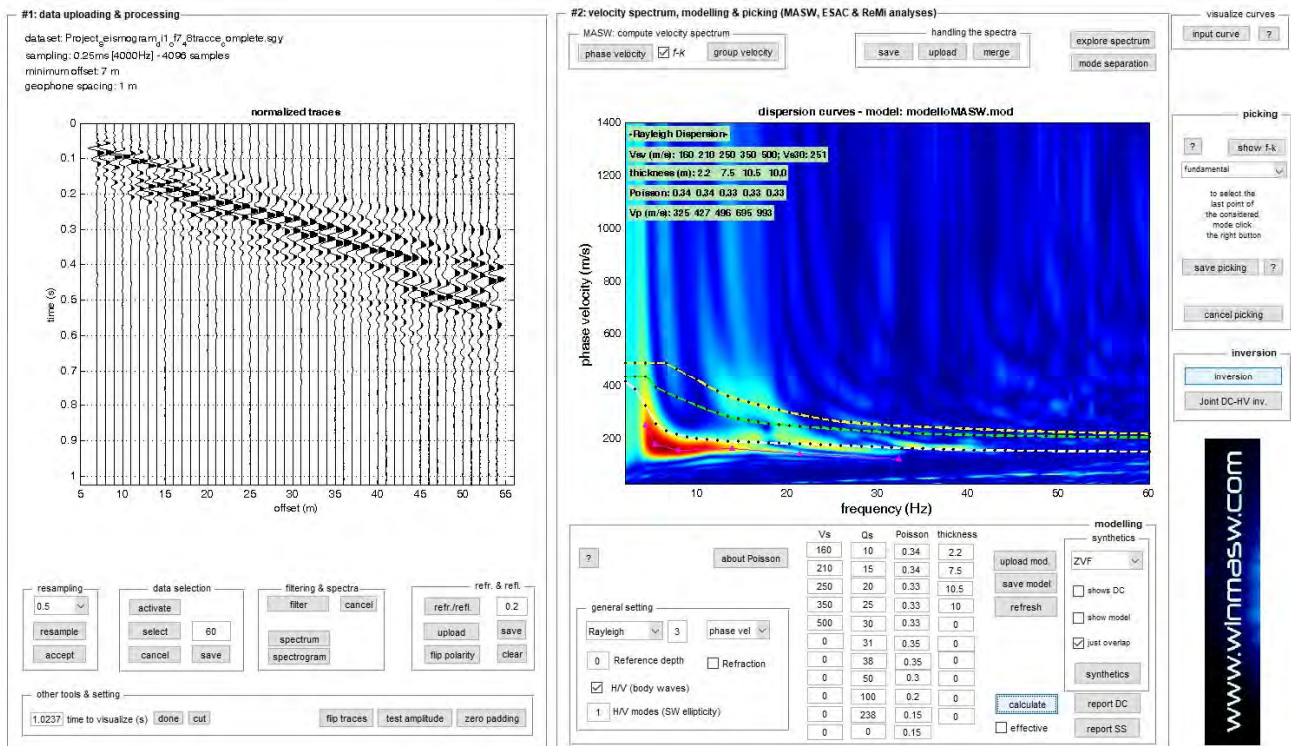
Sismografo DMT mod. Summit II
Geofono Geospace da 4,50 Hz utilizzato



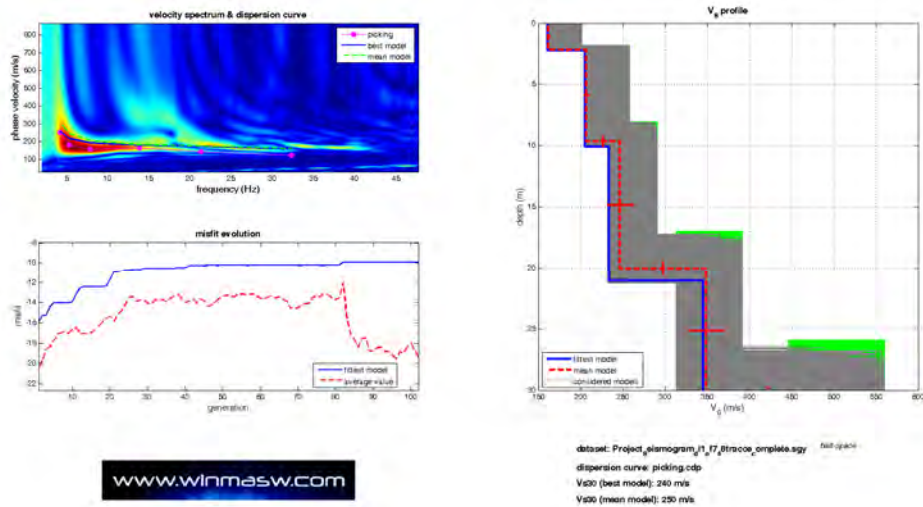
Stendimento sismico

Elaborazione dati per analisi MASW

Il profilo MASW indicante gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nell'area esaminata è riportato a margine; si riportano di seguito i principali parametri sismici elaborati (software WIN-MASW).



Schermata di calcolo con sismogramma e spettro



migliore modello e modello medio dalla curva di dispersione

dispersion curve or velocity spectrum

input file: number of traces: 49, sampling: ms, minimum offset: 7 m, geophone spacing: m

analysis: Rayleigh, phase vel

number of layers & constrains

option#1: 2, number of layers, small SS, reference model, force search space

option#2 (recommended):

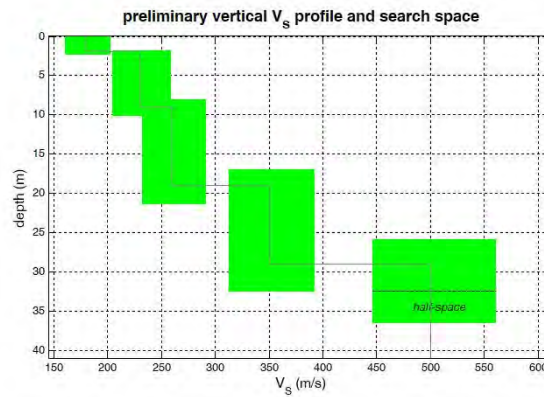
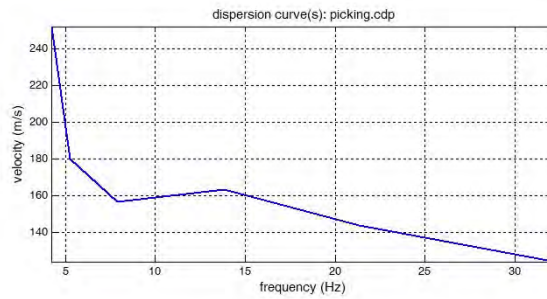
inversion (genetic) menu

80 individuals/models (min 8 - max 7000), 80 generations (min 8 - max 400), Vp & density optimization

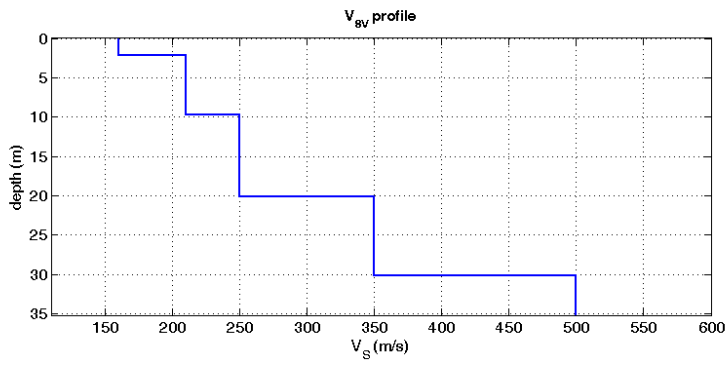
FVS & effective ZVF inversion

ZVF (Ray: vert. source & vert...), 30 max depth to plot (m), 8 number of modes, variability (%) for Qs and Poisson values, outputting: output folder, RUN

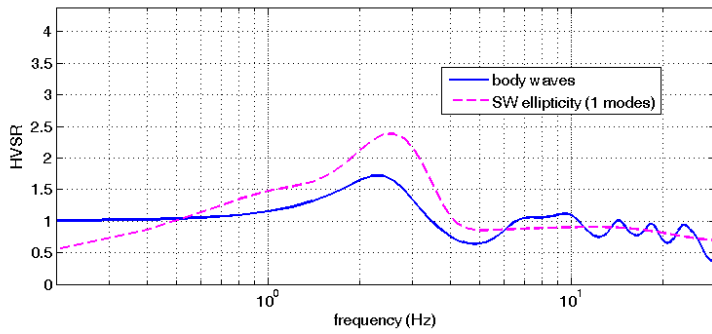
www.wlnmasw.com



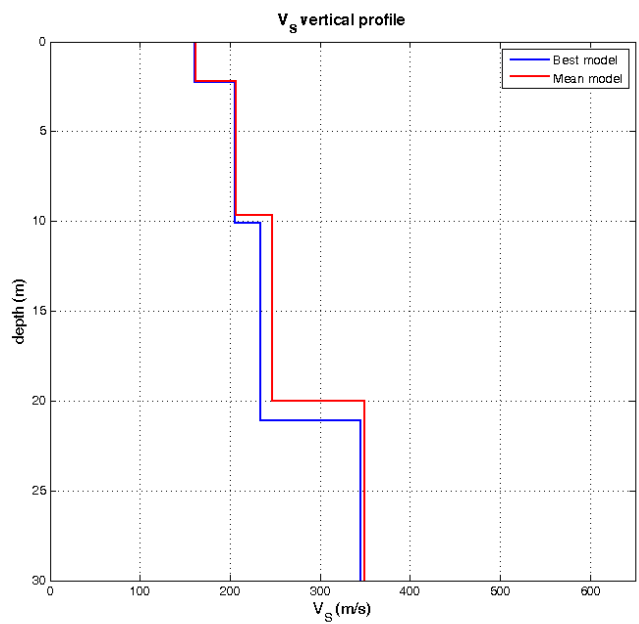
Schermata di calcolo con sismogramma e spettro

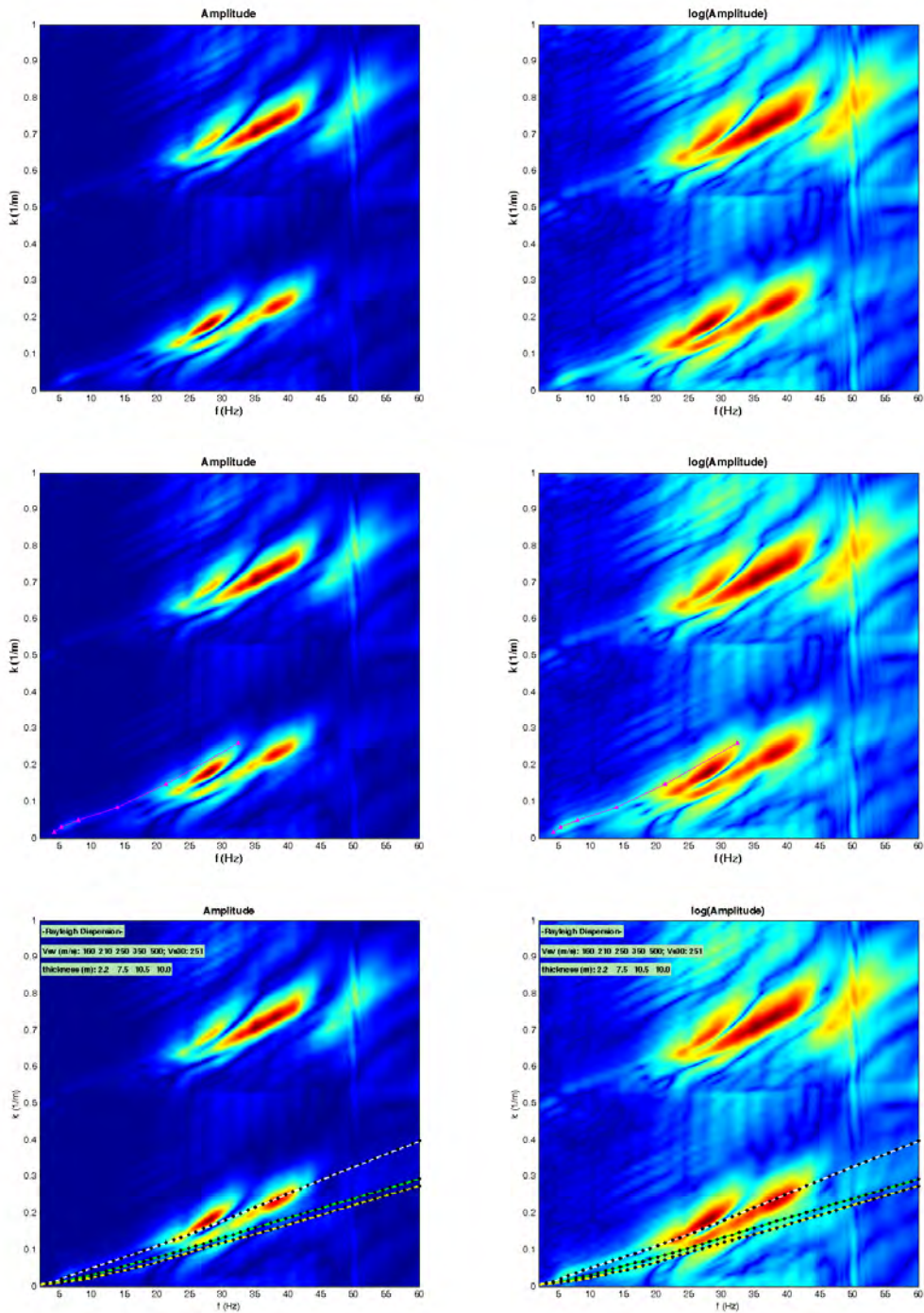


**profilo del terreno e
frequenza del terreno**



**modello del terreno
con velocità delle onde S e spessori**





Spettri di dispersione con picking della curva e modello migliore

Acquisizioni di sismica passiva per analisi H/V

(Rapporto Spettrale H/V)

Data la semplicità delle acquisizioni si sottolineano schematicamente solamente alcuni punti da non trascurare durante la acquisizione in campagna:

1. La frequenza più bassa da considerare va scelta sulla base delle caratteristiche dello strumento utilizzato, dei geofoni e della calibrazione dell'ampiezza
2. dato l'uso molto "di campagna" è naturale che col tempo le caratteristiche dei geofoni cambino: per assicurare che le ampiezze siano significative una calibrazione è di tanto in tanto necessaria.
3. frequenza di campionamento del dato in campagna: molti pensano che più dati ho meglio è, ma non è così: l'intervallo di campionamento dipende dallo scopo dell'indagine. Per scopi geologici tipicamente 128-256Hz bastano.

Si potrebbe anche campionare ad una frequenza maggiore e poi, prima di eseguire le analisi, ri-campionare (resampling) ad una frequenza minore (suggeriamo 128Hz): se analizzassimo dati campionati a frequenza troppo alta i tempi di calcolo aumenterebbero di parecchio.

4. attenzione ai picchi di natura antropica: se ne individuate effettuate l'operazione di picking salvando poi appunto la curva "pulita", scevra da elementi antropici. Sarà questa curva puramente "geologica" che andremo ad utilizzare nell'analisi congiunta MASW + H/V.

Stendimento	Postazione singola
Tipo velocimetri	Comuni velocimetri in posizione X, Y, Z
	4.5 Hz
Tempo di registrazione (s)	20 minuti
	(in singolo file della complessiva di 20 minuti)
Numero di geofoni	3

Descrizione del metodo HVSR

La tecnica, in origine proposta da Nogoshi e Igarashi (1971), in seguito diffusa da Nakamura (1989), consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali e quello della componente verticale dei microtremori sismici ambientali (H/V) registrati da una singola stazione.

Tale tecnica costituisce una parte importante nella valutazione del rischio sismico di un determinato sito perché permette di calcolarne la frequenza fondamentale o frequenza di risonanza.

Trattasi di una sismica passiva dove il rumore sismico è rappresentato da sismi e da perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. che si propagano come onde superficiali di Rayleigh. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni (UNI9916).

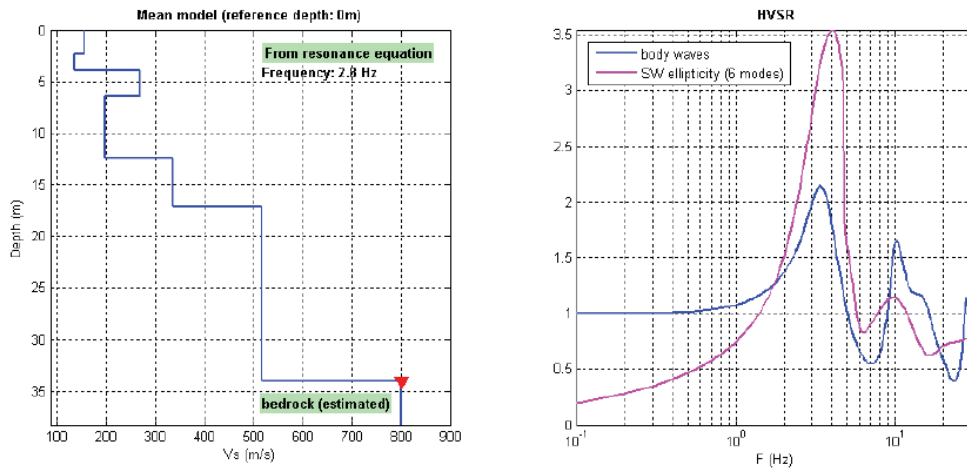
Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti.
2. Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti.
3. Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti.
4. Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate.
5. Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.
6. Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

Pur essendo molto serrato il dibattito in merito al valore del rapporto H/V, vi sono alcuni concetti generali che trovano largo consenso:

- a) il valore H/V dipende da una complessa interazione di onde di superficie (non solo di Rayleigh ma anche di Love) e in parte onde di corpo, dove il peso relativo delle singole componenti dipende dalle caratteristiche del sito;
- b) adottando diversi tipi di modellazione, basati cioè sui vari tipi di onde, pur variando il rapporto spettrale H/V, il picco principale che determina il periodo proprio del sito si verifica essenzialmente alla stessa frequenza;
- c) non è possibile mettere in relazione il valore del picco H/V ed il valore del fattore di amplificazione litologica (F_a), per la cui valutazione occorre far riferimento alle norme regionali;
- d) dal solo valore H/V non è possibile, o è molto arduo, ricavare informazioni sulle V_s , pertanto occorrerà affiancare misure MASW.

In merito a quest'ultimo punto si aggiunge che per una corretta modellazione sismica, attraverso acquisizione di onde registrate in superficie, occorre l'analisi congiunta di curve di dispersione derivanti da misure MASW + curve H/V. Ciò darà la possibilità di far coincidere il più fedelmente possibile le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e far coincidere contestualmente la frequenza (e non tanto l'ampiezza) del principale picco della curva H/V, ovvero quel picco che è legato al più profondo contatto litologico "significativo".



Nell'esempio di modellazione del rapporto H/V spettrale, a partire da un modello di V_s , ottenuto con misure MASW (sulla sinistra), si nota come i picchi, in particolar modo del periodo fondamentale, avvengano alla stessa frequenza e sia solo il valore del picco a differire.

In pratica, una volta ottenute le curve di dispersione e le V_s da MASW, l'utilità delle misure H/V risiede nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza del sito e a vincolare il modello V_s specialmente in profondità.

La frequenza è l'inverso del periodo (T_0)

$$T_0 = 4H/V_s$$

dove:

V_s = V_s media sino al bedrock

H = spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock (orizzonte con forte contrasto di V_s , che dà origine ad un picco dell'H/V)

Scelta delle frequenze di interesse

È utile avere un'idea del range di frequenze utile entro cui si può calcolare l'HVSr.

Se ad esempio la frequenza di campionamento è di 200 Hz, significa che, per il teorema di Nyquist, non sarà assolutamente possibile visualizzare frequenze superiori a $200/2 = 100$ Hz.

Il limite inferiore che si può raggiungere in frequenza dipende dai sensori utilizzati, dalla qualità dell'acquisitore, dalla durata della registrazione e dalla scelta delle finestre. Come regola generale (anche se molto empirica) si può considerare che la frequenza più bassa osservabile (o almeno decentemente osservabile) si ha dividendo la durata del campionamento per 10, ad esempio $1200 \text{ secondi}/10 = 120 \text{ secondi} = \text{circa } 0,008 \text{ Hz}$, per un'acquisizione di 20 minuti.

Questo calcolo è del tutto teorico in quanto presuppone che venga utilizzata una sola finestra comprendente l'intera registrazione. Nella pratica si utilizzano molte finestre più brevi e la minima frequenza raggiungibile dipenderà dalla durata di queste finestre: se ad esempio si usano finestre di 60 secondi si potrà osservare fino a $60/10 = 6 \text{ secondi} = \text{circa } 0,17 \text{ Hz}$.

La scelta della frequenza è particolarmente importante poiché se nell'acquisizione si inserisce una frequenza massima oltre la frequenza di Nyquist, il rapporto H/V oltre tale frequenza sarà piatto.

Se si inserisce una frequenza minima inferiore alla frequenza corrispondente a un decimo della lunghezza delle finestre temporali utilizzate il rapporto non è affidabile.

Da un punto di vista geologico le frequenze di maggior interesse variano da 0,50 a 20,00 Hz, pur essendo sufficienti campionamenti con il doppio di tale frequenza, si è preferito adottare un campionamento del segnale a 300,00 Hz che offre un dato più che soddisfacente sia per i principali scopi di carattere geologico, sia per approfondimenti di natura ingegneristica.

Verifica del rispetto dei criteri SESAME con Software winMASW

Il documento che stabilisce le linee guida per l'esecuzione di indagini HVSR, redatto nell'ambito del progetto SESAME, indica una serie di criteri che la curva risultante dall'indagine e l'area circostante la frequenza di picco, o f_0 , dovrebbero soddisfare, noti come criteri SESAME.

Il fatto che i criteri siano soddisfatti non implica necessariamente che l'indagine sia stata effettuata correttamente; viceversa, quando i criteri non sono soddisfatti non significa che l'indagine sia da scartare a priori.

In ogni caso, la verifica del rispetto di questi criteri si rivela spesso utile per determinare se l'indagine è rilevante dal punto di vista geofisico o se ci sia la necessità di approfondire ulteriormente la situazione.

L'operazione preliminare è la scelta della frequenza alla quale verificare il rispetto dei criteri, che sarà identificata come f_0 : questa è solitamente la frequenza di picco, ovvero la frequenza a cui si trova il punto massimo della curva H/V.

Il software winMASW adottato verifica riportando **(OK)** per i criteri verificati e **(NO)** per quelli non verificati.

I criteri SESAME, come riportati nel documento ufficiale, sono elencati nel prospetto seguente.

<p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ <i>and</i></p> <p>ii) $n_c(f_0) > 200$ <i>and</i></p> <p>iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$ • f' = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f') < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{min} = lower-bound estimate of h
<p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f' \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [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	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

I primi tre criteri riguardano l'affidabilità della curva nel suo insieme e la correttezza delle finestre temporali scelte per l'elaborazione.

1. Il criterio richiede che in ogni finestra temporale la componente del segnale alla frequenza di picco compia almeno 10 cicli. Ad esempio, se la f_0 è 0,5 Hz, corrispondente a un periodo di 2 secondi, le finestre temporali devono essere lunghe almeno 20 secondi; se le finestre sono lunghe 30 secondi, si avranno 15 cicli. La formula riportata nei criteri presuppone che tutte le finestre siano della stessa lunghezza; se le finestre sono di lunghezza diversa il criterio andrebbe verificato per ogni finestra.

*2. Perché il criterio sia rispettato, la somma del numero di cicli di tutte le finestre deve essere superiore a 200. La formula riportata nei criteri presuppone che tutte le finestre siano della stessa lunghezza; se le finestre sono di lunghezza diversa va effettuata la somma dei risultati dell'operazione $f_0 * lw$ effettuata per ogni finestra, in cui lw è la lunghezza in secondi di ogni finestra.*

3. Secondo questo criterio, la deviazione standard del rapporto H/V nell'intervallo di frequenze compreso tra la metà e il doppio di f_0 deve essere inferiore a 2 o a 3 in base al valore di f_0 .

Questi primi tre criteri dovrebbero essere tutti rispettati.

I sei criteri seguenti riguardano invece la chiarezza del picco, sia rispetto alle frequenze circostanti la f_0 che alla sua stabilità nei rapporti H/V delle singole finestre.

4. Questo criterio indica che, nell'intervallo di frequenze compreso tra la f_0 e un quarto di f_0 esista almeno una frequenza per cui il valore di ampiezza del rapporto H/V sia minore della metà dell'ampiezza alla frequenza f_0 ; ciò significa quindi che il picco deve essere ben distinto rispetto al resto della curva alle frequenze più basse di f_0 .

5. Questo criterio è simmetrico rispetto al precedente, richiedendo che sia soddisfatta la stessa condizione nell'intervallo di frequenze comprese tra f_0 e il suo quadruplo.

6. Secondo questo criterio l'ampiezza del rapporto H/V alla frequenza f_0 deve essere maggiore di 2.

7. Le curve di confidenza solitamente presentano anch'esse un picco in corrispondenza del picco della curva media. Perché questo criterio sia rispettato la frequenza del picco delle curve di confidenza deve trovarsi nell'intervallo di frequenze delimitato dalla $f_0 \pm 5\%$.

8. Il picco evidenziato nella curva H/V media si trova anche nelle curve ricavate dall'elaborazione sulle singole finestre temporali, a una frequenza simile a f_0 . Questo criterio richiede che la deviazione standard della frequenza del picco nelle singole finestre si mantenga al di sotto di una soglia dipendente da f_0 ; le soglie sono indicate nell'apposita tabella sopra riportata.

9. Quest'ultimo criterio richiede che la deviazione standard dell'ampiezza della curva H/V media del singolo punto alla frequenza f_0 si mantenga al di sotto di una soglia dipendente da f_0 ; le soglie sono indicate nell'apposita tabella sopra riportata.

Perché il picco sia ritenuto chiaro, almeno cinque di questi sei criteri devono essere soddisfatti.

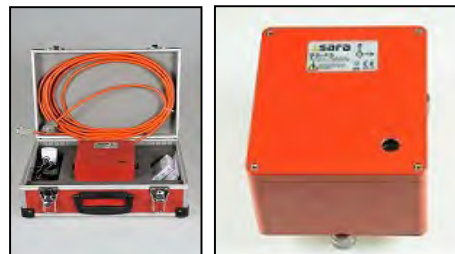
CARATTERISTICHE VELOCIMETRO

Produttore: SARA Electronics Instruments Perugia

Modello: GEOBOX 3CH 24 BIT + SS45 PACK

Velocimetri: terna X, Y, Z da 4,50 Hz

Modello: PF SR04 GBX-45-NNG matricola 0893



Acquisizioni di sismica passiva per analisi H/V

Elaborazione dati analisi Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

I dati acquisiti in campagna con la terna velocimetrica indicata sono stati elaborati con software WIN-MASW; tali dati serviranno, successivamente anche per l'analisi congiunta MASW-HVSR.

Date: 19 10 2021

Dataset: MT 20211119 093929.SAF

Sampling frequency (Hz): 300

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 20.0

Tapering (%): 10

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.25 ($\neq 0.20$)

Peak HVSR value: 2.90 ($\neq 0.80$)

Criteria for a reliable H/V curve

#1. $[f_0 > 10/Lw]: 14.542 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]: 34029 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

#1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]: \text{yes, at frequency } 3.70\text{Hz}$ (OK)

#2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]:$ (NO)

#3. $[A_0 > 2]: 2.8 > 2$ (OK)

#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \neq \sigma_A(f)] = f_0 \neq 5\%]:$ (OK)

#5. $[\sigma_{mf} < \epsilon(f_0)]: 5.434 > 0.727$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.562 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.

show data reset show toolbar

step01 (optional) - decimate
 128Hz new frequency resample

step02 - HV computation
 remove events both Rad. & Tr. clean axes
 20 window length (s)
 10 tapering (%)
 5% spectral smoothing (triangular window)
 show particle motion (raw data)
 full output compute

step02a (optional) - directivity analysis
 compute max freq 32 Hz

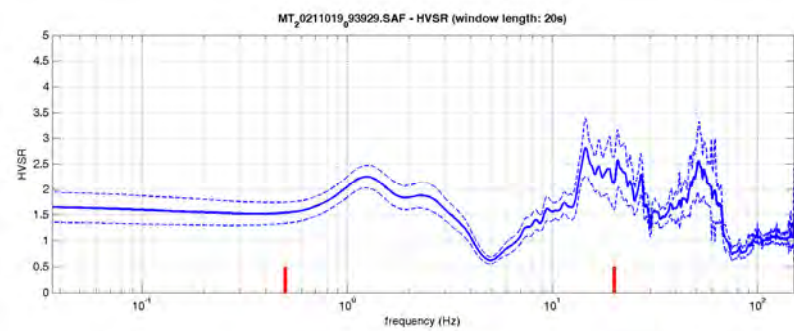
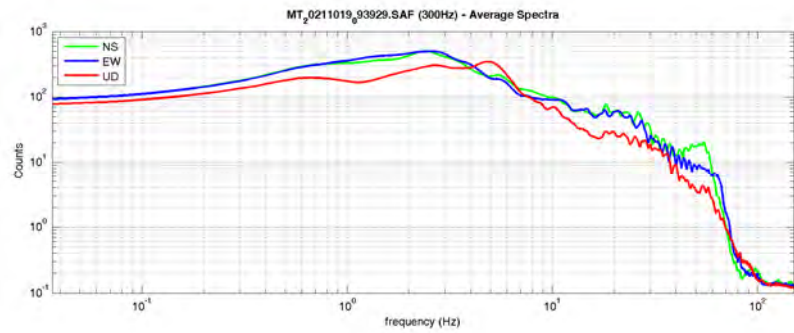
step02b (optional) - directivity over time
 directly in time time step: 0.0 s

save - option01: save HVSR as it is
 Save HV from 0.25 to 64 Hz
 save HV curve (as it is)

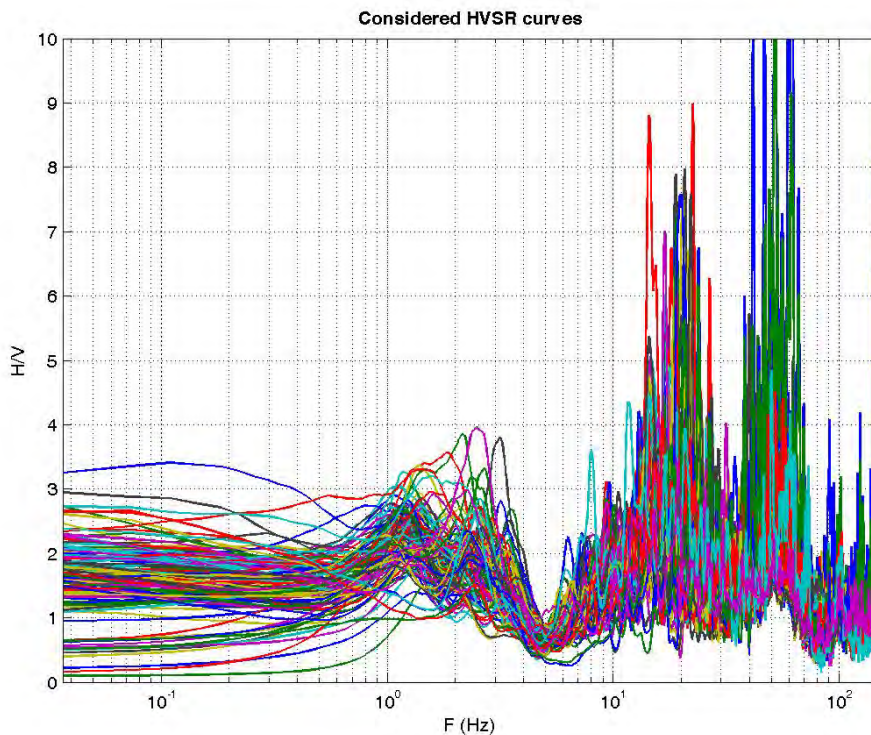
save - option02: picking HV curve
 pick HV curve save picked HV
 compute SESAME for picked curve

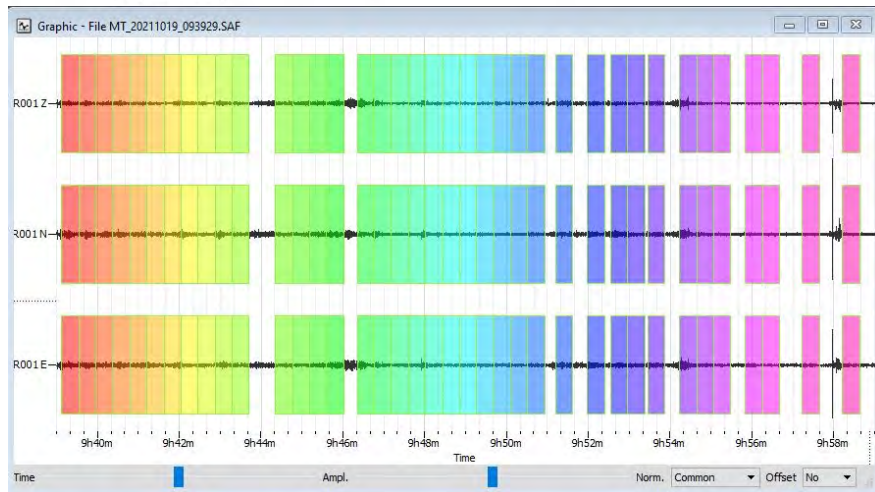
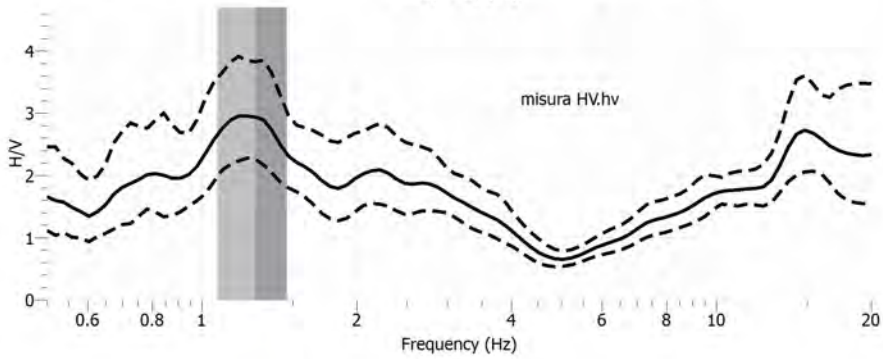
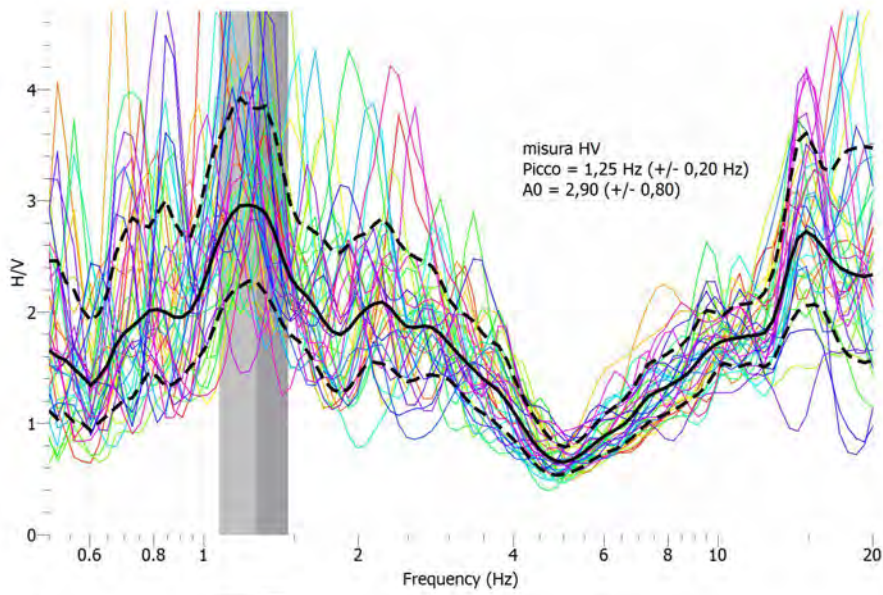
quick analysis (f vs |B|)
 180 average 1/s (m/s)
 (from surface to bedrock)
 20 depth of the bedrock (m)
 1000 1/s of the bedrock
 clean compute

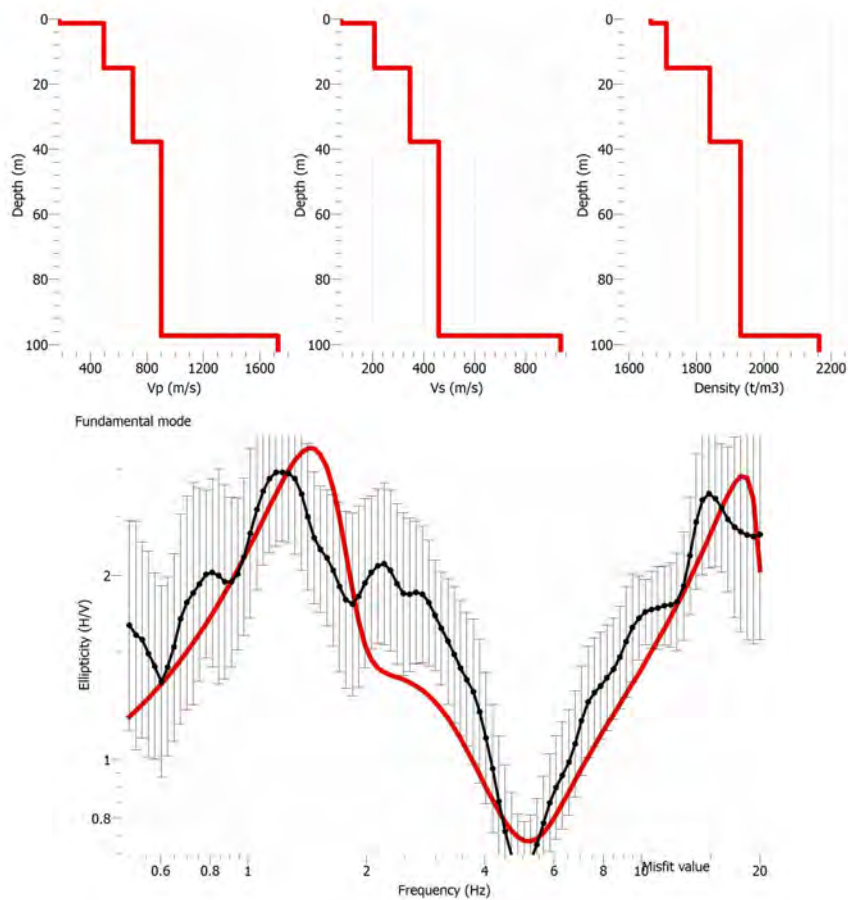
www.winmsw.com



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve







RELAZIONE TRA MASW E RAPPORTO SPETTRALE H/V

Le misure H/V forniscono indicazioni sul periodo di sito, ovvero la frequenza di risonanza da considerare in fase di progettazione, ma non danno il valore del fattore di amplificazione (F_a) e non consentono, se usate da sole, in nessun modo di determinare le V_s (e quindi nemmeno la V_{s30}).

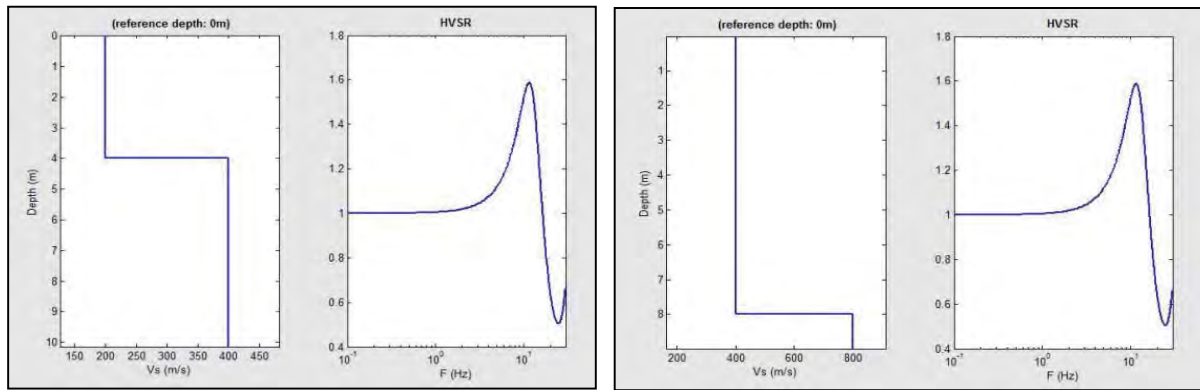
Le misure MASW forniscono le V_s ma hanno, come tutti i metodi indiretti, un problema di non univocità, nel senso che modelli diversi possono avere curve di dispersione simili.

In sintesi, avere solo dati MASW ci consente di definire le V_s , avere dati H/V ci consente di definire il periodo proprio del sito (picco della funzione H/V).

Nelle immagini che vengono di seguito proposte si evidenzia che modelli completamente diversi possono avere curve H/V simili.

Modello n. 1 ($V_s = 200$ e 400 ; spessore primo strato = 4 m)

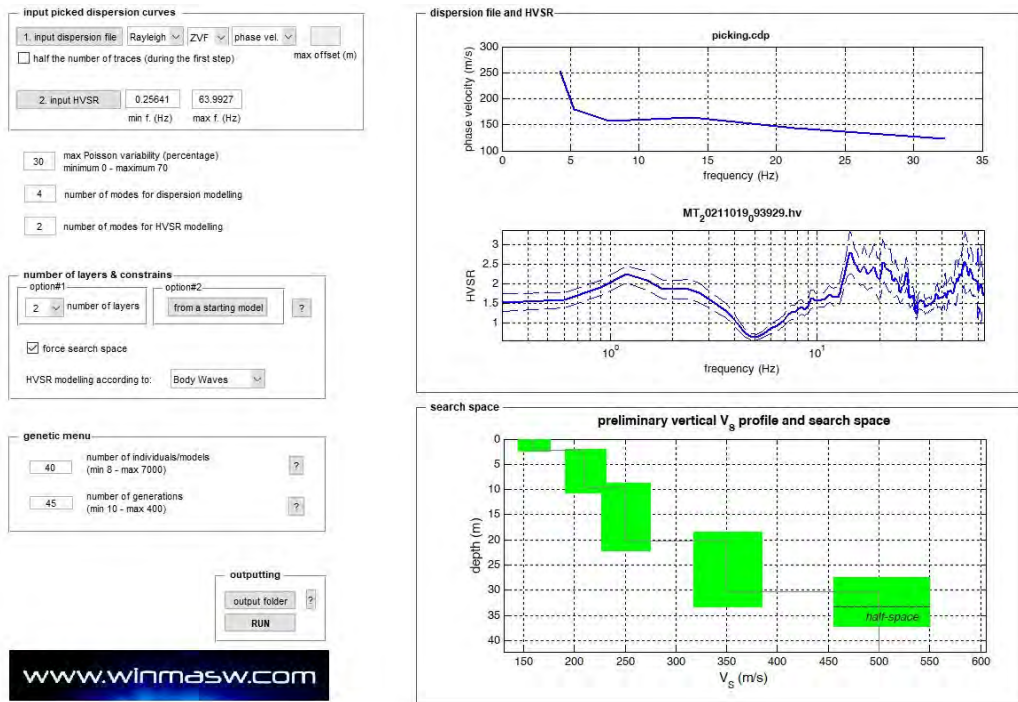
Modello n. 1 ($V_s = 200$ e 400 ; spessore primo strato = 4 m)

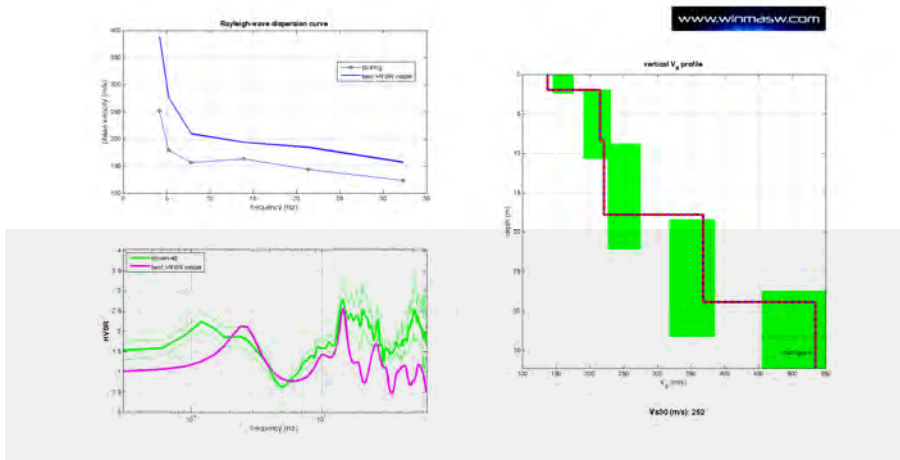


In pratica una volta verificata l'attendibilità del modello scaturito da MASW e della Curva H/V, l'elaborazione congiunta offre la possibilità di risolvere problemi di non-univocità, vincolando il modello Vs specialmente in profondità, in funzione del substrato profondo individuato dal rapporto spettrale H/V.

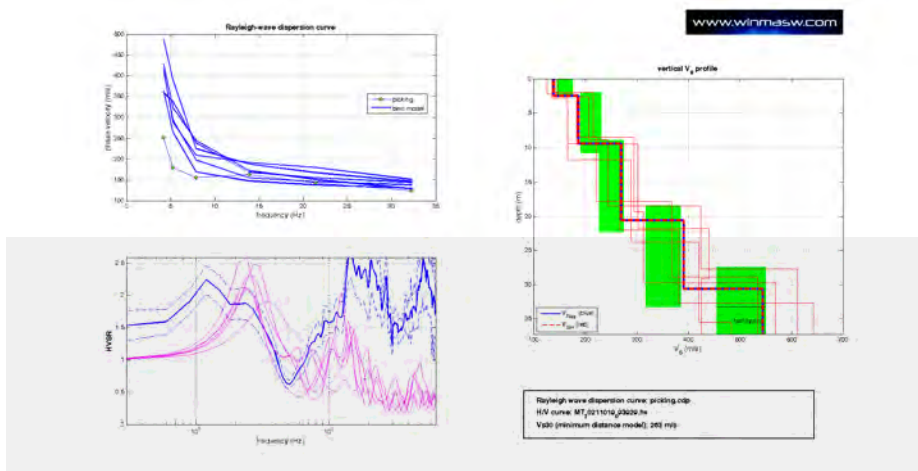
MASW – HVSr Profilo sismico con elaborazione congiunta

Joint Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves and HVSr Elaborazione dati per analisi congiunta MASW-HVSr Analysis: Rayleigh Waves



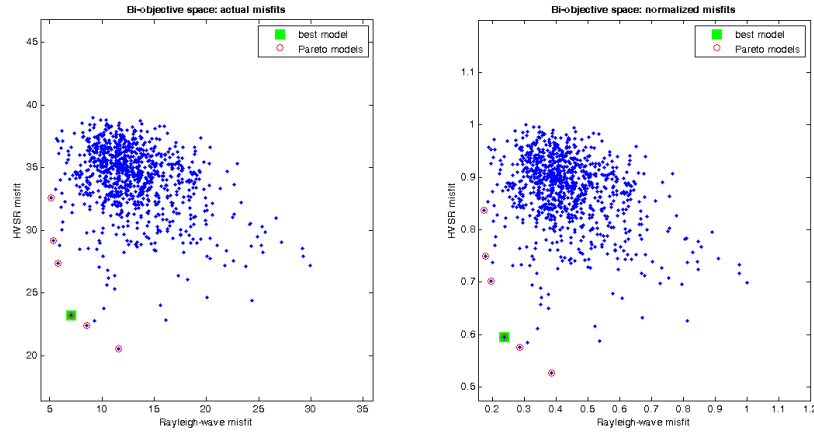


Schermata di calcolo con curva di dispersione e spettro di frequenza del sito in basso il modello di calcolo da cui è stato ricavato il modello del terreno

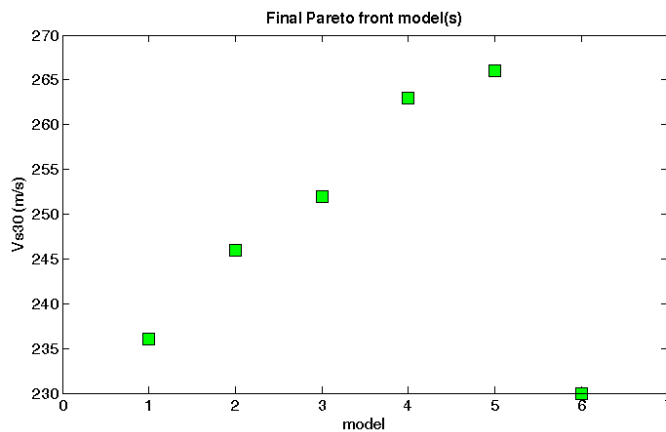


Schermata di calcolo con curva di dispersione e spettro di frequenza del sito in basso il modello di calcolo da cui è stato ricavato il modello del terreno

migliore modello del terreno (Grafici di Pareto errore dei modelli migliori)



modelli di terreno (con valore del Vs30 e numero modelli)



MASW - HVSr

Profilo sismico con elaborazione congiunta "MASW" - "HVSr"

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)	Vs (m/sec)	Vp (m/sec)	Poisson %
		Sondaggio	X					
		Pr. Penetrom.	X					
strato 1	Terreno vegetale e riporto		2,50	0,00	2,50	140	300	0,33
strato 2	Limi e limi sabbiosi grossolani		6,90	2,50	9,40	185	400	0,33
strato 3	Limi e limi sabbiosi grossolani		11,20	9,40	20,60	270	480	0,33
strato 4	Limi e limi sabbiosi grossolani		10,10	20,60	30,20	390	680	0,32
strato 5	Limi ed argille		Semiconfinato	30,20	>40,00	545	1020	0,32
			Indagato ≈ 40	Indagata ≈ 40				

VALORE VS, EQ = 250 M/SEC

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3 NTC 2018) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) secondo: $V_{s,eq}$

Categoria suolo tipo: C

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

TIPOLOGIA E NUMERO DI INDAGINI

Per la caratterizzazione stratigrafica e per la stima dei parametri elasto-dinamici del sito oggetto d'intervento, è stata eseguita una campagna di indagine con sismica passiva ed attiva di superficie così come descritto in premessa; da tale informazione si può definire una velocità ponderata delle onde S, **a vantaggio di sicurezza**, pari ai un

VALORE $V_{S,eq} = 250$ M/SEC

CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO SISMICO INDICAZIONE DELLA ZONA SIMOGENETICA

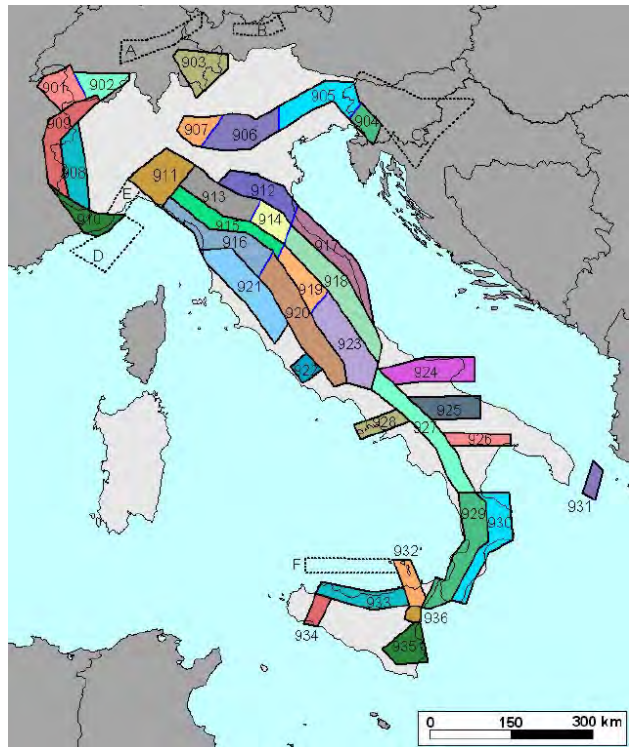
La Zonazione sismogenetica per il territorio nazionale, denominata ZS9, è stata eseguita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Meletti e G. Valensise - marzo 2004) che rappresenta il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone della precedente Zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000) e dell'introduzione di nuove zone.

Zonazione sismogenetica ZS4



L'obiettivo di questa ricerca è stato la realizzazione di un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, tenendo in considerazione soprattutto le indicazioni e gli spunti che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali (tra gli altri Bormio 2000, Monferrato 2001, Merano 2001, Palermo 2002, Molise 2002) localizzati al di fuori delle zone-sorgente in essa definite.

La Zonazione sismogenetica ZS9 è costituita da 36 zone-sorgente identificate con un numero (da 901 a 936) o con una lettera (da A ad F).



Zonazione sismogenetica ZS9

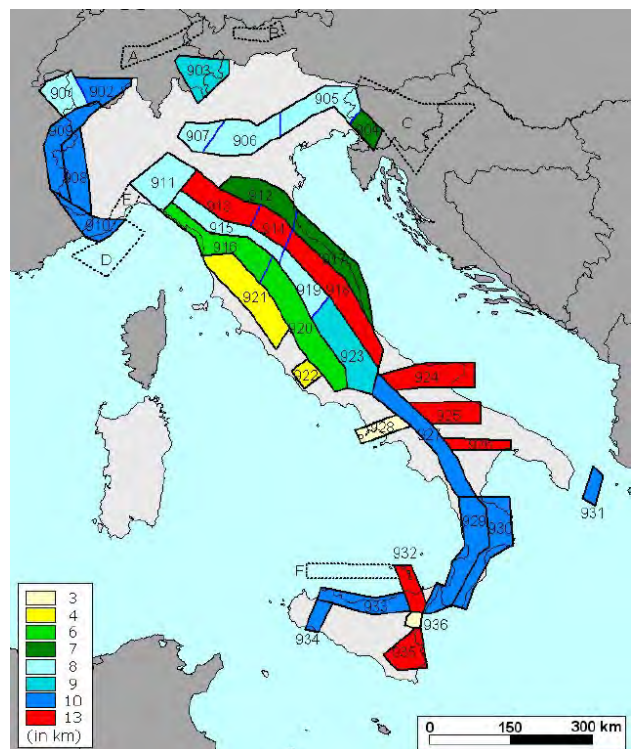
L'area di studio è prossima alla zona 927 (Appennino meridionale - ZS dalla 924 alla 928) ed alla zona 924. La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da 923 a 928 in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto a ZS4.

La zona 927 e 923 includono l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990).

Tale zona comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). La zona 57 di ZS4, corrispondente alla fascia costiera tirrenica, è stata in gran parte cancellata. Infatti, si ritiene che, in caso di zonazione della fascia tirrenica, la sismicità non sarebbe tale da consentire una definizione affidabile dei tassi di sismicità. Peraltro, il contributo che verrebbe alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927 e 923. Come in ZS4, anche in ZS9 la zonazione dell'Appennino meridionale risulta condizionata dalla presenza del dominio estensionale intrappenninico.

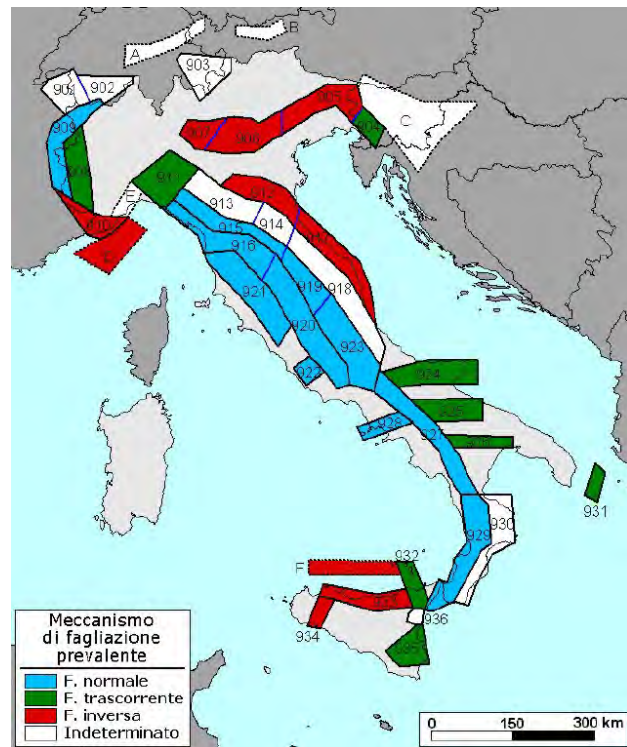
La profondità efficace vale a dire quella profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, per la zona 927 e 923 è di circa 10 chilometri.

Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9



Il meccanismo di fagliazione prevalente per la zona 927 e per la zona 923, dove per meccanismo prevalente si intende quello che ha la massima probabilità di caratterizzare futuri terremoti significativi, è di tipo diretto.

Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche che compongono ZS9



Inquadramento geologico-geofisico della Campania

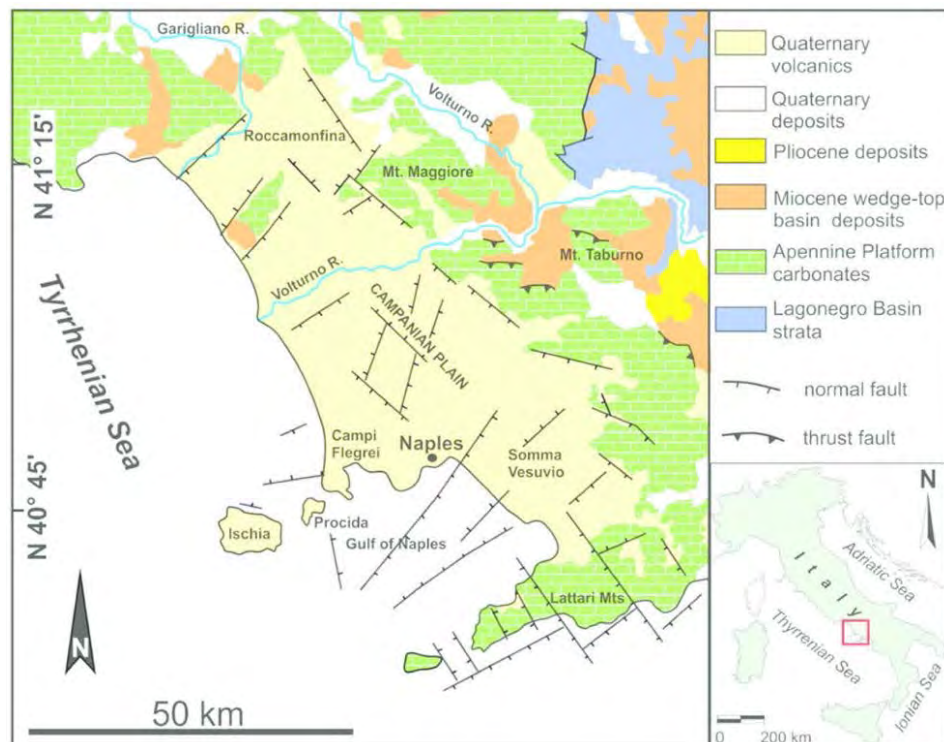
Il territorio comunale di Sessa Aurunca è situato al margine settentrionale della Piana Campana, un'ampia depressione (graben) che si estende dalle propaggini dell'Appennino fino al mar Tirreno.

La genesi del margine campano si inserisce nella più ampia evoluzione geodinamica dell'Italia e del Mediterraneo caratterizzata dallo scontro della Placca Africana con la Placca Euro-Asiatica, che ha portato alla formazione della catena alpina e successivamente degli Appennini (legati alla subduzione della Placca Africana al di sotto di quella Euro-Asiatica).

In particolare, l'assetto strutturale della Piana Campana è legato alla tettonica distensiva che ha interessato il sistema Appennino - Mar Tirreno (bacino di retroarco) negli ultimi stadi della sua evoluzione, tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene.

I bordi della Piana sono caratterizzati da faglie dirette, ad orientamento NE-SW, NW-SE e E-W, delimitanti i massicci carbonatici che costituiscono le strutture marginali del graben.

A queste strutture tettoniche recenti sono connessi anche i fenomeni vulcanici dei Campi Flegrei, del Somma-Vesuvio e del Roccamonfina. Le zone vulcaniche sono ubicate laddove le faglie hanno determinato il maggior rigetto e quindi il massimo approfondimento.



Carta geologico-strutturale schematica della Campania, (Vitale e Isaia, 2014)

La Piana è caratterizzata da forti spessori di sedimenti di ambiente continentale e subordinatamente marino, talora con importanti intercalazioni di materiali vulcanici.

Tali sedimenti ricoprono la formazione calcarea ribassata a notevoli profondità mediante faglie dirette durante le fasi successive alla formazione della catena appenninica.

La messa in posto delle coltri sedimentarie è avvenuta durante il Mesozoico in ambiente di mare da basso a profondo. I banchi calcarei così costituiti furono successivamente impilati in una serie di falde a sovrascorrimenti e pieghe est-vergenti durante l'orogenesi appenninica.

Nella Piana Campana tali unità sono state dissecate in una serie di horst e graben e ribassate a profondità maggiori di 3 km, come testimoniano alcune perforazioni profonde (circa 3 km) eseguite dall'AGIP tra gli anni '60 e '80, che non hanno rivenuto il top di tali unità.

Le serie sedimentarie che affiorano intorno alla Piana (ad est, a nord del Roccamonfina e a sud lungo la penisola Sorrentina e isola di Capri) consistono prevalentemente di carbonati di piattaforma la cui età varia dal Triassico al Cretaceo superiore.

Queste sequenze sono spesso coperte da sedimenti concordanti trasgressivi che culminano con depositi di flysch di età miocenica (Barberi et al., 1977).

La subsidenza, fortemente attiva nel Quaternario, è stata principalmente controllata da faglie normali subverticali ad andamento NW-SE e NE-SW, compensata da un tasso di sedimentazione variabile (mediamente 50 – 150 m/Ma con punte di 750 m/Ma) (Romano et al., 1994). Il risultato di tale sedimentazione è stato l'accumulo di notevoli spessori di depositi alluvionali costituiti da termini litologici di granulometria variabile tra le argille e le ghiaie.

Alcuni autori (Romano et al. – 1994) descrivono sei unità stratigrafiche ascrivibili ad ambienti variabili tra Marino, Transizionale e Continentale nel periodo compreso tra il Pleistocene medio- superiore e l'Olocene, rappresentativi di una Piana inizialmente sommersa che poi è progressivamente emersa (Pleistocene superiore). Ciò in concomitanza con il deciso abbassamento del livello del mare legato all'ultima regressione eustatica e alla diminuzione dei tassi di subsidenza (Santangelo, 2011).

Nell'ambito delle fasi di riempimento del Graben della Piana Campana assume particolare rilevanza la messa in posto di materiali di origine vulcanica legati ai principali Apparati presenti: Roccamonfina, Campi Flegrei e Vesuvio.

Con riferimento al territorio in studio, assumono particolare rilevanza gli eventi eruttivi che hanno dato origine alla formazione dell'Ignimbrite Campana (39.000 anni bp) e del Tufo Giallo Napoletano (15.000 anni bp).

Riguardo l'origine dell'Ignimbrite Campana, alcuni autori (Barbieri et al. 1991) (Fisher et al. 1993) (Orsi et al. 1999) (Ortolani et al. 1999) collocano il centro di emissione nell'ambito della caldera dei Campi Flegrei (originatasi a causa dell'eruzione), altri autori (Di Girolamo 1978) (Rolandi et al. 2003) ipotizzano un'eruzione di tipo fissurale lungo fratture in corrispondenza delle faglie che bordano la Piana Campana.

In ogni caso si ritiene che l'eruzione ignimbritica rappresenti l'evento esplosivo più forte della storia vulcanica del mediterraneo degli ultimi 200.000 anni.

La distribuzione del flusso piroclastico dell'Ignimbrite Campana è rappresentata nella figura, dove è evidenziato in giallo (LYT) la facies di tufo giallo litificato (Langella et al., 2013) e in grigio (WGI) la facies di Ignimbrite grigia (Barbieri et al., 1978).

Distribuzione del flusso piroclastico dell'Ignimbrite Campana (da Scarpati, 2005)



Per la continuità, caratteristiche e spessori, l'Ignimbrite Campana costituisce un vero e proprio marker stratigrafico nella Piana Campana.

Si stima che nella fase eruttiva furono prodotti 15–20 Kmc di depositi piroclastici da caduta (Rosi et al. 1999) (Perrotta et al. 2003), circa 54 Kmc di depositi da flusso piroclastico (Scarpati et al. 2014) costituenti il tufo grigio trachitico distribuito su una superficie di circa 30.000 Km² e da 100 Kmc di ceneri co-ignimbritiche distali (Perrotta et al. 2003).

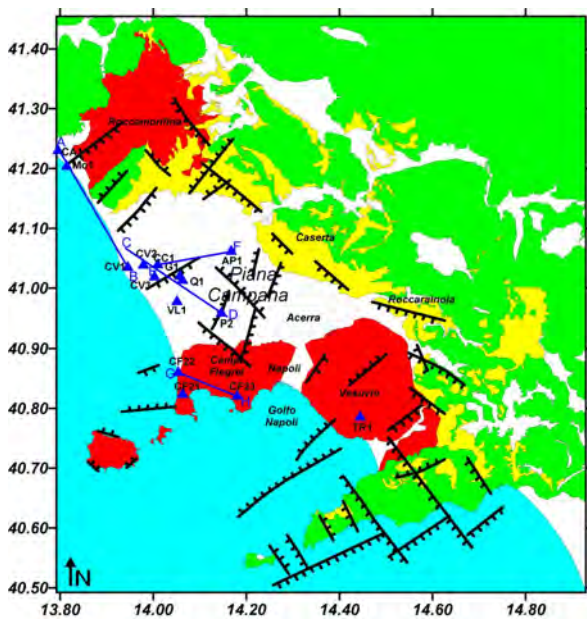
A seguito dei numerosi studi condotti sulla formazione ignimbritica si è passati da una descrizione monotona orizzontalmente e verticalmente (Di Girolamo 1970): depositi tufacei distinti in quattro unità (Cinerazzo, Semitufo, Tufo pipernoide, Piperno) che differiscono per il grado di saldatura crescente dall'alto verso il basso, alla descrizione di dieci unità stratigrafiche (Fedele et al. 2008) (Scarpati et al. 2012) di cui nove depositi di flusso piroclastico distribuiti in modo disomogeneo ed 1 deposito pomiceo da caduta alla base.

La Piana Campana si presenta come un graben riempito da materiale alluvionale e piroclastico che si è sviluppato in seguito alla tettonica distensiva che ha interessato il margine tirrenico a partire dal Pio-Pleistocene, esplicitasi attraverso lineamenti di faglie in direzione NW-SE, NE-SW e E-W, che hanno ribassato le unità sedimentarie meso-cenozoiche affioranti ai bordi della Piana.

Le faglie con andamento NW-SE rappresentano strutture multifase e vari autori suggeriscono che siano caratterizzate da una più antica cinematica normale seguita da una di tipo strike-slip (principalmente laterale sinistra). Queste faglie formatesi nel Pleistocene inferiore diedero origine alle strutture ad horst e graben.

Le faglie normali con andamento NE-SW ed immergenti a SE, danno origine a semigraben riempiti da materiale quaternario e a blocchi piegati immergenti verso NW. Le faglie E-W sono caratterizzate da cinematica laterale sinistra (Torrente et al., 2010 e referenze citate) e sono più antiche delle precedenti (Miocene medio-superiore).

I vincoli principali per la ricostruzione stratigrafica dell'area sono rappresentati dai pozzi profondi perforati dall'AGIP tra gli anni '60 ed '80, per la ricerca degli idrocarburi e a scopo geotermico.



Ubicazione dei pozzi profondi su carta geologica semplificata (modificata da Orsi et al., 1996) con le tracce delle sezioni per i profili stratigrafici.

Legenda

Pozzi:

- Mo1=Mondragone 1;
- CA1= Cellole Aurunci 1;
- CV1-CV2-CV3 = Castel Volturno 1-2-3;
- CC1 = Cancellone 1;
- AP1 =Apramo 1;
- G1=Grazzanise 1;
- Q1=Qualiano 1;
- P2=Parete 2;
- VL1= Villa Literno 1;
- CF 21-22-23 = Campi Flegrei 21-22-23;
- TR1=Trecase 1.

Sismicità storica dell’area di studio

La provincia di Caserta risente della sismicità storica originatasi all’interno delle zone sismogenetiche presenti nella catena appenninica, disposte lungo una fascia orientata NW-SE, comprendente parte delle regioni Molise, Campania e Basilicata.

Questa fascia è definita dalla distribuzione degli epicentri dei terremoti sia storici che recenti. Gli addensamenti degli epicentri, le modalità di rilascio energetico in correlazione con l’assetto geologico-strutturale, permettono di individuare aree sismogenetiche a diverso comportamento sismico. Per tale motivo sono state identificate quattro aree sismogenetiche principali in cui vengono successivamente riconosciute le strutture sismogenetiche attive (Alessio et al., 1993).

Il territorio in esame ricade in un settore regionale che presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica.

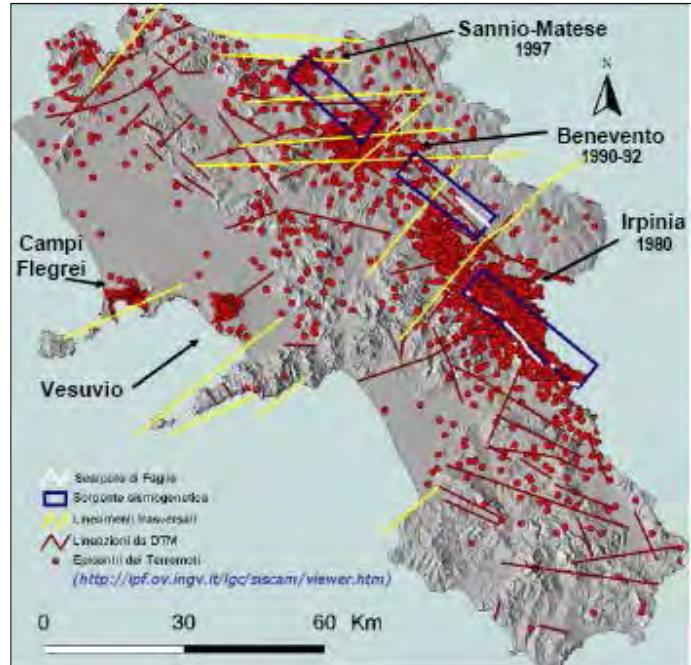
Questa è, infatti, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici.

L'analisi della distribuzione degli effetti prodotti dai terremoti con intensità maggiore dell'VIII grado MCS (Mercalli–Cancani–Sieberg), a partire dal XV secolo fino al terremoto del 1980 (terremoto dicembre 1456; 5 giugno 1688; 8 settembre 1694; 26 luglio 1805; 23 luglio 1930; 21 agosto 1962; 23 novembre 1980), ha evidenziato che gran parte della provincia di Caserta ha subito un danneggiamento valutabile tra il IX e il X grado della scala MCS.

Una stima della pericolosità sismica nella provincia di Caserta per effetto di sorgenti appenniniche può essere effettuata riferendosi al catalogo degli eventi sismici e considerando la legge di attenuazione degli effetti (Grandori et al., 1987) particolarizzata per l'Italia Centro- Meridionale. Analogamente è possibile procedere per quanto riguarda l'accelerazione orizzontale riferendosi alla legge di attenuazione (Sabetta & Pugliese, 1987). In ordine all'intensità sismica, si osserva che le zone della provincia di Salerno risentono fortemente degli effetti dei terremoti con epicentro nell'Irpinia e nella Lucania.

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Sessa Aurunca presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica, al Somma Vesuvio e ai Campi Flegrei.

Isosisme dei maggiori terremoti dell'appennino Campano-Lucano. Le aree a più elevata intensità sono allungate secondo l'asse della catena



Per quanto riguarda la catena appenninica, essa ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici.

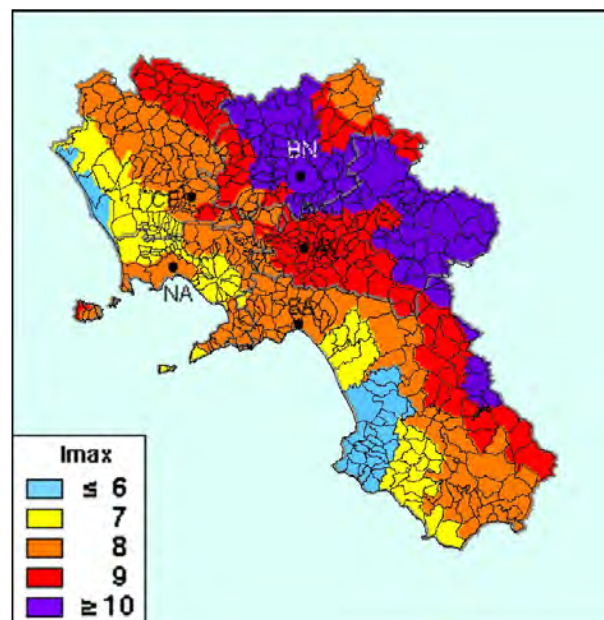
Il territorio comunale di Sessa Aurunca è, tuttavia, ubicato a margine delle strutture sismogenetiche situate lungo la direttrice Sannio-Matese orientale sulla quale si sono sviluppati alcuni dei principali terremoti precedentemente riportati; l'intensità massima con la quale i suddetti sismi si sono manifestati nell'ambito del territorio comunale è del VII°.

Alla luce di quanto sopra esposto si deduce che le zone prossime al margine tirrenico risentono gli effetti in forma più attenuata, come è confermato dai campi macrosismici dei maggiori eventi storici per i quali nell'area di studio non è mai stato registrato l'VIII grado MCS.

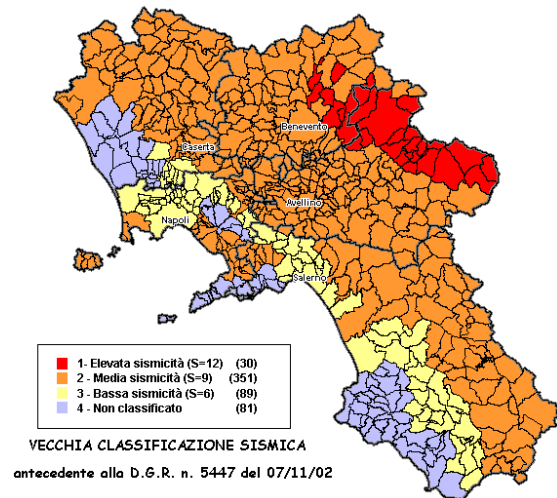
Le intensità dello scuotimento in termini di accelerazione di gravità g confermano la previsione fatta con l'intensità macrosismica.

Appare, pertanto, che il VII grado MCS può essere considerato come il massimo grado di danneggiamento per il Comune di Sessa Aurunca.

Massime intensità macrosismiche in Campania

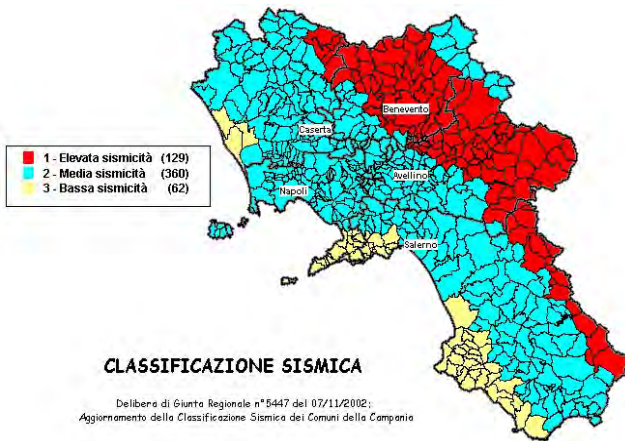


Vecchia classificazione sismica della Regione Campania



A seguito dei recenti eventi sismici (terremoto dell’Appennino umbro-marchigiano del 1998, terremoto del Molise del 2002), il legislatore ha emanato nel 2003 nuove norme antisismiche, introdotte con l’Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 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”.

In anticipo rispetto alla normativa nazionale, la Regione Campania ha adottato, con D.G.R. 5447 del 7 novembre 2002, la nuova classificazione sismica del territorio regionale formulata dal gruppo di lavoro costituito da esperti del Servizio Sismico Nazionale, dell’Istituto Nazionale di Geofisica e del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997 e le risultanze relative ai comuni della Campania.

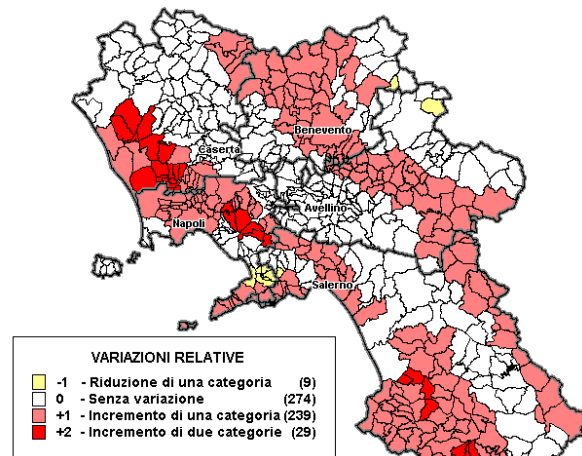


Nuova classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $ag=0.35g$; Zona 2, valore di $ag=0.25g$; Zona 3, valore di $ag=0.15g$.

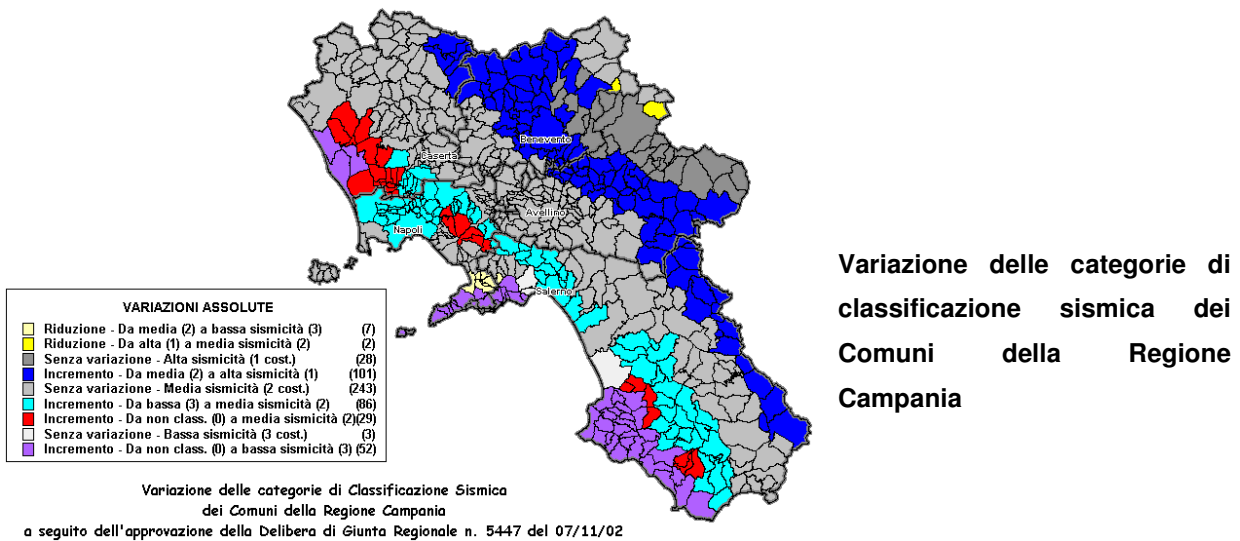
In seguito a tale risoluzione, la classificazione sismica del territorio nazionale passa da tre a quattro categorie. In Campania i comuni classificati di classe 1 (corrispondente ad un grado di sismicità $S = 12$) passano da 30 a 131, con 101 comuni che passano dall'ex 2^a categoria alla classe 1; quelli di classe 2 ($S = 9$) passano da 351 a 365, di cui 86 comuni dell'ex 3a categoria e 29 non classificati; quelli di classe 3 passano da 89 a 55, di cui 52 comuni non classificati ai sensi della precedente classificazione.

Il Comune di Sessa Aurunca, ai sensi della normativa vigente, è classificato a rischio sismico e rientra nella zona 2 (media sismicità).

Variatione delle categorie di classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania



Variatione delle categorie di Classificazione Sismica dei Comuni della Regione Campania a seguito dell'approvazione della D.G.R. n. 5447 del 07/11/02



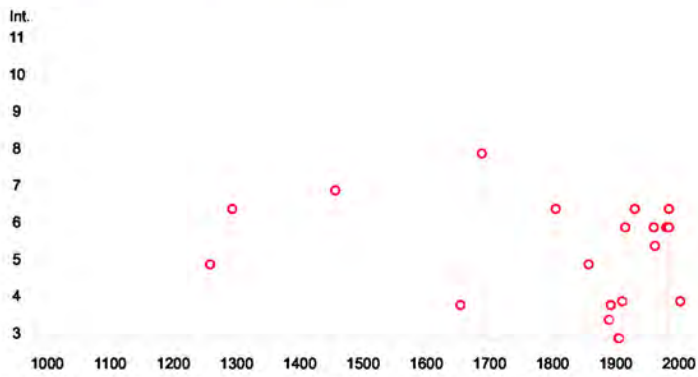
L'analisi della distribuzione degli effetti prodotti dai terremoti con intensità maggiore dell'VIII grado MCS (Mercalli–Cancani–Sieberg), a partire dal XV secolo fino al terremoto del 1980, ha evidenziato che gran parte della provincia di Caserta ha subito un danneggiamento valutabile tra il IX e il X grado della scala MCS.

Una stima della pericolosità sismica per effetto di sorgenti appenniniche può essere effettuata riferendosi al catalogo degli eventi sismici e considerando la legge di attenuazione degli effetti (Grandori et al., 1987) particolarizzata per l'Italia Centro-Meridionale. Analogamente è possibile procedere per quanto riguarda l'accelerazione orizzontale riferendosi alla legge di attenuazione (Sabetta & Pugliese, 1987). In ordine all'intensità sismica, si osserva che le zone della provincia di Salerno risentono fortemente degli effetti dei terremoti con epicentro nell'Irpinia e nella Lucania.

Lo studio della bibliografia esistente e del catalogo dei terremoti italiani ha permesso di individuare i sismi ritenuti più significativi avvenuti nel passato, i cui effetti sono stati avvertiti nell'area in studio; questi sono di seguito elencati:

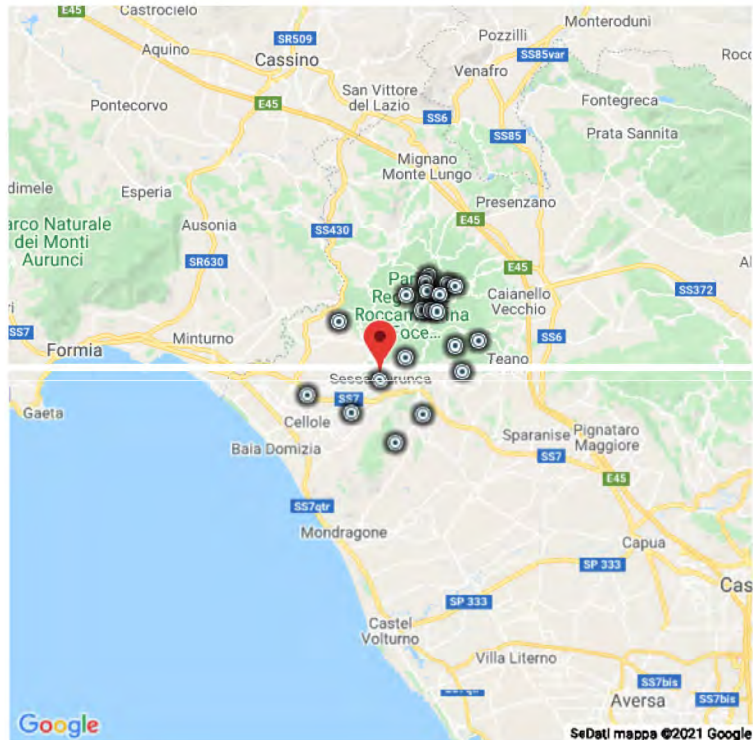
Sessa Aurunca

PlaceID IT_59308
 Coordinate (lat, lon) 41.236, 13.934
 Comune (ISTAT 2015) Sessa Aurunca
 Provincia Caserta
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 26



Storia sismica SESSA AURUNCA

Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
5	1258	02	19	16	30		Monti della Meta	2				
6-7	1293	09	04				Sannio-Matese	6	8-9	5.80		
7	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19		
F	1654	07	24	00	25		Sorano	44	9-10	6.33		
8	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06		
6-7	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68		
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12		
3-4	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47		
F	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14		
2	1899	07	19	13	18	54	Colli Albani	122	7	5.10		
3	1904	06	09	01	14		Mignano Monte Lungo	24	5-6	4.51		
NF	1904	11	02	15	32	05	Marsica	44	5-6	4.54		
NF	1905	03	14	19	16		Avellinese	94	6-7	4.90		
3	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18		
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76		
6	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08		
6-7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67		
6	1960	01	11	11	27		Roccamonfina	30	7-8	5.16		
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15		
6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81		
NF	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62		
6-7	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86		
6	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47		
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72		
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44		
NF	2005	05	21	19	55	19	Area Nolana	271	5	4.07		



Il Database Macrosismico Italiano permette di visionare la storia sismica delle località italiane. La versione DBMI15 è stato realizzato nell’ambito della linea di attività INGV T3 “Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio” e quale contributo alle attività dell’Allegato A dell’Accordo quadro INGV-DPC 2012-2021. La versione 2021 del Database Macrosismico Italiano (DBMI21), è consultabile liberamente.

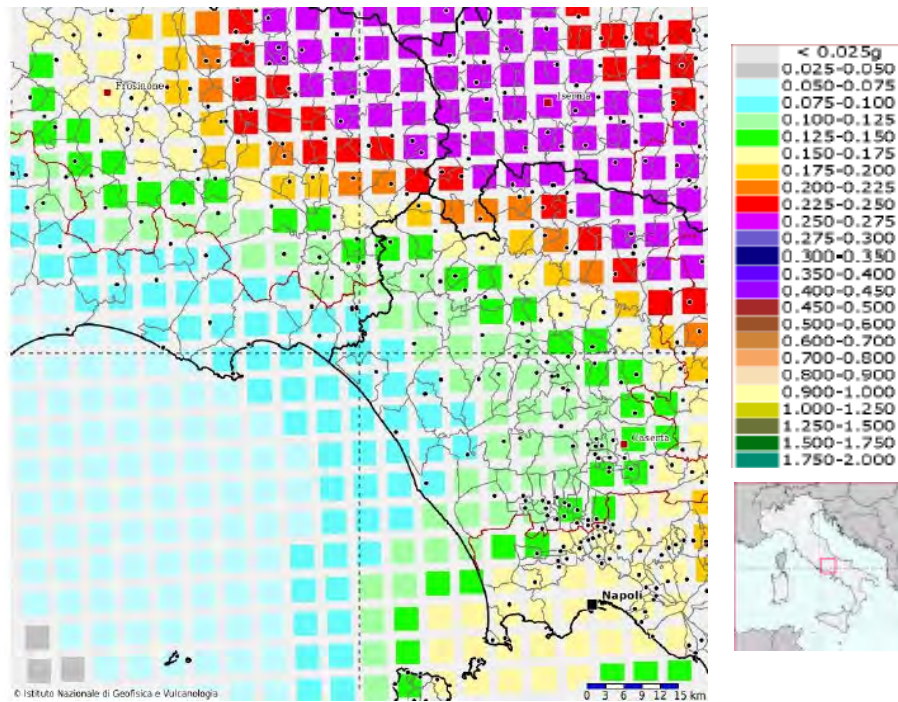
L’utilizzo, anche parziale, del database è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue: Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI).

L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le “storie sismiche” di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti.

La storia sismica è riportata a margine, dove: Int. = Intensità al sito (scala MCS); NMDP = Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io = Intensità massima (scala MCS); Mw = Magnitudo momento

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 31418 - Latitudine: 41.234 - Longitudine: 13.823



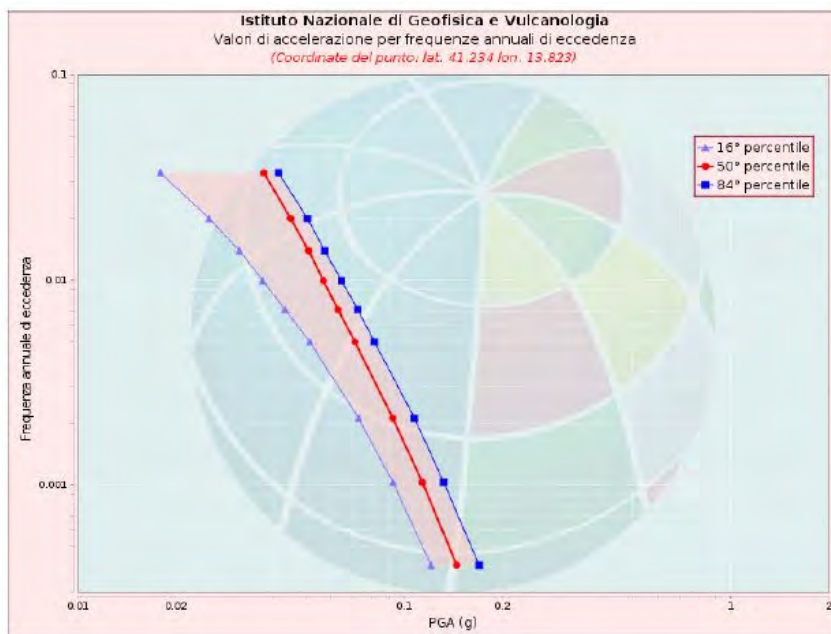
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 31418 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono

disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

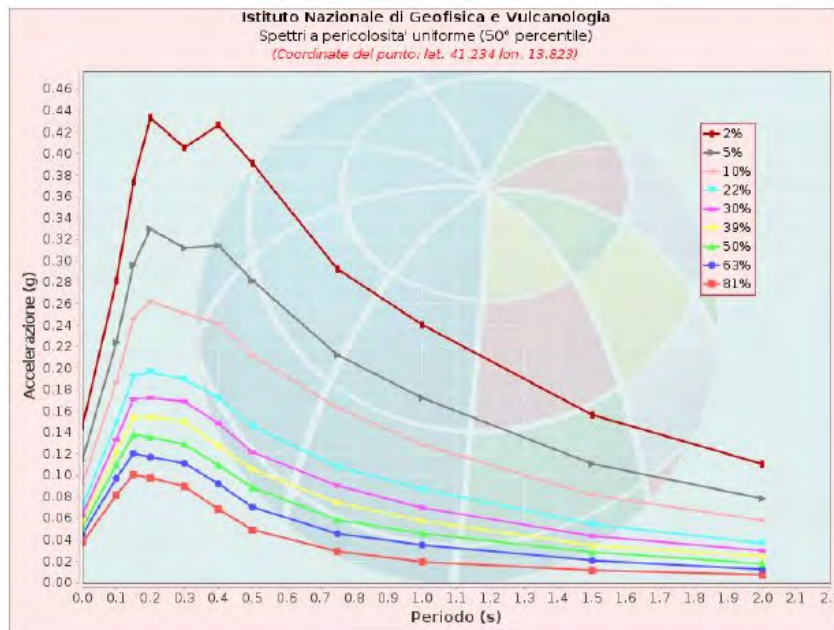


Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.121	0.145	0.170
0.0010	0.093	0.114	0.133
0.0021	0.073	0.093	0.108
0.0050	0.052	0.071	0.081
0.0071	0.043	0.063	0.072
0.0099	0.037	0.057	0.064
0.0139	0.031	0.051	0.057
0.0199	0.025	0.045	0.051
0.0332	0.018	0.037	0.041

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

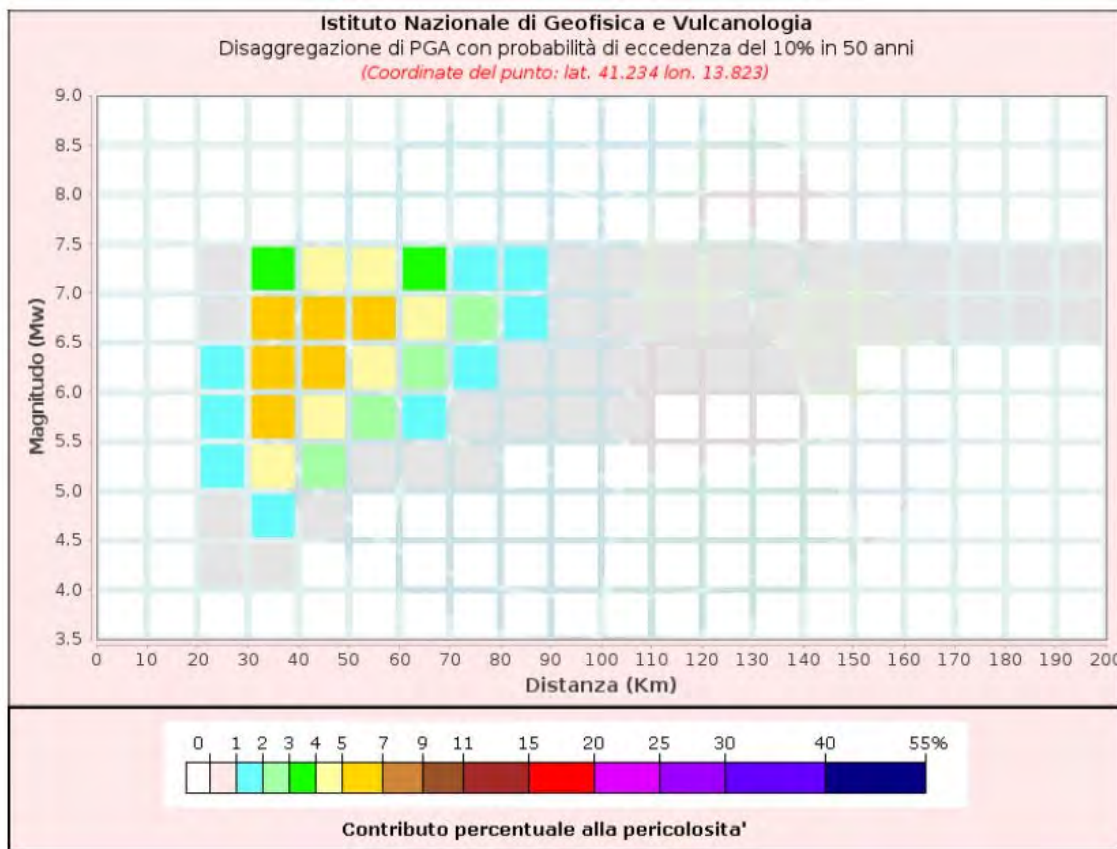
I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.145	0.281	0.373	0.433	0.406	0.426	0.391	0.292	0.240	0.156	0.111
5%	0.114	0.224	0.296	0.330	0.312	0.314	0.282	0.212	0.172	0.111	0.078
10%	0.093	0.187	0.246	0.262	0.251	0.242	0.212	0.163	0.129	0.082	0.058
22%	0.071	0.149	0.192	0.196	0.190	0.172	0.146	0.108	0.087	0.054	0.037
30%	0.063	0.133	0.171	0.172	0.169	0.148	0.122	0.090	0.070	0.043	0.030
39%	0.057	0.122	0.154	0.154	0.150	0.128	0.106	0.074	0.058	0.035	0.024
50%	0.051	0.110	0.138	0.136	0.129	0.110	0.089	0.058	0.046	0.028	0.018
63%	0.045	0.097	0.121	0.117	0.111	0.092	0.070	0.046	0.035	0.021	0.012
81%	0.037	0.082	0.101	0.098	0.090	0.068	0.049	0.029	0.019	0.012	0.007

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.1230	0.6690	1.0900	1.2600	1.1500	0.8390	0.3850	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.1030	1.7800	4.2300	5.9900	6.5100	5.6900	3.0500	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.2630	2.2500	4.3800	5.9900	6.7000	4.4100	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.6620	2.4300	4.1500	5.5900	4.2300	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0852	1.2000	2.7300	4.3000	3.6400	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.3760	1.2900	2.2400	1.9200	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0948	0.6580	1.2900	1.1800	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.3260	0.7700	0.7540	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.1560	0.5010	0.4970	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0669	0.3360	0.3430	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.2240	0.2430	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	0.1440	0.1720	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0849	0.1210	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0441	0.0827	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0206	0.0548	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086	0.0378	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 6.4 ; distanza = 51.7 ; epsilon = 1.43

Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it>, da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

La pubblicazione scientifica di riferimento è:

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale, cioè l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno (coefficienti SS e CC);*
- *effetti topografici, legati alla configurazione topografica del piano campagna. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza (coefficiente ST).*

Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati. In tal caso si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2 II delle NTC e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC.

La caratterizzazione sismica dei terreni è stata effettuata tenendo conto di tutti i dati ricavati dalle indagini geotecniche eseguite; in particolare, per il calcolo della rigidità (**R**), si sono utilizzate le informazioni provenienti dall'indagine sismica eseguita in sito e comparata con altre indagini sismiche eseguite in aree limitrofe e geologicamente significative.

Le nuove norme tecniche in materia di costruzioni in zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003) integrate nel Nuovo testo Unico per le Costruzioni (D. M.14 settembre 2005 e D. M. 14 gennaio 2008), indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali ag/g di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle zone è fissato in 4.

I Comuni in precedenza indicati come appartenenti alla I, II e III Categoria Sismica (D.M. 16/01/1996), devono essere intesi come rispettivamente appartenenti alle zone 1, 2 e 3.

Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

La normativa sismica, oltre a ridefinire la macrozonazione sismica nazionale, classifica i terreni con classi di amplificazione legate alla stratigrafia. Con il **D.M. del 17/01/2018** nuove *“Norme tecniche per le costruzioni”* si ha una ulteriore chiarificazione sulla classificazione stratigrafica dei terreni finalizzata alla valutazione dell’amplificazione sismica del sito.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, **Vs eq** (in m/sec) definite dalla espressione in normativa indicata al [3.2.1].

La stima della velocità delle onde di taglio Vs dei vari sismostrati può essere eseguita con la tecnica MASW che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio, o con indagini sismiche a rifrazione, dove è possibile misure direttamente le onde di taglio S mediante geofoni orizzontali, o in alternativa misurando la velocità delle onde P e successivamente stimando la velocità delle onde S (Vs) mediante la formula che lega il modulo di Poisson (ν) alle velocità delle onde sismiche di compressione (Vp):
$$Vs=Vp*\text{Rad}Q[(1-2\nu)/(2-2\nu)].$$

Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo. La formula adoperata è la seguente:

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $<10^{-6}$) dello strato i -esimo, N il numero degli strati, H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/sec..

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La classificazione del sito deve interessare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato roccioso rigido di riferimento (bedrock), si effettua sul valore delle velocità medie delle onde di taglio nei primi metri di profondità secondo la tabella indicata dalla normativa vigente.

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M. del 17/01/2018 Nuove "Norme tecniche per le costruzioni").

Dalla tabella si evince il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali propagandosi in superficie per un sottosuolo di tipo A cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido. In presenza di suoli di tipo B, C, D E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie. In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un fattore di amplificazione S_s ed i parametri a_g , F_0 , T_c^* , C_c , St che servono per calcolare i parametri che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

La classificazione del sottosuolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi metri di profondità.

Seguendo i criteri accennati nei paragrafi precedenti, l'indagine è stata utilizzata per estrarne i valori stratigrafici, geotecnici e geosismici, per la verticale investigata e parametrizzata.

Confrontando i dati scaturiti dalle indagini sismiche di superficie, i dati delle prove Spt e quelli stratigrafici bibliografici e in sito, è stato possibile effettuare una caratterizzazione geosismica degli strati litologici significativi costituenti il sottosuolo dell'area in studio.

Per la comparazione e il confronto tra i valori N_{spt} e i valori $V_{s,eq}$ misurati sono state utilizzate le correlazioni consigliate nelle Linee Guida Regionali finalizzate alla mitigazione del rischio sismico.

Il programma delle indagini geofisico eseguito è stato indirizzato alla definizione della categoria di sottosuolo così come prescrive la normativa vigente. Per tale motivazione si sono scelte tipologie di indagine che permettessero tali definizioni.

Per la comparazione e il confronto tra i valori N_{spt} e i valori $V_{s,eq}$ misurati sono state utilizzate le correlazioni consigliate nelle Linee Guida Regionali finalizzate alla mitigazione del rischio sismico.

L'elaborazione dei dati sopra menzionati, confrontati con la stratigrafia scaturita dalle analisi, ha permesso quindi di effettuare una caratterizzazione del sito in oggetto dal punto di vista della risposta sismica, utilizzando il valore della $V_{s,eq}$.

Il "range" dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto risulta caratterizzato da un valore della $V_{s,eq}$ di circa 250 m/sec ricadente, quindi, nella categoria di suolo di tipo C.

Il DM 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) decreta 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 primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Con l'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "**sito dipendente**" e non più tramite un criterio di "*zona dipendente*".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

L'elaborazione dei dati sopra menzionati, confrontati con la stratigrafia scaturita dalle analisi, ha permesso quindi di effettuare una caratterizzazione del sito in oggetto dal punto di vista della risposta sismica, utilizzando il valore della $V_{s,eq}$.

Per il calcolo dei parametri sismici si è fatto uso del programma edito sul sito internet di Geostru Software (tutti i parametri sismici con un click).

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto latitudine e longitudine, queste sono state inserite nel programma che, riferendosi ad una griglia di parametri

spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo, ha ricavato i valori di A_g , F_0 e T_c^* riferiti al punto indicativo del sito in oggetto.

Il calcolo del $V_{s,eq}$ è stato verificato in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi metri di terreno mediante la misura diretta con indagini sismiche di sito.

ANALISI DEL TERRENO

Poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi metri, partendo dalla profondità del piano campagna, quota della testa dell'opera di progetto, è risultata minore di 360 m/sec, il sito in esame ricade, quindi, nella categoria di sottosuolo C secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2018.

Attenendosi ai risultati ottenuti mediando i valori delle velocità delle onde di taglio ricavati dalle prove indicate in precedenza e, soprattutto, dalla comparazione dei dati provenienti dall'apposita indagine sismica, al sottosuolo viene attribuita la categoria "C".

L'analisi geologica e geologico-stratigrafica locale conferma quanto indicato dalla normativa sismica vigente e la descrizione della categoria di sottosuolo è congruente con quanto indicato dalle indagini sismiche eseguite in rapporto alla geologia e stratigrafia locale.

AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

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 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con

superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4.

La pericolosità sismica di base, quindi è definita in termini di:

accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);

ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle Nuove NTC 2018, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , Fo e Tc*, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti, dove vengono stimati, su una griglia di 10.751, la terna di valori per nove distinti periodi che sono appunto la stima della pericolosità sismica.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche (D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento S_s e C_c in funzione della categoria di sottosuolo di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico T_s .

Nelle tabelle successive sono riportati i range di variabilità dei coefficienti di amplificazione stratigrafica dove per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1, mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c^* è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,30}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c (D.M. del 17/01/2018 Nuove "Norme tecniche per le costruzioni")

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 3.2.V – Massimi valori del coefficiente di Amplificazione Topografica S_T (D.M. del 17/01/2018 Nuove "Norme tecniche per le costruzioni")

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 3.2.VI –Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale
(D.M. del 17/01/2018 Nuove “Norme tecniche per le costruzioni”)

Dalle analisi geologico geomorfologico e geognostiche effettuate in sito si evince che per il sito in oggetto può essere assegnare una categoria di amplificazione topografica di tipo T1 ossia assimilabile a zona sub pianeggiante o con inclinazione media minore di 15°; i risultati dalle indagini sismiche indicano una categoria di sottosuolo di tipo C.

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta dovrà essere completata in funzione dell'incremento relativo alla classe d'uso della struttura in oggetto e alla vita nominale dell'opera, ulteriormente incrementata con i coefficienti stratigrafici e topografici di cui sopra e verificata agli stati limiti così come previsto da norma. Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche (in gradi decimali) dell'opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione

FONDAZIONI

Sito in esame

latitudine: **41,247999**

longitudine: **13,827682**

Classe: **4**

Vita nominale: **50**

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 31418	Lat: 41,2345	Lon: 13,8227	Distanza: 1557,525
Sito 2	ID: 31419	Lat: 41,2343	Lon: 13,8892	Distanza: 5364,777
Sito 3	ID: 31197	Lat: 41,2843	Lon: 13,8895	Distanza: 6557,860
Sito 4	ID: 31196	Lat: 41,2845	Lon: 13,8230	Distanza: 4077,950

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: **C**
 Categoria topografica: **T1**
 Periodo di riferimento: **100 anni**
 Coefficiente cu: **2,00**

	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia vita (SLV)	Prevenzione collasso (SLC)
Probabilità superamento: (%)	81	63	10	5
Tr: (anni)	60	101	649	1950
ag: (g)	0,049	0,058	0,118	0,143
Fo:	2,529	2,630	2,713	2,798
Tc*: (sec.)	0,326	0,353	0,517	0,528
Coefficienti Sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss:	1,500	1,500	1,500	1,460
Cc:	1,520	1,480	1,310	1,290
St:	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh:	0,015	0,018	0,043	0,050
Kv:	0,007	0,009	0,021	0,025
Amax:	0,727	0,859	1,739	2,050
Beta:	0,200	0,200	0,240	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84
 latitudine: 41.247008
 longitudine: 13.826795

VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ DOVUTI AGLI EFFETTI COSISMICI

In relazione a possibili scenari di pericolosità, oltre a fenomeni di amplificazione locale si possono registrare veri e propri fenomeni di instabilità dei terreni. Questi insorgono quando le forze (azioni) indotte da un terremoto superano la resistenza al taglio dei terreni provocandone la rottura. L'approccio a tale situazione reale consiste nell'individuare le condizioni di potenziale instabilità del terreno ed il margine di sicurezza rispetto a tale situazione in occasione dell'evento sismico atteso.

I terreni sottoposti a potenziale instabilità sono definiti sismicamente instabili, in cui gli sforzi ciclici indotti dal terremoto di riferimento uguagliano o superano la resistenza al taglio del terreno stesso che, non essendo in grado di trasmettere gli sforzi indotti, subisce collassi e rotture. Generalmente tali terreni sono caratterizzati da proprietà meccaniche molto scadenti, basse resistenze al taglio ed elevate deformabilità. I possibili effetti che un terremoto può provocare in un determinato sito, in rapporto alle condizioni locali sono:

fenomeni di liquefazione in terreni granulari fini;

fenomeni di densificazione in terreni incoerenti, nonché asciutti o parzialmente saturi;

movimenti franosi lungo pendii;

cedimenti in terreni argillosi soffici;

scorrimenti e cedimenti differenziali in corrispondenza di contatti geologici o di faglie.

I fenomeni sopraelencati sono imputabili principalmente alle proprietà geotecniche dei terreni e all'interazione fra onde sismiche e natura dei depositi.

Esiste un'abbondante bibliografia, a livello nazionale ed internazionale, relativa agli effetti cosismici indotti da terremoti sia di storico che di recente accadimento, di

moderata o elevata magnitudo/intensità. Oltre alla descrizione dei fenomeni ed alla ricostruzione dei meccanismi che presiedono al verificarsi di tali effetti di superficie, che corrispondono sempre a deformazioni di natura permanente del terreno e quindi a condizioni di rottura a seguito di sollecitazioni sismiche, tali studi sono volti alla definizione della occorrenza di ciascuna categoria di effetti in relazione a parametri quali: magnitudo dell'evento, distanza epicentrale ovvero distanza dalla linea di rottura desunta dalla distribuzione degli after-shock, accelerazione di picco (PGA), ecc..

Stabilità nei confronti della liquefazione

Il D.M. 17.01.2018 contiene al punto 7.11.3.4.2 le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni. Una valutazione semplificata della suscettibilità può essere ottenuta considerando le seguenti condizioni:

magnitudo del sisma

accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti

profondità media stagionale della falda

tipo di deposito.

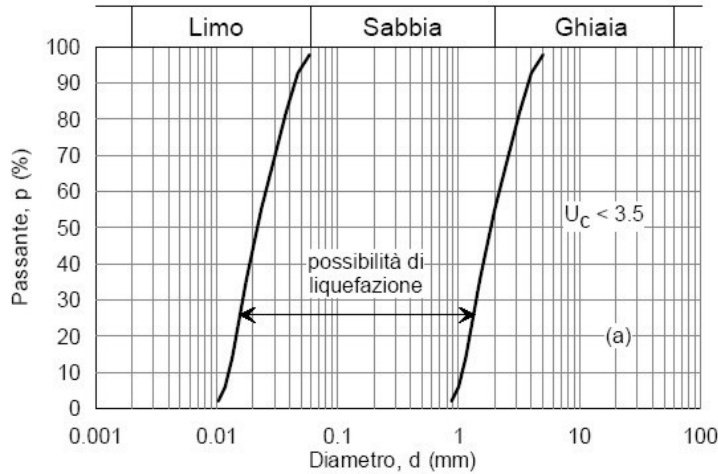
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

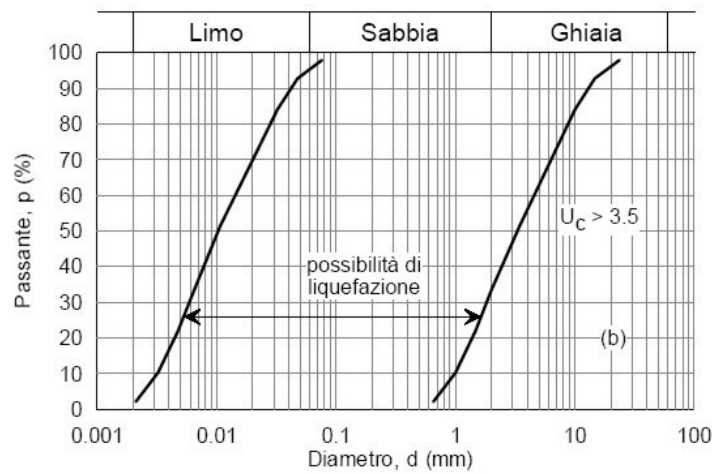
profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 KPa, e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione di verticale di 100 KPa;

distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 31 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 32 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ($U_c < 3,5$)



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ($U_c > 3,5$)

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione

Con il termine di liquefazione si intende riferirsi alla perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscoso.

Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di carichi applicati o do forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

I terreni suscettibili alla liquefazione sono quelli la cui resistenza alla deformazione è mobilizzata per attrito tra le particelle, quindi i terreni incoerenti. Quindi i fenomeni di liquefazione sono da riferire ai terreni granulari in condizioni sature sottoposti a sforzi di taglio tali da azzerare la resistenza di attrito tra le particelle.

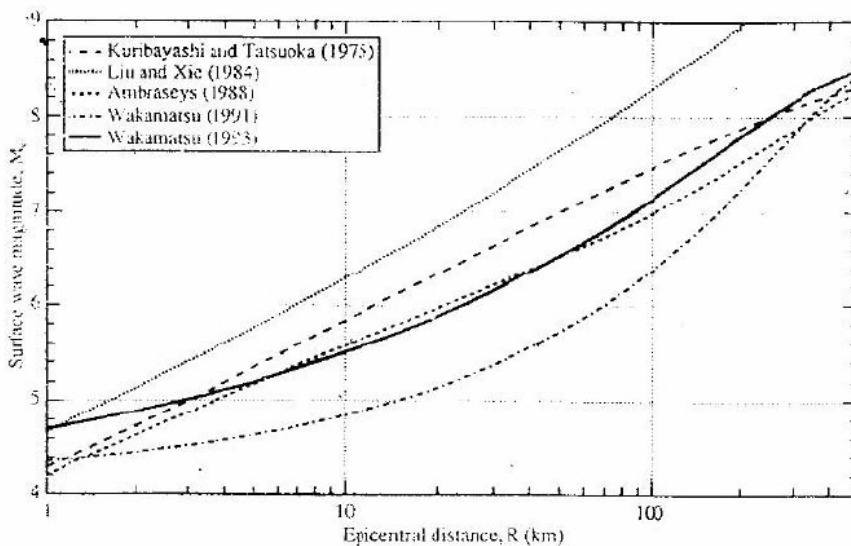
In merito a quest'ultima è da sottolineare come l'OPCM 3274/2003 prescrive di effettuare analisi di suscettibilità dove la soggiacenza della falda è inferiore ai 15 metri di profondità. Nel territorio comunale in oggetto tale condizione è sempre verificata come chiaramente evidenziato nella cartografia idrogeologica allegata. Quindi in aderenza con quanto espresso dall'OPCM 3274/2003 tutto il territorio deve essere soggetto a considerazioni circa il potenziale di liquefazione del terreno.

In particolare, per la determinazione di tale parametro, è stata effettuata preliminarmente un'analisi della sismicità dell'area dalla quale emerge come il territorio comunale è interessato direttamente da direttrici neotettoniche sismogenetiche quindi la sismicità del territorio comunale è di tipo indotta, ossia attribuibile principalmente ai massimi terremoti attesi in area appenninica sismi di elevata intensità.

Uno dei metodi di primo livello utilizzati per la determinazione della liquefacibilità dei terreni utilizza relazioni empiriche tra magnitudo oppure intensità macrosismica e distanza epicentrale dal terremoto di progetto. Kuribayashi e Tatsuoka (1975) e Wakamatsu (1991) hanno proposto relazioni empiriche tra la massima distanza epicentrale ove si è osservata liquefazione e l'intensità macrosismica.

Da tali studi è emerso che la liquefazione si è verificata sistematicamente in depositi molto recenti e quando il moto sismico ha avuto un'intensità superiore all'VIII grado della scala Mercalli Modificata.

Prendendo a riferimento il terremoto del 1456 il più grande che abbia interessato l'appennino meridionale in tempi storici, e quello dell'Irpinia 1980, l'area di studio risulta esterna all'isosista dell'ottavo grado quindi in prima analisi è possibile attribuire all'area in oggetto una bassa probabilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione.



Relazione empirica tra magnitudo delle onde superficiali e massima distanza epicentrale entro la quale si sono verificati fenomeni di liquefazione

Ciò nonostante, in aderenza con quanto chiaramente espresso dal succitato OPCM 3274/2003 è stata effettuata una analisi della liquefacibilità dei terreni che considera i risultati dei rilievi geologici e geomorfologici di superficie in scala di dettaglio comunale (tabella successiva), integrati con i risultati delle analisi di laboratorio effettuate su campioni indisturbati prelevati, in particolare in funzione della distribuzione

granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure nel caso di materiale con un coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 35 per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.

Tipo di deposito	Presenza di materiale a grana grossa	Susceptibilità di liquefazione (in base all'età del deposito)			
		<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-pleistocene
Depositi continentali					
Alvei fluviali	Variabile localmente	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure alluvionali	Variabile localmente	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Conoidi e pianure alluvionali	Diffusa	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Piane e terrazzi marini	Diffusa	-	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Delta e conoidi fluviali	Diffusa	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Spiagge lacustri	Variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Detrito di falda	Diffusa	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Diffusa	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Variabile	Alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Detrito glaciale	Variabile	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa

Susceptibilità alla liquefazione dei depositi sedimentari durante terremoti di forte intensità
(riadattata da Youd and Perkins, 1978)

Per il caso di studio ci troviamo nelle condizioni di NON esplicita esclusione della verifica di liquefazione essendo in presenza di area con affioramento di terreni grossolani (sabbie) in condizioni granulometriche parzialmente interne ai fusi indicati dalla normativa ed in presenza di terreni con valori N_{stp} non molto elevati; verrà eseguita apposita verifica per escludere il rischio liquefazione.

Per i terreni invece presenti nel substrato la verifica viene non viene eseguita in considerazione della assoluta mancanza di falda e terreni con N_{spt} elevato.

Pertanto, viene implicitamente verificata l'assenza di Rischio Liquefazione solo dopo opportuna verifica.

Tanto vale anche per la possibilità di innesco di fenomeni di addensamento in quanto i terreni in affioramento si presentano con un grado di addensamento da medio ad elevato e da poco cementati a cementati e mai si presentano sciolti.

Non sono segnalate in nessuna delle zone di studio, ne in quelle viene e geologicamente simili, presenza di cavità nel sottosuolo, ne durante la esecuzione delle

indagini dirette ed indirette si è individuata tale presenza, vista anche la composizione geologico-stratigrafica dei terreni in affioramento e nel sottosuolo.

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	10.05	16.75	26.8	40.2	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	11.49	19.15	30.64	45.96	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	7.90	0.00-2.00	7.90	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2)	6.86	2.00-9.00	6.86	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3)	8.98	9.00-12.20	8.98	Seed e Idriss (1971)	1.697

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	10.5	17.5	28	42	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 3	11.49	19.15	30.64	45.96	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	6.26	0.00-2.00	6.26	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2)	6.69	2.00-10.00	6.69	Seed e Idriss (1971)	1.959
Strato (3)	9.26	10.00-12.20	9.26	Seed e Idriss (1971)	1.69

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio, eseguito su incarico ricevuto dalla Società ATON 22 s.r.l., con sede legale in Bressanone (BZ) alla Via Julius Durst n°6 – P.Iva 03072680212, ha avuto lo scopo di illustrare considerazioni di carattere geologico e sismico per il “*Progetto per la realizzazione della connessione utente SAU in località Magnoli di Sessa Aurunca (Ce)*”.

Come da documentazione tecnica progettuale, fornita allo scrivente dal committente, l'impianto utente di progetto, denominato “*C023 Magnoli*”, per la connessione di un di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di 19,021 MW sito in Sessa Aurunca alla località Magnoli su un lotto di terreno adibito a seminativo e si presenta totalmente pianeggianti.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici questo studio geologico-tecnico è stato redatto secondo le disposizioni normative vigenti in materia di rischio sismico.

L'acquisizione e l'elaborazione dei dati disponibili ha consentito di individuare le condizioni di pericolosità e di rischio sismico dell'area indagata, le cui risultanze possono essere schematizzate nei seguenti punti:

Geograficamente l'area di studio è ubicata in località Magnoli del Comune di Sessa Aurunca (Ce) su un lotto di terreno attualmente ad uso agricolo che si presenta totalmente pianeggiante.

Topograficamente la zona in esame si sviluppa ad una quota di circa cinque metri sul livello del mare su un'area pianeggiante.

Dalla prospezione sismica M.A.S.W. si è individuata la categoria di sottosuolo C in funzione dei valori delle velocità delle onde di taglio

Il sito di specifico interesse si sviluppa su una superficie pianeggiante. Per tale motivo esso rientra nella categoria topografica T1, a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1,00.

Tutte queste considerazioni, associate alle conoscenze geologiche acquisite nel corso dello studio di dettaglio eseguito, consentono di affermare che l'area in esame rientra in un territorio che per le sue generali condizioni risulta idoneo ad accogliere i lavori di progetto, che verranno messi in atto adottando tutti gli accorgimenti necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza delle opere.

Alvignano, ottobre 2021

Il tecnico
Ing. Geo. Vincenzo DEL GENIO
Ordine Geologi Campania n° 1147

