



GEOAMBIENTE Studio di Geologia Ambientale
Geologo ALESSANDRO CARLOMAGNO
Piazza A.Moro, 49 Latina Tel. 0773 488095
E-mail: studiogeambiente@gmail.com
PEC: carlomagnoalessandro@pec.epap.it

COMUNE DI CISTERNA DI LATINA
PROVINCIA DI LATINA

Progetto

**REALIZZAZIONE IMPIANTO
AGRIVOLTAICO
"PASCOLI VERDI"**

Proponente:

HERGO RENEWABLES SpA

Ubicazione

Via Crocetta di Carano
S.P.009 "Cisterna – Carano – Aprilia"
Loc. "Le 9 Rubbia"


Elaborato

**RELAZIONE GEOLOGICA
PRELIMINARE**

Ottobre 2023

Geologo




Dott. Geol. Alessandro Carlomagno
ORDINE REG. GEOLOGI DEL LAZIO N° 453
Via degli Ausoni n. 26 - 04100 LATINA
Part. IVA 00578020596
Cod. Fisc. CRL LSN 50R02 G865C

PREMESSE

La Società **HERGO RENEWABLES SpA**, ha incaricato il sottoscritto di effettuare un'indagine geomorfologica, idrogeologica e sismica e di redigere la presente relazione geologico- tecnica propedeutica alla fattibilità per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico, ubicato lungo la S.P. 009 "Cisterna-Carano-Aprilia" via Crocetta di Carano, nel Comune di Cisterna di Latina.

Il sito di che trattasi ha estensione di circa 87 ha ed è individuabile sulla Sezione n°400020 "CISTERNA DI LATINA" scala 1:10.000 e su l'elemento n° 400023 "QUARANTA RUBBIE", scala 1:5.000, della C.T.R. Lazio, ed è distinto in Catasto al Foglio n°173, Particelle n° 260, 262, 267, 268, 272, 275, 308, 310, 312, 314 e 316 così come riportato sugli stralci cartografici.

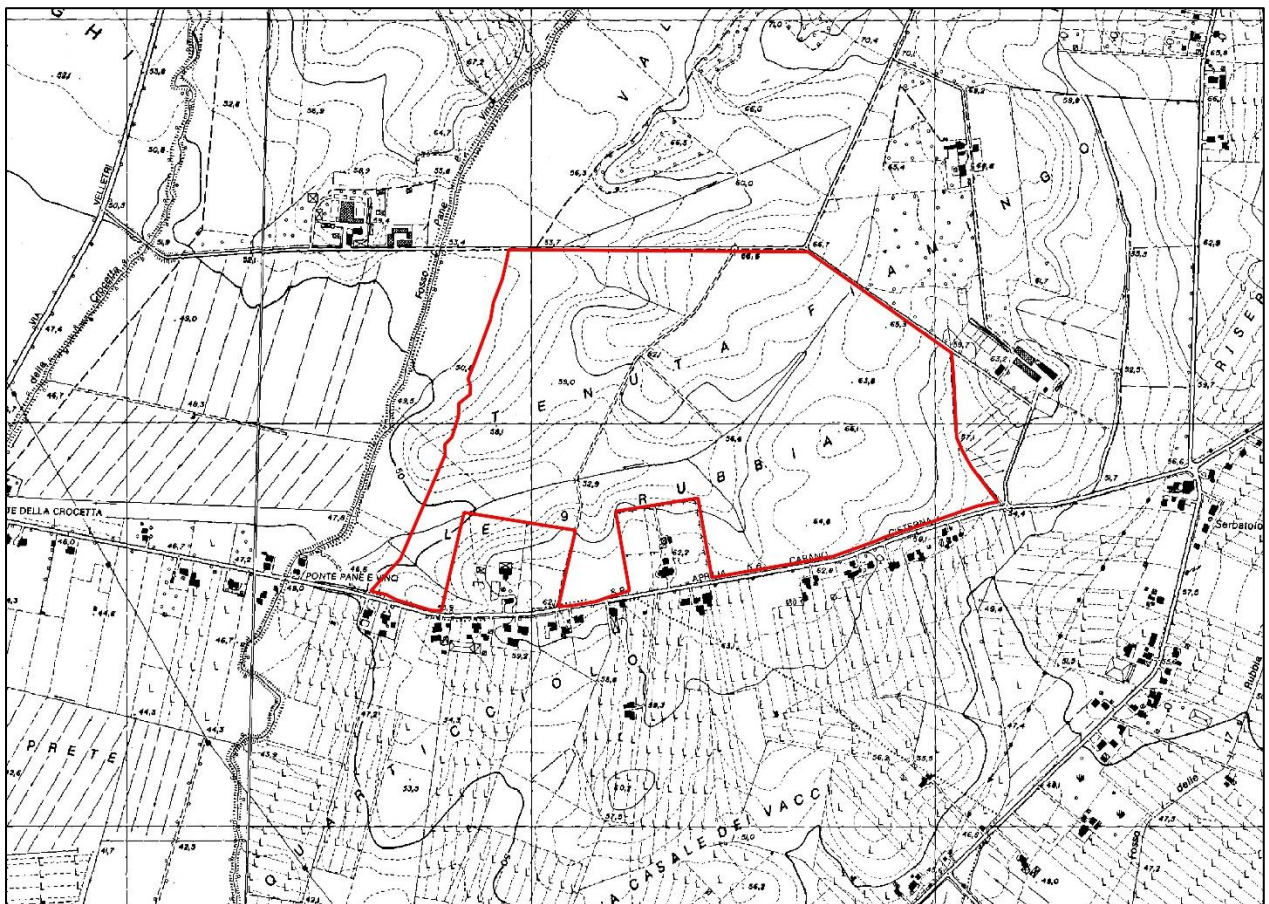


Fig. 1 - Stralci C.T.R. 1:10.000 - Lazio Sezione n°400020 "CISTERNA DI LATINA"

L'Impianto agrivoltaico in progetto avrà una potenza nominale ai fini STMG di 60,0 MW (potenza immessa in rete) e si articolerà in due sezioni funzionali di seguito descritte:

1. la sezione di produzione dell'energia elettrica, ivi incluse le apparecchiature elettriche di bassa e media tensione;
2. le opere di connessione alla Rete Elettrica AT di TERNA, consistenti nella installazione di un cavidotto di connessione interrato 36 kV e di una nuova stazione elettrica 150 kV/36kV collegata entra-esce sulla esistente linea deonominata "Cisterna-Cisterna All." attraverso la realizzazione di due nuovi raccordi 150 kV di cui uno interrato e uno aereo.

Il Generatore Fotovoltaico si compone di circa 87.186 moduli fotovoltaici che saranno installati su tracker monoassiali, ovvero su inseguitori solari allineati in direzione "nord-sud" capaci di ruotare in direzione "est-ovest", consentendo pertanto ai pannelli di "seguire" il sole lungo il suo moto apparente diurno, collegati elettricamente in stringhe. La superficie complessiva coperta dai moduli fotovoltaici è pari a circa 27,1 ha.

I tracker sono realizzati con profilati metallici in acciaio zincato su cui vengono fissati i pannelli fotovoltaici, rigidamente collegati ad una trave metallica centrale mossa da un piccolo motore elettrico che consente la rotazione; la struttura è ancorata al terreno mediante pali metallici semplicemente infissi nel terreno.

Saranno installati alcuni container metallici e/o box prefabbricati omologati (locali tecnici), realizzati ad elementi componibili in calcestruzzo armato muniti di platea di fondazione, poggiati sul terreno, previa decorticazione degli strati superficiali del terreno e posa di uno strato di breccione e misto-stabilizzato.

Infine, la viabilità interna sarà garantita da strade in terra battuta misto stabilizzato.

Il territorio comunale di Cisterna di Latina, per effetto della D.G.R. n°387 del 22.05.2009, "*Nuova riclassificazione sismica del territorio della regione Lazio...*", è classificato "*Zona Sismica 3 - Sottozona Sismica A*" (Fig.14).

Nello specifico, con il presente rapporto si intende fornire un quadro conoscitivo preliminare dell'assetto idrogeologico locale, della pericolosità sismica e delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo del sito ove è prevista la realizzazione dell'impianto di che trattasi.

Inoltre, in relazione all'acquisizione di eventuali pareri amministrativi di compatibilità dell'intervento, è stato dato particolare rilievo all'analisi e all'osservazione degli aspetti ambientali e ai possibili vincoli gravanti sull'ambito territoriale esaminato, sondando tutte le principali variabili che potessero condizionare la fattibilità dell'opera in progetto.

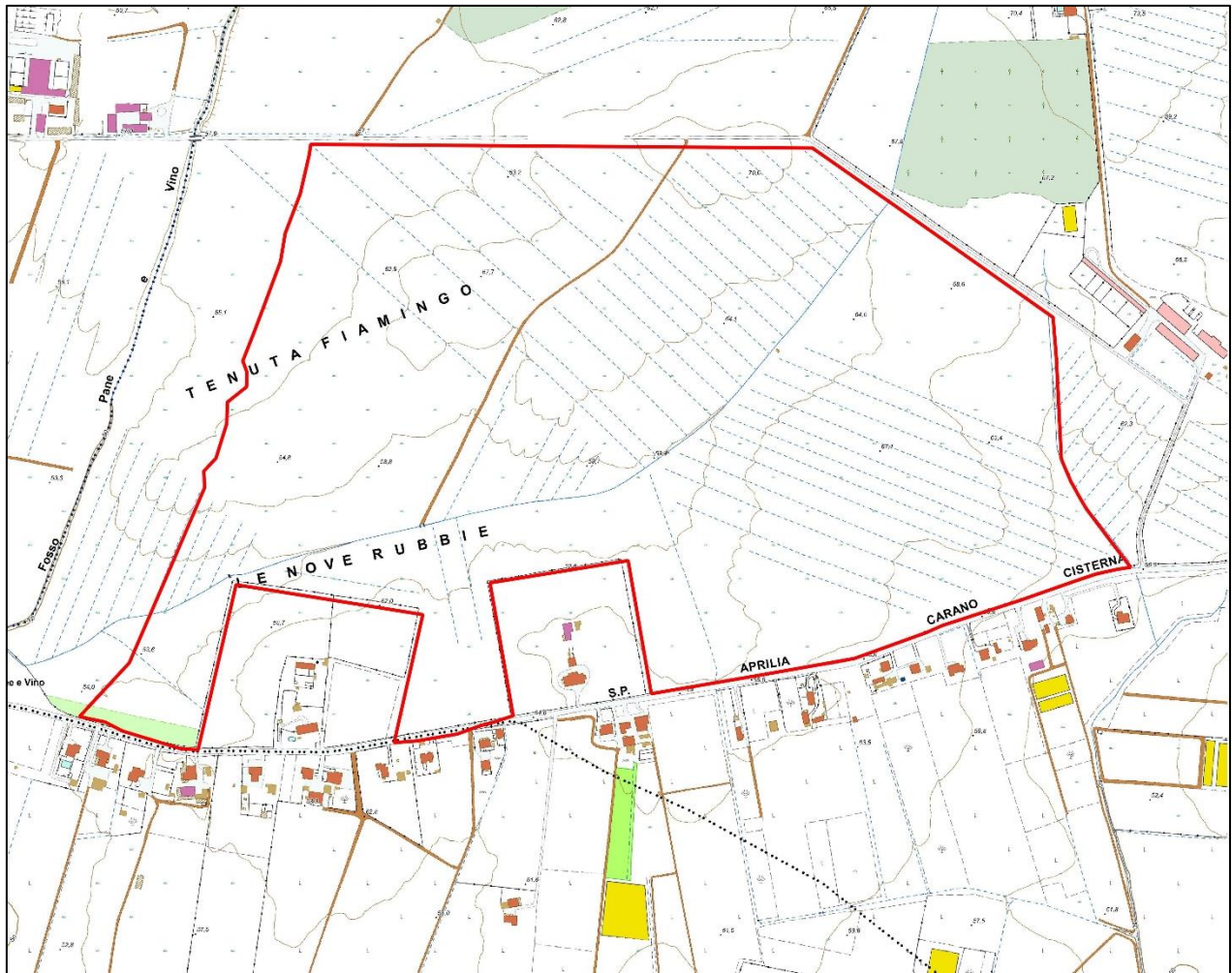


Fig. 2 - Stralcio CTR 1: 5.000 - Elemento n° 400023 "QUARANTA RUBBIE"

Più segnatamente, la finalità del presente lavoro è stata quella di accertare:

- l'assetto geologico e morfologico dell'area interessata dal progetto;
- l'assetto idrogeologico e le caratteristiche di permeabilità dei litotipi;
- l'interazione tra l'impianto e la falda idrica sotterranea;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni;
- la pericolosità sismica del sito di costruzione dell'impianto
- eventuali dissesti di carattere idrogeologico presenti o potenziali
- potenziali vincoli imposti dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico)
- i processi morfologici agenti nell'area d'interesse;

Il presente studio geologico e idrogeologico si è basato su indagini preliminari svolte in loco e mediante il supporto di dati acquisiti in occasione di precedenti lavori effettuati in

aree limitrofe e viciniori. Infatti, stante l'uniformità litologico-sedimentaria e geomeccanica del sottosuolo, più volte accertata in un ampio circondario del territorio comunale di Cisterna di Latina, in questa prima fase investigativa, si è ritenuto esaustivo potersi avvalere dei dati in nostro possesso. Più segnatamente, sulla scorta di dettagliati studi finalizzati all'individuazione e captazione delle risorse idriche sotterranee, attraverso l'esame e le correlazioni di numerose stratigrafie dei pozzi presenti nell'area d'interesse, è stato possibile ricostruire con una certa attendibilità la successione litostratigrafia del sottosuolo.

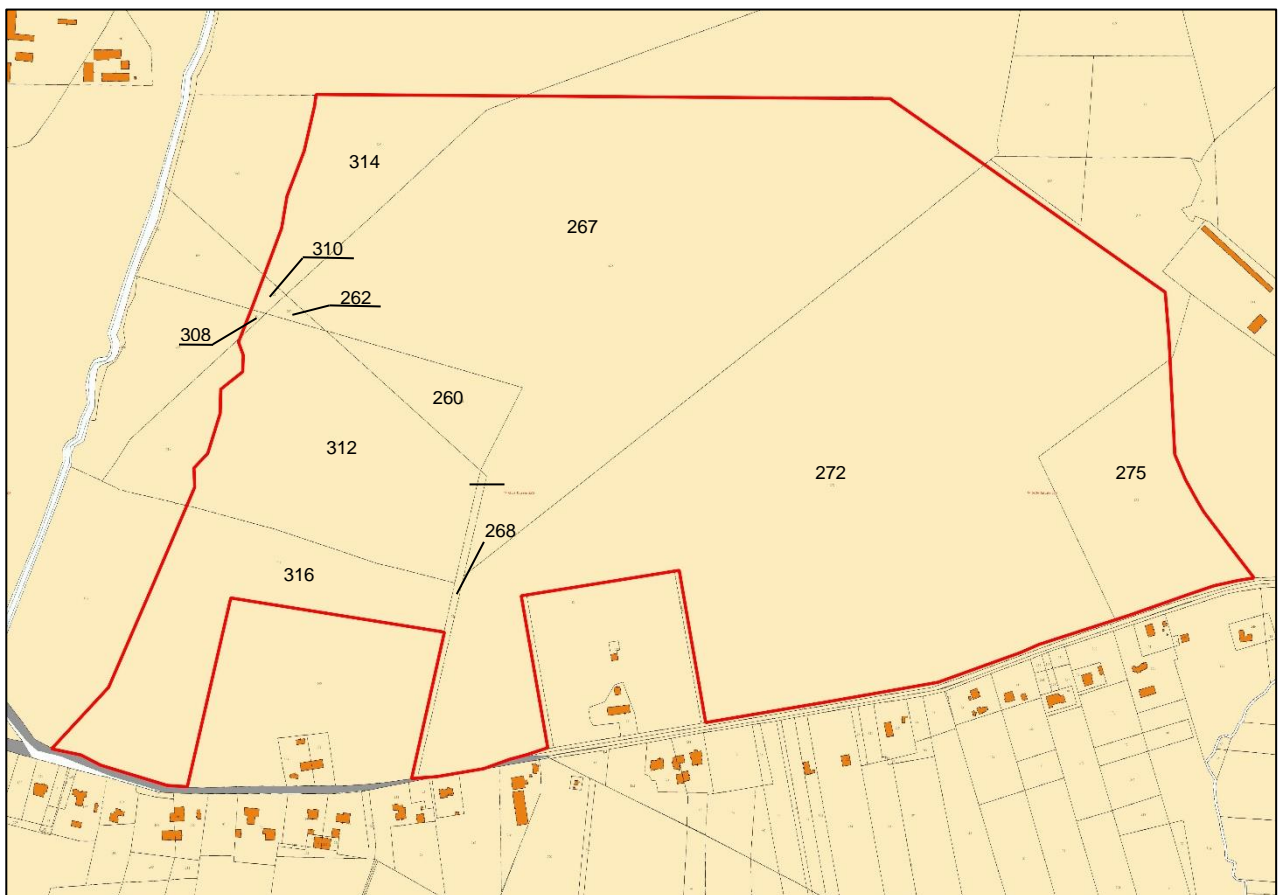


Fig. 3 - Stralcio Foglio Catastale 173 con ubicazione area di intervento

Nei paragrafi che seguono, in sostanza, sono illustrati tutti gli aspetti geologici, idrogeologici e geofisici necessari alla corretta e sicura progettazione della costruenda opera, in relazione al contesto ambientale e alla conformità con gli strumenti di pianificazione paesistica ed urbanistica del territorio in cui si inserisce l'intervento de quo. Per completezza, nella presente relazione vengono altresì riportati elementi di stima di carattere geotecnico e geofisico per la verifica della compatibilità, in termini di stabilità e

di prestazioni, dei manufatti, nell'osservanza del livello di sicurezza previsto dalle norme che disciplinano la progettazione sismoresistente delle costruzioni (NTC-D.M. 17.01.2018) e, più in generale, delle opere di ingegneria civile



Fig. 4 - Immagine satellitare - Google Earth



Fig. 5 - Immagine satellitare - Google Earth – Street View

METODOLOGIA D'INDAGINE

Lo studio, intrapreso nel mese di Ottobre 2023, ha preso avvio con l'analisi della cartografia ufficiale e la ricerca bibliografica di notizie geologiche e l'esame dei dati geotecnici di repertorio (profili stratigrafici, certificati di analisi geotecniche di laboratorio) riguardanti l'area d'intervento.

Ancorché l'area d'interesse si collochi in un areale rurale dolcemente acclive e fondamentalmente stabile, ci si è affidati ad un accurato rilevamento geologico di superficie, esteso ad un intorno significativo, per accertarne le condizioni geomorfologiche e l'assenza di dissesti di qualsivoglia natura.

Nel corso del sopralluogo infatti, si è cercato di verificare l'evidenza di eventuali instabilità che potessero in qualche misura compromettere la completa disponibilità geologica del sito d'intervento a fini della realizzazione dell'impianto di che trattasi.

Lo studio, oltre agli aspetti geotecnici, idraulici e geofisici, si è proposto anche di valutare le possibili interazioni tra le azioni di progetto e l'ambiente geologico, e in particolare di individuare le caratteristiche geomeccaniche del terreno del sedime e i parametri geotecnici necessari per operare la scelta delle tipologia fondale più adatta e per il dimensionamento delle opere di fondazione.

Per l'analisi dell'interazione "terreno-manufatto" e più segnatamente per il dimensionamento delle opere di fondazione e le verifiche di stabilità globale, verrà in una fase successiva a questa preliminare, elaborata la modellazione geotecnica del sottosuolo ai sensi della vigente normativa tecnica per le costruzioni D.M.17.01.2018.

In particolare le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- *Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possono compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare vari danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio le opere.
- *Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- *Durabilità*: capacità della costruzione di mantenere nell'arco della Vita Nominale (VN) di progetto i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;

- *Robustezza nei confronti di azioni eccezionali*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti.

Nell'area in esame e in un ampio circondario, si è già avuto modo di acquisire delle approfondite conoscenze geotecniche, idrogeologiche e geofisiche del sottosuolo, tramite carotaggi meccanici, sondaggi profondi per opere di captazione, prove penetrometriche statiche e dinamiche, analisi geotecniche di laboratorio e prospezioni sismiche attive e passive, che hanno portato ad una esauriente caratterizzazione litologica, geomeccanica e sismica del sottosuolo. Pertanto le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sito d'intervento sono state ricostruite dettagliatamente basandosi sulle seguenti attività:

- raccolta e analisi della documentazione e dei dati bibliografici disponibili riguardanti la geologia, l'idrogeologia, i vincoli e le situazioni di pericolosità idrogeologica del territorio comunale;
- rilevamento geologico e idrogeologico di dettaglio dell'area, esteso ad un intorno significativo, al fine di individuare possibili processi morfogenetici, soprattutto di natura idrogeologica, in atto o latenti, che in qualche misura potessero compromettere la completa idoneità geologica del sito d'intervento.

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area d'interesse è ubicata alle porte meridionali della città di Cisterna di Latina ed è posta ad una quota topografica compresa tra $68,5 \pm 55,5$ m s.l.m. Il sito si presenta degradante verso Nord-Ovest ovvero verso il "Fosso Pane e Vino". Geograficamente, essa insiste sull'estrema periferia dell'edificio vulcanico dei Colli Albani (Vulcano Laziale), lungo le propaggini meridionali, laddove, soprattutto in superficie, si confonde la linea di contatto tra le formazioni piroclastiche ed i sedimenti alluvionali della Piana Pontina.

La morfologia dei luoghi, è caratterizzata da un piano dolcemente inclinato da Nord-Est verso Sud-Ovest, laddove le radici dell'edificio vulcanico Albano vengono obliterate o dai sedimenti palustri della piana pontina o da quelli sabbiosi del cordone dunare quaternario. Nell'area è presente un reticolo idrografico che, con direzione radiale, dipartendosi dal settore centrale del vulcano raggiunge o direttamente, come in questo caso, o attraverso le linee di drenaggio artificiali della bonifica (più a sud), il Mar Tirreno.

Nelle vicinanze dell'area in studio scorre, come precedentemente detto, con direzione N-S, il Fosso Pane e Vino, affluente di sinistra idrografica del Fosso Spaccasassi, a sua volta affluente del Canale delle Acque Alte, che rappresenta l'asta idrografica più importante della zona.

Il sottosuolo dell'area interessata dall'intervento di che trattasi è costituito, per oltre 40 metri di spessore, da formazioni piroclastiche emesse dal vulcano dei Colli Albani.

La fase primordiale dell'attività del distretto vulcanico albano si è materializzata attraverso la costruzione dell'"edificio Tuscolano-Artemisia", fondato, nell'intero territorio interessato dalle emissioni vulcaniche, sui sedimenti marini o continentali del Pliocene/Pleistocene.

La fase tuscolano - artemisia (riferita al periodo di tempo compreso tra 600.000. e 360.000. anni) viene suddivisa in quattro cicli durante i quali si sono messe in posto altrettante colate piroclastiche principali e, subordinatamente, depositi di ricaduta e colate di lava.

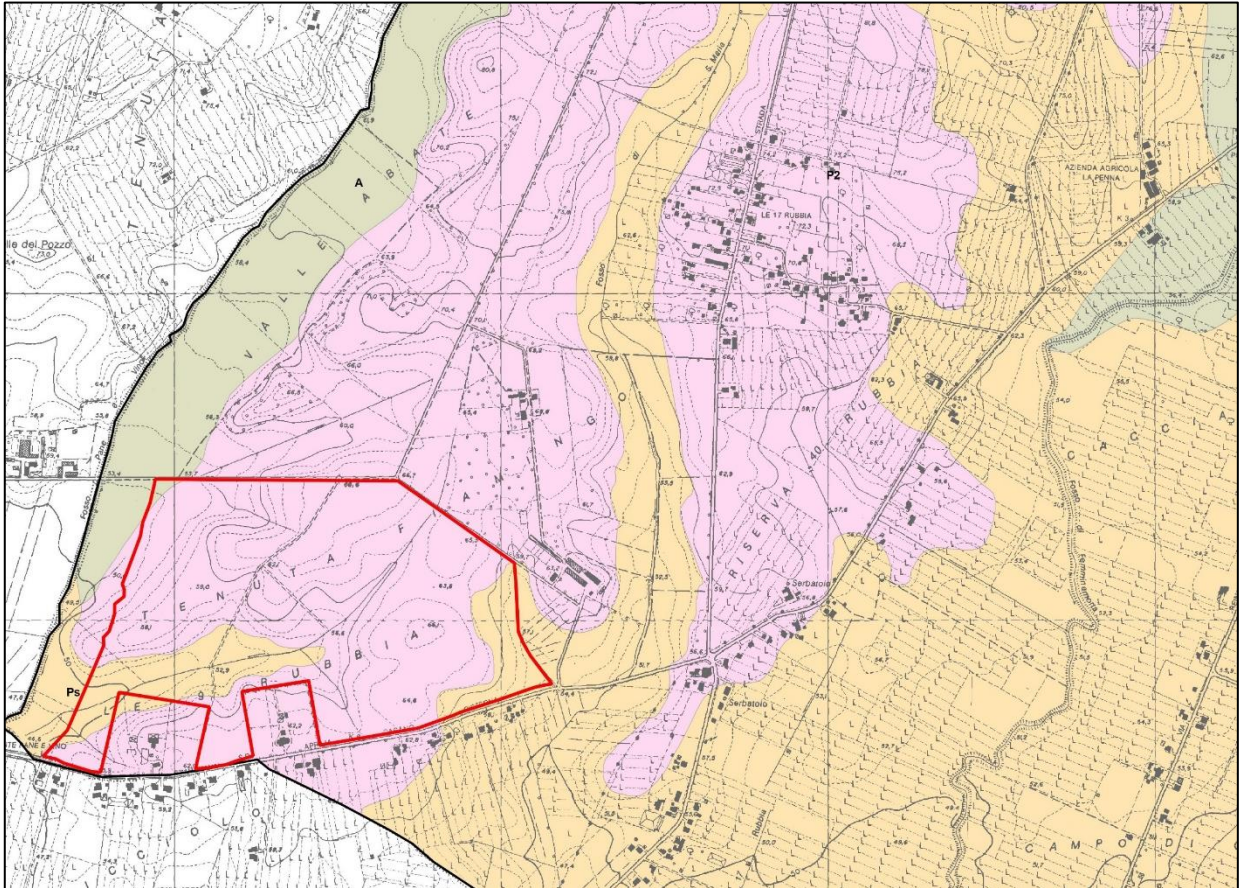
Nel territorio di Cisterna di Latina, al di sopra del basamento argilloso pliocenico, sono presenti formazioni della II^a colata piroclastica. Lo spessore di queste unità vulcaniche varia da luogo a luogo, in quanto i flussi piroclastici tendevano ad occupare le depressioni delle paleomorfologie.

Le più antiche unità vulcaniche sono ricoperte da formazioni sedimentarie, di facies lacustre (travertini) e alluvionale (argille e limi), depositatesi durante una fase di stasi dell'attività vulcanica. Dall'esame di numerose stratigrafie di sondaggi di pozzi, risulta che la ripresa dell'attività vulcanica sia stata caratterizzata, nel territorio di Cisterna, prevalentemente da fasi effusive. Al di sopra di strati di travertino o di argilla, giacciono spesso banchi di lava di spessore variabile da pochi metri a qualche decina di metri.

Le formazioni della III^a colata piroclastica, rappresentate dalle "Pozzolane inferiori" e dal "Tufo lionato", che nel territorio a nord e nord ovest della città si possono osservare anche in affioramento, poggiano generalmente al di sopra delle unità vulcaniche, di cui si è detto, o al di sopra dei depositi sedimentari.

La IV^a c.p. ha dato luogo alle formazioni che ricoprono la parte sommitale dei modesti rilievi collinari, allungati prevalentemente in senso NE - SO, caratteristici del territorio settentrionale e nord occidentale di Cisterna e dei territori confinanti. Si tratta del più recente flusso piroclastico che, nei comprensori circumvulcanici, ha ricoperto le formazioni delle "Pozzolane inferiori" e del "Tufo lionato". Queste ultime affiorano in prevalenza sui

versanti vallivi dei corsi d'acqua che hanno inciso i termini superiori del complesso delle piroclastiti affluite nel territorio.



Ps - Piroclastiti incoerenti, a grana fine ("tufi terrosi"), pseudostratificate, giacenti al di sopra della formazione di "villa Senni"; costituite in prevalenza da depositi cineritici di granulometria per lo più limoso-sabbiosa, di colore marrone-rossastro o giallo-rossastro, con una tessitura assai omogenea (spessore 2 - 4 m), inoltre da cineriti e sabbie finissime contenenti pomice e scorie di vario genere (spessore 1 - 2 m); al top della formazione si trova quasi sempre una cinerite di debole spessore, di solito molto alterata, a grumi e spalmature di colore giallastro, e, meno frequentemente, un sottilissimo livello cineritico di colore nocciola chiaro con scorie varicolori (nere, verdastre, arancioni...); alla base è presente un tufo friabile con molti cristalli di analcime in matrice cineritica di colore avana; lo spessore complessivo, in assenza di erosione, varia in prevalenza tra 8 e 12 metri; all'interno della sequenza si osservano uno o due paleosuoli. Tali piroclastiti posseggono di solito una copertura di suoli prevalentemente limoso-argillosi ora eluviali/colluviali ora alluvionali (per lo più alluvioni antiche) di colore bruno-rossastro (spessore medio 1,5 m); nel settore meridionale di Cisterna, la copertura è costituita soprattutto da alluvioni recenti, di colore grigio scuro, dello spessore medio di poco più di un metro

P2 - Vulcaniti appartenenti alla IV[^] colata piroclatica del periodo Tuscolano-Artemisio del Vulcano Laziale; si distinguono: le "pozzolane superiori", di colore grigio, a granulometria sabbioso-ghiaiosa, costituite da scorie e litici olocristallini a leucite e pirosseno e clasti lavici; il tufo di "villa Senni", di colore bruno-rossastro o grigio nocciola, a cementazione più o meno spinta (consistenza lapidea o semilitoide o leggermente friabile), costituito da scorie rossastre grigie e nere immerse in una matrice cineritico-scoriacea; contiene inoltre litici olocristallini a leucite e pirosseno e clasti lavici; alla base si osserva un passaggio sfumato con il sottostante "tufo lionato"; a volte è presente una facies conglomeratica (bombe, lapilli, frammenti di rocce ignee e di lava, ecc); a vari livelli della formazione possono essere presenti strati cineritici di colore marrone-rossastro; lo spessore della IV[^] c.p. varia prevalentemente tra 10 e 20 metri.

Fig. 5 - Stralcio della Carta Geologica di dettaglio – PGR Comune di Cisterna di Latina - Tav. G2/2 (Geologo N.lalongo)

Le formazioni della IV^a c.p. sono costituite da piroclastiti incoerenti: "Pozzolane superiori" o "Pozzolanelle" e da tufi semilitoidi e litoidi (formazione del "Tufo di Villa Senni").

Associata ai tufi litoidi, molto spesso si trova una formazione conglomeratica, costituita da frammenti di lava e di rocce cristalline, da proietti di vario genere, scorie, ceneri ecc.. Si tratta di una breccia denominata: "co-ignimbritica", dovuta quasi certamente alla esplosione della caldera. È probabile comunque che tale breccia rappresenti semplicemente una facies conglomeratica delle pozzolane superiori.

Al di sopra delle vulcaniti della IV^a colata piroclastica giace una sequenza di tufi terrosi pseudostratificati, separati dalla formazione di villa Senni per mezzo di paleosuoli o superfici di erosione. Lo spessore complessivo di dette piroclastiti stratificate è in media di 7÷8 metri. I tufi terrosi presentano costantemente una copertura di limi argillosi di origine prevalentemente alluvionale (alluvioni antiche).

L'insieme delle unità piroclastiche presenti nel sottosuolo della zona ha spessori variabili da 30 a 60 metri circa. Gli spessori più elevati si trovano per lo più in corrispondenza di paleo depressioni. Si segnala inoltre la presenza, nel sottosuolo del territorio di Cisterna, di colate laviche intercalate alle formazioni piroclastiche, in particolare a quelle della II^a colata piroclastica.

ASSETTO LITOLOGICO-SEDIMENTARIO DEL SOTTOSUOLO

A seguito dei risultati acquisiti da indagini svolte in aree limitrofe in epoche precedenti, unitamente dati reperibili dalla bibliografia, è possibile delineare il profilo stratigrafico del sottosuolo del luogo, così come in appresso.

Al di sotto di una coltre del terreno vegetale si trovano i seguenti terreni:

- *Piroclastiti incoerenti ("tufi terrosi pseudostratificati") costituite in prevalenza da sedimenti cineritici di granulometria per lo più limoso-sabbiosa, di colore marrone-rossastro o giallo-rossastro, con una tessitura abbastanza omogenea; sono presenti a volte un tufo friabile, ricco di minerali di analcime in matrice cineritica avana-nocciola chiaro (spessore 1 – 2 metri o poco più) e/o un deposito cineritico con molte pomice e scorie di vario genere; lo spessore complessivo della formazione dei tufi terrosi pseudostratificati in zona varia tra 6 e 8 metri; alla base della sequenza si può trovare uno strato di minore consistenza, probabilmente un paleosuolo o un orizzonte pomiceo in matrice cineritica;*

- *Tufi, ora a consistenza litoide ora friabili o incoerenti (formazione del “tufo di Villa Senni), e pozzolane molto addensate (“pozzolane superiori”), emessi durante la IV^a colata piroclastica; sono presenti fino a 20 metri circa dal p.c.;*
- *Pozzolane della III^a colata piroclastica (“pozzolane inferiori”), a volte precedute da bancate per lo più sottili di tufo litoide (“tufo lionato”), cui fanno seguito pozzolane della II^a c.p.; l’insieme di dette formazioni piroclastiche si spinge fino a profondità di oltre 40 metri dal p.c.;*
- *Suoli lacustri, costituiti da banchi di travertino litoide e da strati di limi fossiliferi scuri attraversati da orizzonti argillosi; questa formazione è stata attraversata dai sondaggi fino a circa 60 m dal piano di campagna.*

Segue una formazione prevalentemente argillosa di facies lagunare o marina, di età plio-pleistocenica, che presenta spessori di molte decine di metri.

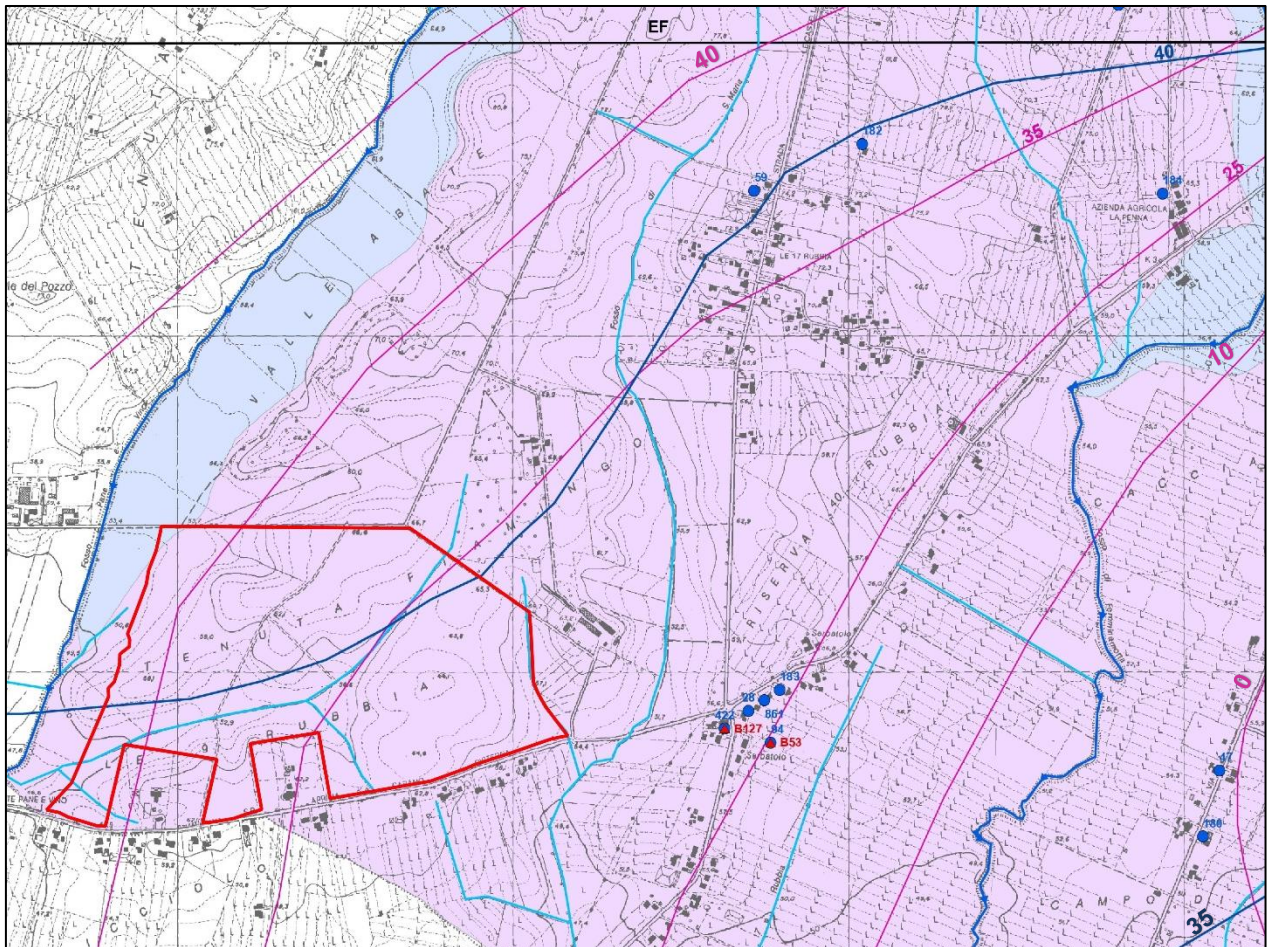
LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Nel sottosuolo del territorio di Cisterna di Latina, è presente una falda idrica, alimentata dalle acque di pioggia che si infiltrano in un comprensorio molto più vasto del territorio comunale. Copiosi apporti alla falda sotterranea del sottosuolo di Cisterna pervengono infatti dalle circolazioni idriche che si originano sulle pendici meridionali dell'apparato vulcanico albano.

Le acque sotterranee si dirigono verso le zone periferiche del vulcano prevalentemente all'interno degli orizzonti pozzolanici, permeabili per porosità, o all'interno delle colate laviche permeabili per fessurazione.

In particolare gli ammassi lavici fratturati costituiscono dei veri e propri dreni delle altre formazioni vulcaniche, in particolare nella zona centrale dell'apparato, e conducono cospicui quantitativi di acqua che vanno ad arricchire gli acquiferi dell'area circumvulcanica.

Un ulteriore apporto indiretto di acque sotterranee avviene al contatto tra il massiccio calcareo dei M. Lepini e le formazioni vulcaniche addossate al versante roccioso carbonatico. Alla base dei Monti Lepini è presente una falda idrica di tipo carsico, di forte potenzialità (Sistema idrogeologico dei M. Lepini). Tale falda, laddove è tamponata dai sedimenti impermeabili della pianura pontina, dà origine a numerose e importanti sorgenti basali pedemontane.



- A-R** Depositi alluvionali e riporti antropici. Permeabilità molto variabile. Sono sede di acquiferi di modesto spessore alimentati dai corsi d'acqua.
 - P** Depositi piroclastici delle diverse sequenze dell'apparato dei Colli Albani - alternanze di cineriti, scorie, tufi, lave, pozzolane, livelli di paleosuolo. L'insieme presenta permeabilità molto variabili. Le prove di pompaggio restituiscono valori medi compresi tra 0,001 e 0,0001 m/s. Il comportamento è quello di un ammasso mediamente permeabile inglobante corpi molto permeabili che determinano le principali direttrici del deflusso sotterraneo. L'acquifero presente in queste formazioni è caratterizzato da potenzialità molto elevate.
- isopieze (m s.l.m.)
- tetto del substrato argilloso e argilloso sabbioso pre-vulcanico (m s.l.m.)

Fig. 8- Stralcio della Carta Idrogeologica di dettaglio - PGR Comune di Cisterna di Latina (Geologo N. Ialongo)

Sulla base dei risultati di precedenti indagini idrogeologiche, di importanza comprensoriale, è possibile considerare le circolazioni idriche del sottosuolo come appartenenti ad una unica falda.

Questa ipotesi è avvalorata sia dalle caratteristiche degli ammassi filtranti, che giacciono al di sopra delle argille di base, sia dagli andamenti delle isopiezometriche, i quali rivelano una pendenza generale N - S dell'orizzonte freatico (nei territori compresi tra la fascia perivulcanica e il mare), e in particolare dallo studio delle caratteristiche idrauliche della falda, a seguito della perforazione di pozzi.

Infatti raramente sono state verificate condizioni di artesianità delle circolazioni idriche. Le falde in pressione sono certamente determinate dalla presenza, in sede locale, di strati impermeabili intercalati agli orizzonti acquiferi.

Il letto della falda idrica sotterranea è costituito, nel sottosuolo dell'area in studio (come pure di tutto il centro urbano di Cisterna di Latina), dalle argille plio-pleistoceniche. Si distinguono due diversi orizzonti acquiferi.

A partire dal substrato impermeabile (argille plio-pleistoceniche):

- il complesso sedimentario, costituito da sabbie, talora argillose, alternate con depositi argillosi, che in zona ha spessori poco elevati;
- il complesso piroclastico, di elevato spessore, nel quale si trovano inglobati banchi di travertino.

L'acqua circola nelle formazioni piroclastiche di maggiore permeabilità, presenti a varie profondità, nei travertini, e nelle sabbie di origine prevalentemente alluvionale.

Se nel complesso i vari orizzonti acquiferi si possono considerare componenti di un corpo idrico unitario, in zona, stante la presenza nel sottosuolo di formazioni argillose poco permeabili, non sempre le diverse circolazioni idriche sono in comunicazione idraulica fra loro, per cui si possono verificare nel sottosuolo condizioni di artesianità.

Dalla carta idrogeologica risulta che la superficie piezometrica giace, in corrispondenza del luogo in studio, a quote di circa 35 metri sul livello del mare. Pertanto la falda si trova a profondità di circa $20,0 \pm 33,0$ metri dal piano originario di campagna. Il flusso idrico si dirige verso sud est con un gradiente piezometrico medio di 0,004.

SISMOLOGIA

Inquadramento Sismico

Dall'analisi storica dei terremoti risulta che l'area in studio si colloca in una zona che presenta una limitata attività sismica, con eventi di intensità bassa. Tuttavia, essa può essere investita dagli effetti di terremoti che possono originarsi altrove. I centri sismici attivi che possono influenzarla sono: il Viterbese il Reatino, i Colli Albani; la Valle Latina; l'area

del Fucino; i Monti Simbruini-Ernici; la zona di mare aperto compresa tra Anzio e il Monte Circeo; l'Abruzzo; l'Irpinia e la Basilicata. I maggiori terremoti registrati nei Colli Albani sono datati 22 Gennaio 1892 e 18 Luglio 1899. Gli effetti del primo si sentirono nell'area con intensità pari al V grado della scala Mercalli, mentre quelli del secondo rimasero compresi tra il IV ed il V grado. Il massimo evento sismico con fuoco nella Valle Latina avvenne il 24 agosto 1877.

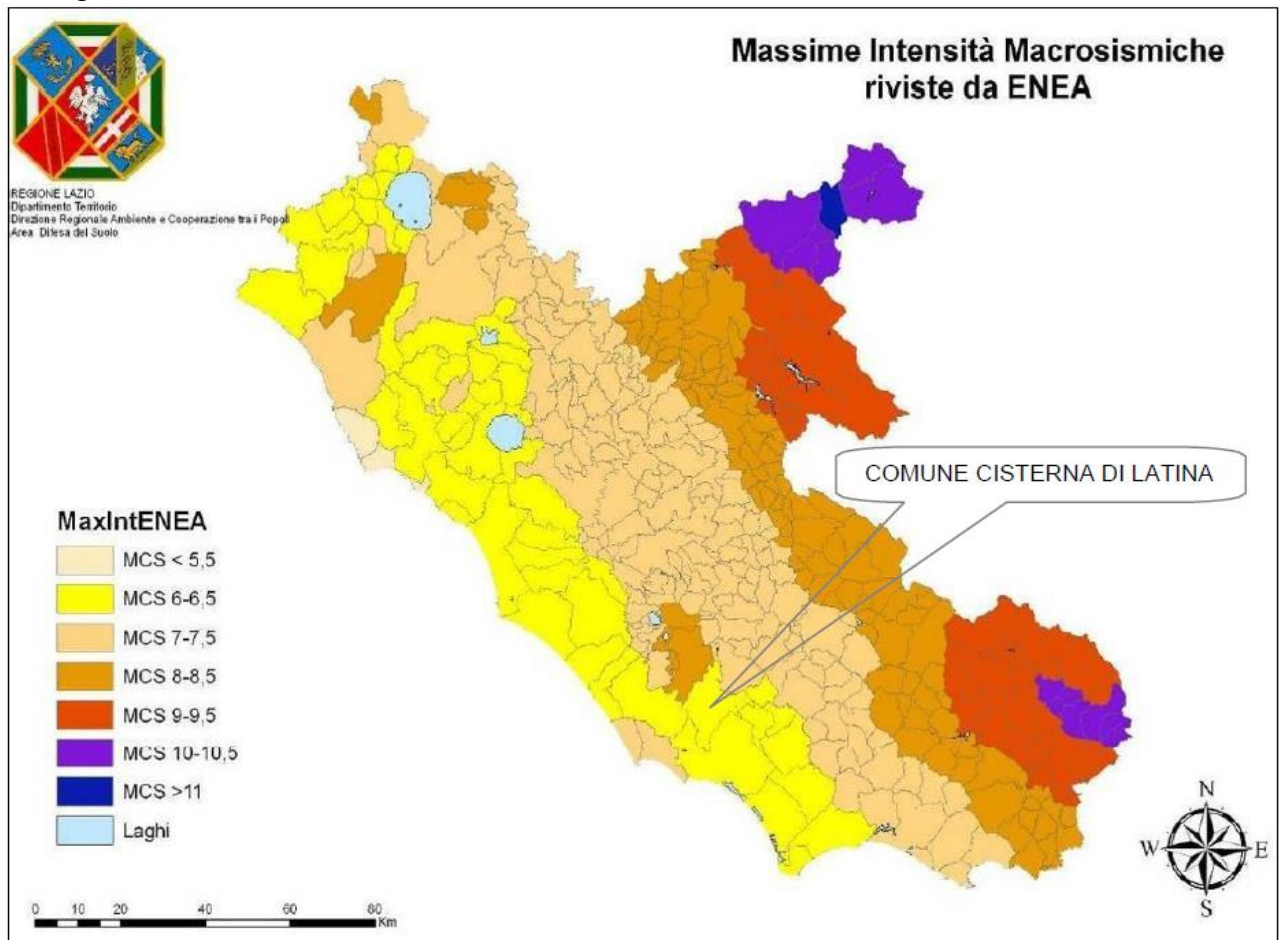


Fig. 9- Massime Intensità Macrosismiche registrate nella Regione Lazio (ENEA)

L'effetto macrosismico nell'area in studio fu pari a V-VI grado della scala Mercalli. Un successivo terremoto proveniente dalla stessa località datato il 31 luglio 1901 non superò, invece, il V grado. Il rovinoso sisma di Avezzano del 13 gennaio 1915, che arrivò a Roma trail VII e l' VIII grado, si attenuò in zona fino al IV grado. Nella zona di mare aperto al largo di Torre Astura, tra Anzio e il Capo Circeo, sono stati individuati alcuni epicentri sismici storici che hanno provocato terremoti che, in zona non hanno raggiunto una intensità maggiore al V grado. Il maggiore di essi avvenne nel 1919 ed ebbe epicentro nella zona antistante Torre Astura e gli effetti si propagarono nella Pianura Pontina con intensità non

superiore al V grado della scala MCS. Una replica di tale sisma si è avuta, di recente, pochi minuti dopo le ore 14 del 22 agosto 2005.

La Fig. 9, ottenuta dalla Carta delle Massime Intensità Macrosismiche riviste da ENEA osservate nei Comuni Italiani, evidenzia che l'area ha risentito durante gli ultimi 2000 anni una intensità massima pari al 6,5 gradi MCS.

Va osservato che Il giorno 23 Luglio 2011, nella Città di Latina è stato avvertito un terremoto di magnitudo (MI) 3.5 avvenuto alle ore 18:50:25 (16:50:25 23/Lug/2011-UTC), con epicentro in località Tor Tre Ponti. Il terremoto è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico Pianura-Pontina (Fig.10a-10b-10c).

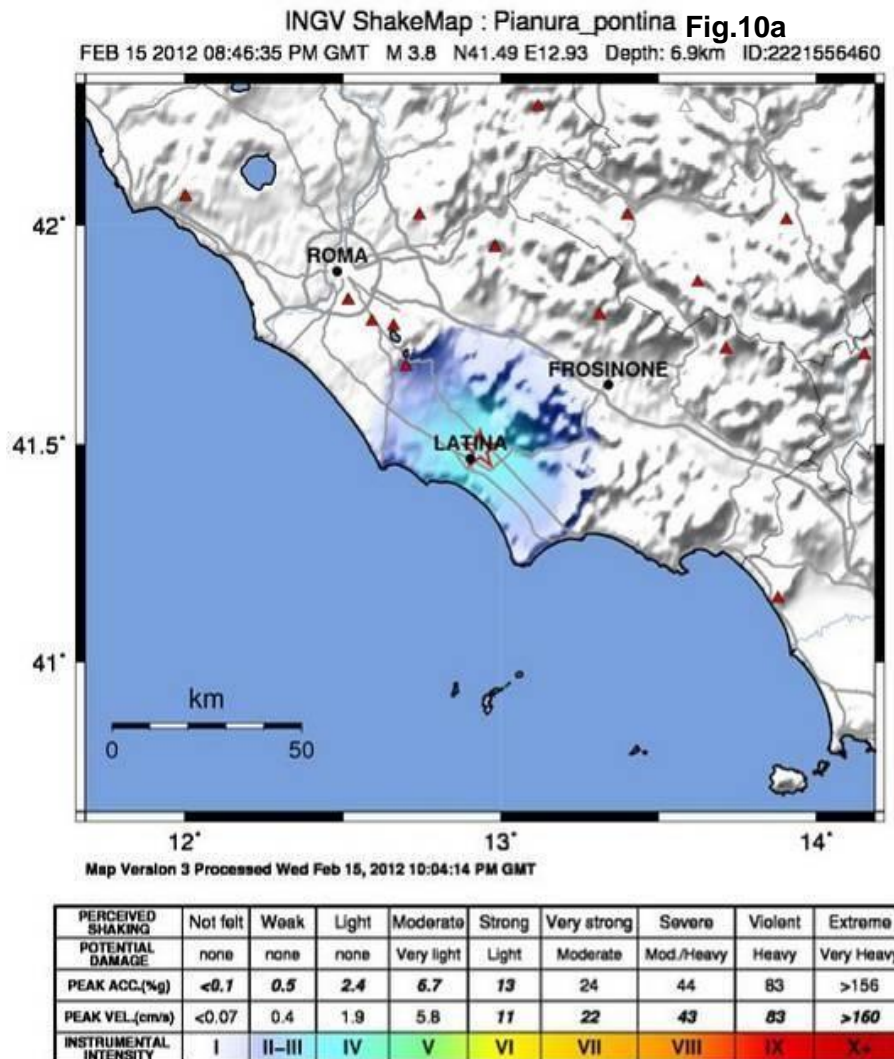


Fig. 10a- Shake Map: Mappa delle intensità strumentali;

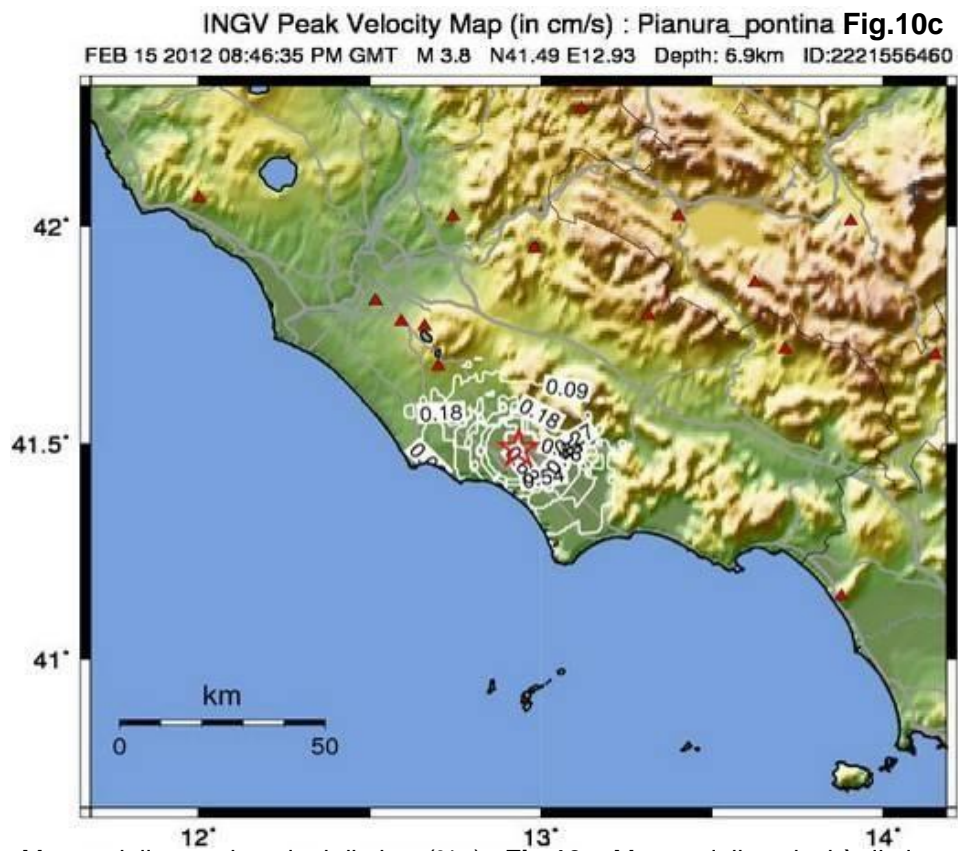
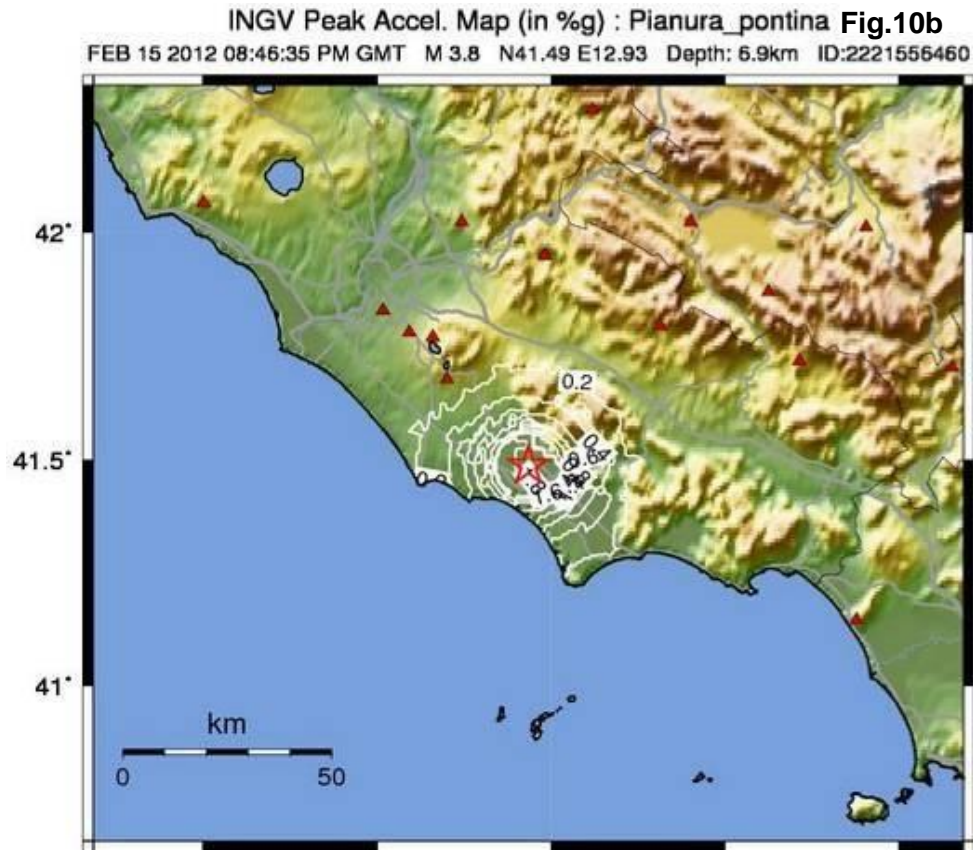


Fig.10b- Mappa delle accelerazioni di picco(%g).; **Fig.10c-** Mappa delle velocità di picco (cm/sec)

Il giorno 15.02.2012 è stato avvertito un altro evento sismico di magnitudo (MI) 3.8, avvenuto alle ore 21:46:35 (ora Italiana); 20:46:35 (ora UTC), epicentro Lat: 41.487°N; Long:12.934°; Profondità 6.9 Km. Anche questo terremoto è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico Pianura-Pontina.

Ulteriori informazioni sulla sismicità dell'area possono essere ricavate dai cataloghi sismici recentemente proposti dall'Istituto Nazionale di Geofisica, Catalogo dei Forti Terremoti (CFT) (Boschi et alii, 1990, 1995) e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), cataloghi NT4.1.1 e DOM4.1 (Camassi & Stucchi, 1997).

In questi cataloghi vengono riportati per un gran numero di eventi i risentimenti sismici subiti da tutte le località per le quali sono state reperite indicazioni storiografiche, risultando una fonte estremamente preziosa per conoscere la storia sismica di un'area.

Si ritiene che i cataloghi siano sufficientemente completi rispetto agli eventi maggiori a partire circa dal XVII secolo, perciò il dato storico risulta non sufficientemente attendibile per definire la sismicità di un'area nel caso di terremoti con tempi di ritorno superiori a quelli coperti dal catalogo, che possono quindi "sfuggire" all'identificazione per via storica.

In tal caso risultano essenziali gli studi di tettonica attiva e paleosismologia, che verificano la presenza o meno di indicatori geologici di eventi sismici di forte intensità.

Macrozonazione Sismica

La sismicità dell'area italiana si inserisce in un quadro geodinamico complesso, nel quale trovano coesistenza processi cinematici diversi.

Sulla base della Zonazione Sismogenetica ZS4 e recependo le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Individual Seismogenic Sources), è stato elaborato lo strato informativo relativo alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (App.2 al Rapporto Conclusivo - Gruppo di lavoro per la redazione della mappa della pericolosità sismica - Ordinanza PCM n.3247).

Le maggiori conoscenze relative all'individuazione di sorgenti sismogenetiche e la maggiore consapevolezza sui processi geodinamici in atto hanno consentito di modificare l'impianto della zonazione e la geometria delle zone sorgente. In particolare, ZS9 ha un numero di zone sorgente (36) minore di quanto previsto in ZS4 (80) e, di conseguenza, superfici maggiori.

Come si può notare in Fig.11, ZS9 consiste in un accorpamento e in un parziale

ridisegno delle zone sismogenetiche di ZS4. In particolare in ZS9 si è data una maggiore importanza alla continuità longitudinale delle strutture che costituiscono l'Appennino settentrionale. Il ripensamento sui criteri di disegno delle zone sorgente deriva dalla opportunità di dotare ciascuna ZS di un numero sufficiente di terremoti e dall'analisi del database delle sorgenti sismogenetiche (DISS 2.0, Valensise e Pantosti, 2001).

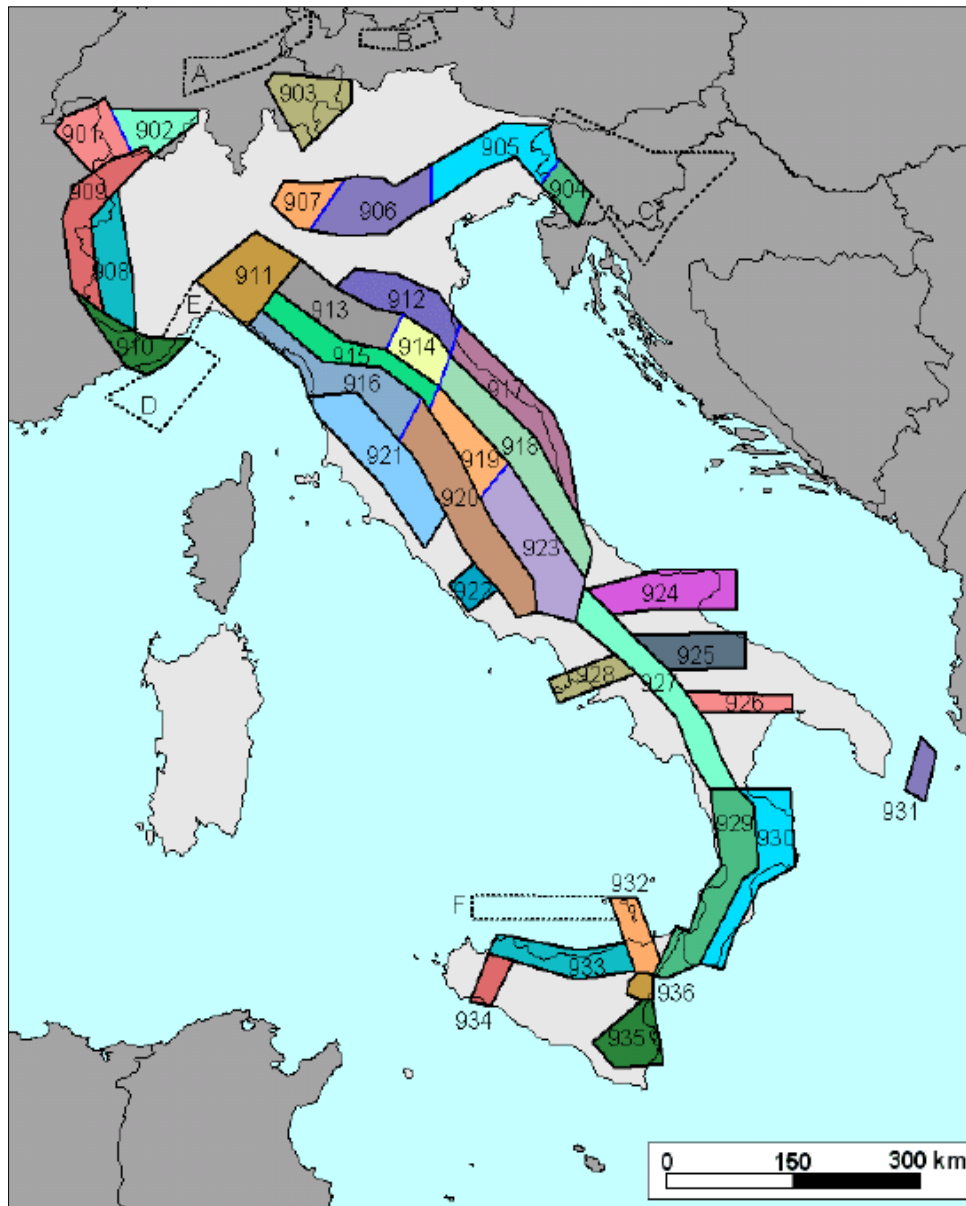


Fig. 11 - Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo.

La realizzazione della zonazione è basata su un modello cinematico di riferimento per il Mediterraneo centrale, sulle evidenze che emergono dai più recenti studi di tettonica attiva e sulla individuazione delle sorgenti sismogenetiche (tra i quali il Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M5.5 in Italy, DISS 2.0, Valensise e Pantosti, 2001) e sul catalogo dei terremoti CPTI04 (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004).

ZS9, come già accennato, è composta di 36 aree poligonali, caratterizzate da comportamento tettonico e cinematico omogeneo e definite principalmente per l'utilizzo con metodi convenzionali di valutazione in termini probabilistici della pericolosità sismica.

Anche ZS9 è corredata da una serie di informazioni geologiche e tettoniche in grado di caratterizzare ogni zona; in dettaglio il vettore delle covariate è composto da: 1) il tasso di occorrenza della zona, inteso come numero medio di eventi nell'unità di tempo; 2) la magnitudo dell'evento da cui viene calcolata la RV; 3) il regime tettonico prevalente dell'area; 4) la profondità media dei terremoti e 5) l'estensione della zona, in km².

La zonazione ZS9, riportata in Fig.11 è costituita da 36 zone sorgente i cui limiti possono essere indicati in colore nero o blu. Il primo colore (nero) definisce i limiti il cui tracciamento è esclusivamente derivato da informazioni tettoniche o geologico - strutturali (es. presenza di faglia di trasferimento, oppure terminazione di un determinato sistema faglie-sorgenti). Il colore blu definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile de formativo ma con differenti caratteristiche della sismicità , quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc. tali differenze sono significative ai fini di una corretta valutazione della pericolosità sismica.

L'analisi della sismicità storica e della pericolosità sismica del Lazio ha fornito la definizione di gruppi di Comuni con livelli omogenei di sismicità ed il calcolo di registrazioni accelerometriche rappresentative dello scuotimento atteso localmente

Questi risultati hanno consentito la redazione della nuova zonazione sismica regionale. Dall'analisi della distribuzione geografica degli epicentri (Fig.12) sono state individuate alcune aree di raggruppamento, definite come Centri Sismici, vale a dire zone con caratteristiche sismotettoniche omogenee.

In particolare, procedendo dall'area appenninica verso la costa, possono essere considerate:

- le ZS9 n. 919, 923 e 927, descritte come le aree a maggiore rilascio di energia dell'Appennino e caratterizzate da importanti faglie di tipo distensivo cui corrispondono le

più estese sorgenti sismogenetiche ed i terremoti a magnitudo più elevata. Rientrano in queste zone i Centri sismici 2) Umbro-Reatino, 4) Avezzano, 5) Aquilano, 6) Lazio meridionale e 8) Sannio-Basilicata-Irpinia, caratterizzati da terremoti con magnitudo superiore a 6 ed intensità epicentrale maggiore del IX grado della scala MCS;

- la ZS9 n. 920, descritta come coincidente con il settore tirrenico a tettonica distensiva, caratterizzato da una sismicità a bassa energia con sporadici eventi di magnitudo relativamente elevata. Appartengono a questa zona il Centro sismico 3) Reatino, i cui eventi più forti presentano magnitudo intorno a 5.5-6.0 ed intensità epicentrali tra il VII-VIII e l'VIII-IX MCS;

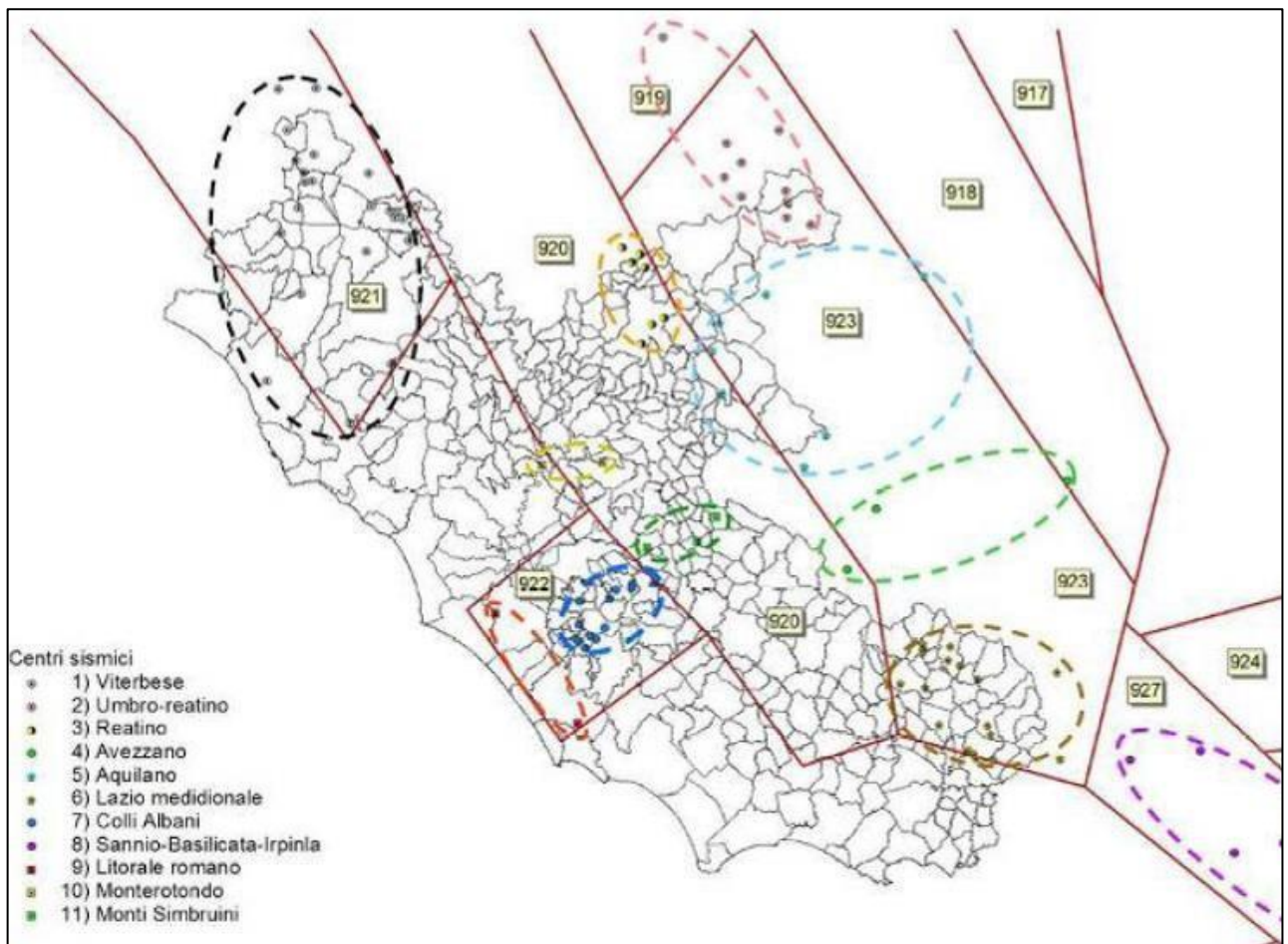


Fig. 12 - Distribuzione degli eventi che hanno generato nel territorio del Lazio almeno un'intensità superiore alla soglia del danno (V-VI grado MCS) ed andamento degli 11 Centri Sismici definiti nel testo, confrontati con le Zone Sismogenetiche ZS9 - *Fonte: Convenzione Regione Lazio-ENEA*

- le ZS9 n. 921 e 922, che racchiudono i distretti vulcanici del Lazio settentrionale e dei Colli Albani, caratterizzate da una sismicità diffusa, ma con moderato rilascio di energia e con pochi eventi a magnitudo più elevata. Sono compresi in queste Zone il Centro

1) Viterbese ed il Centro 7) Colli Albani, caratterizzati da terremoti con magnitudo massime moderate (tra 5.0 e 5.5) ed intensità epicentrali non superiori all'VIII MCS.

Sono stati infine identificati alcuni Centri sismici a carattere prevalentemente locale, Centro 9) Litorale romano, Centro 10) Monterotondo e 11) Monti Simbruini, con eventi di magnitudo massima intorno a 5.0 ed intensità epicentrali tra il VI ed il VII MCS.

Nonostante la limitata estensione areale ed il moderato livello di sismicità, questi Centri sismici forniscono un contributo non trascurabile alla definizione dei livelli di sismicità locale dei Comuni interessati dai relativi eventi.

Dall'analisi spaziale delle intensità osservate in seguito a tutti gli eventi selezionati, procedendo separatamente per ogni Centro sismico, sono stati identificati i 29 terremoti che più influiscono nella definizione delle massime intensità storiche locali. È stato così possibile assegnare ad ogni Comune il livello di massima intensità storica risentita e gli eventi sismici che l'hanno generata.

La distribuzione geografica di queste intensità (Fig.12) mostra una disposizione concorde con l'assetto strutturale e sismotettonico dell'Italia Centrale, in fasce parallele all'asse appenninico, con i valori massimi localizzati nel reatino e nel Lazio meridionale. Un'ampia fascia ad intensità intermedia, tra il VI-VII ed il VII MCS, occupa l'area centrale della Regione,

inglobando i Centri sismici del viterbese e dei Colli Albani, nonché quelli locali di Monterotondo e dei Monti Simbruini. Infine, lungo il litorale si localizzano le intensità più basse, appena al di sopra della soglia del danno, ad eccezione dei Comuni interessati dal Centro sismico del Litorale Romano.

Microzonazione Sismica

Secondo quanto riportato nella DGR. n. 1572 del 03.09.2013, i numerosi eventi sismici accaduti in Italia negli ultimi anni, hanno reso maggiormente evidente la vulnerabilità sismica del territorio italiano. L'osservazione degli effetti dei terremoti degli ultimi decenni, ha evidenziato, inoltre, che i danni alle costruzioni a seguito di eventi sismici si manifestano con differenze notevoli in centri abitati posti anche a piccole distanze tra loro. Le cause di queste situazioni, oltre alla differente tipologia costruttiva, vanno ricercate in una diversa pericolosità sismica locale, accentuata dalle differenti modalità di propagazione delle onde sismiche, funzione delle caratteristiche geometriche, elastico-acustiche e di instabilità di

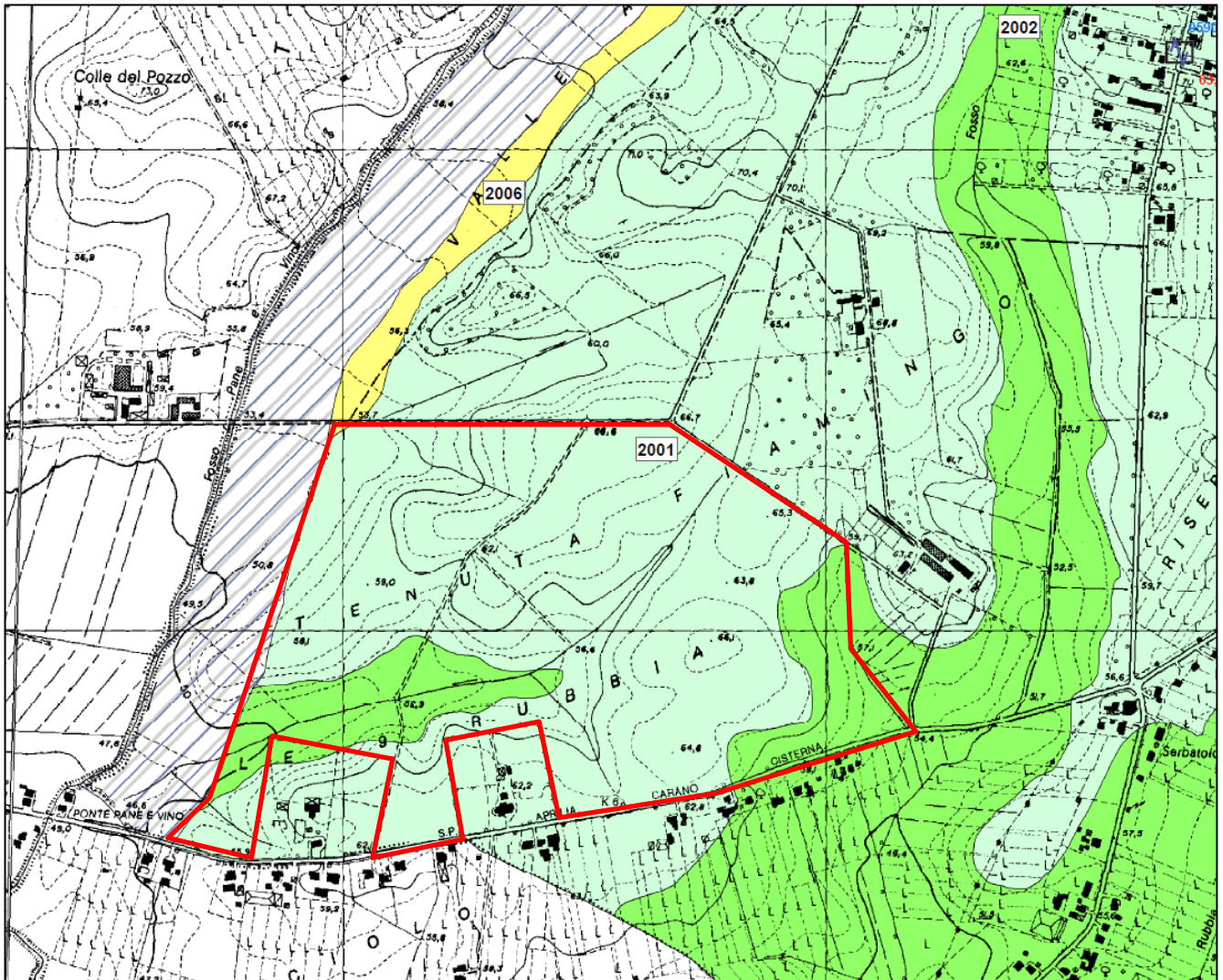
suolo e sottosuolo. Lo studio delle problematiche sopra descritte è oggetto della microzonazione sismica. Il miglioramento della conoscenza in materia prodotto dagli studi di microzonazione sismica può contribuire concretamente, insieme a quelli sulla vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

Con Determina n° 807 del 01/06/2017, CIG ZF71CB2C4D, dell'Ufficio Tecnico del Comune di Cisterna di Latina (LT), è stato conferito l'incarico di redigere la documentazione riguardante la Microzonazione Sismica di Livello I del territorio comunale ai Geologi Dott. Valerio Salvitti e Dott. Andrea Sembroni.

Lo studio, adottato dal Comune di Cisterna, è stato redatto secondo i criteri stabiliti nel testo "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - Parti I, II, III e IV" (a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile) e nella DRG Lazio 545 del 26 Novembre 2010 e s.m.i.

Il Direttore della Direzione Regionale Lavori Pubblici - Stazione Unica Appalti, Risorse Idriche e Difesa del Suolo - con Determinazione n° G09573 del 15.07.2021, ha validato lo studio di Livello 1 di Microzonazione Sismica e dell'Analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE) dell'Unità Amministrativa Sismica di Cisterna di Latina.

Dallo stralcio cartografico sopra riportato in Fig.13, tratto dalla Tav.4.3 della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), si evince che nella classificazione delle "Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Locale", l'area di progetto ricade nei settori indicati come **2001** e **2002**. Le "Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Locale", comprendono quei settori che, pur mantenendo il loro grado di stabilità, possono, in funzione del loro assetto litostratigrafico e morfologico, dar luogo a fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso.



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

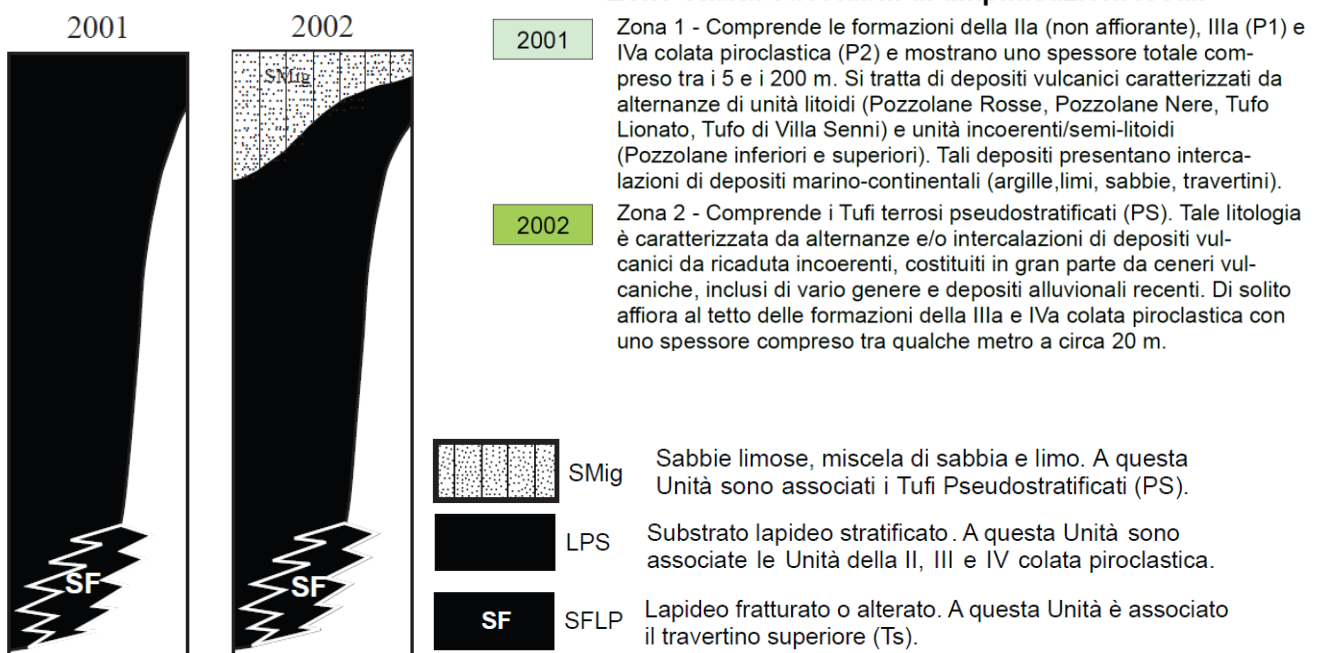


Fig.13 - Stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Sismicità dell'area d'intervento

Come già ricordato, il territorio comunale di Cisterna di Latina ai sensi della D.G.R. n°387/2009 è collocato in "Zona 3, Sottozona A" (Fig.14) e pertanto viene assunta un'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresa tra $0.10 \leq a_g < 0.15$ (dove: a_g = accelerazione di picco su terreno rigido).

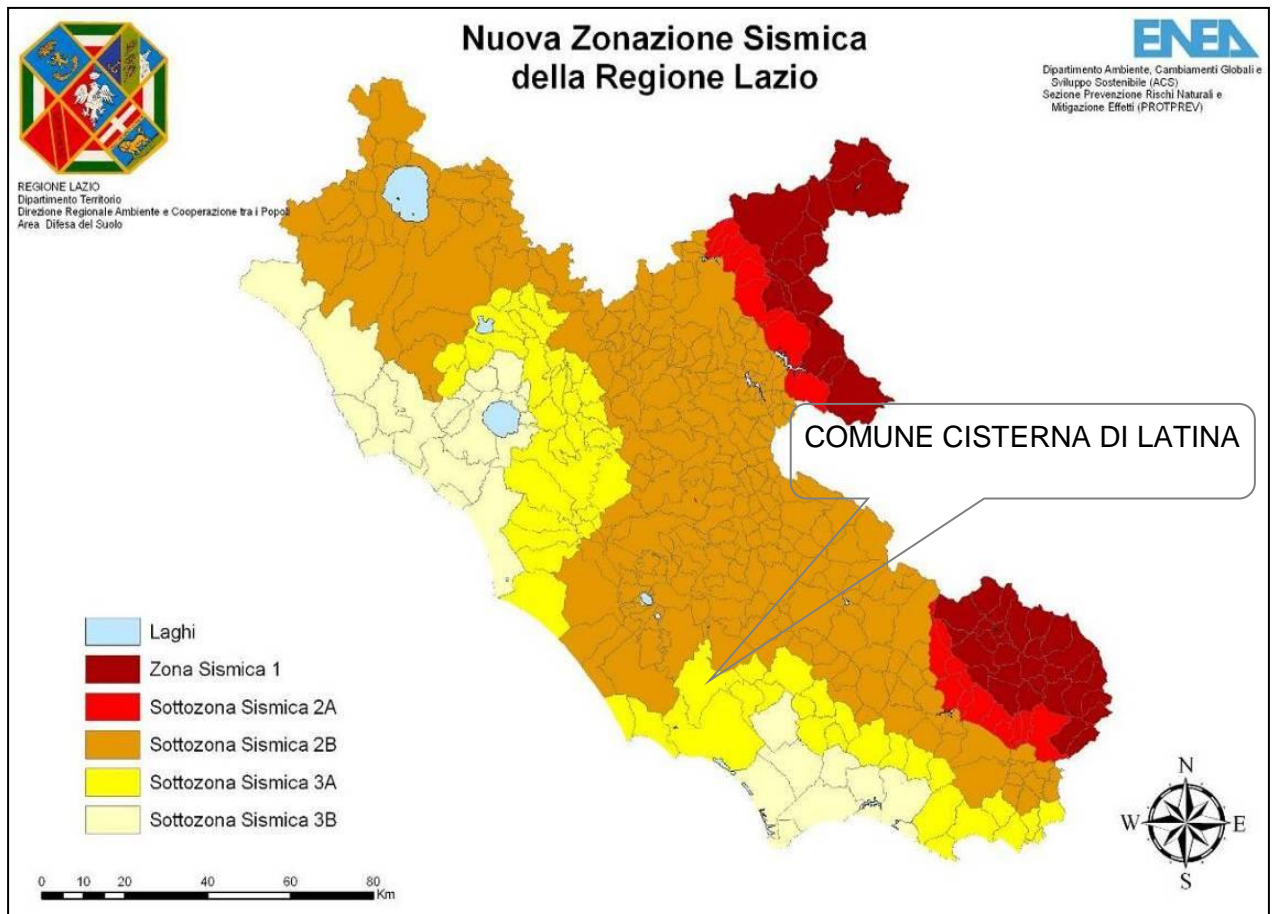


Fig. 14 - Riclassificazione Sismica Regione Lazio - D.G.R. n°387/2009

Ai sensi della normativa tecnica per le costruzioni (NTC- D.M.17.01.2018), si dovrà ottemperare a quanto espressamente richiesto riguardo alla puntuale valutazione della pericolosità sismica e quindi delle esigenze di una moderna progettazione sismoresistente delle opere di ingegneria civile.

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

L'impianto agrivoltaico in progetto ricade nella *Classe d'Uso II* (D.M. 17.01.2018 Capitolo 2, § 2.4.2.; D.G.R. n°793/2020 modifica dell'Allegato 2 della D.G.R.n°387/2009 del

22.05.2009).

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.

Nella presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T*_c** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Sulla base delle risultanze degli studi geofisici che dovranno essere eseguiti, il sito ricadrà in una “categoria di sottosuolo” come da tabella sotto riportata, estrapolata dalle NTC18:

Tabella 3.2.II – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M. 17.01.2018)

- **Categoria 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 m.
- **Categoria 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.
- **Categoria C:** *Depositati di terreni a grana mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- *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.
- **Categoria D:** *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
- **Categoria 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 30m.

Per quanto alle condizioni topografiche, che parimenti a quelle del sottosuolo concorrono a modificare l'azione sismica in superficie, il sito d'intervento ricade nella **categoria caratteristica** della superficie topografica **T1**: “*Pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”. Nel calcolo dell'azione sismica di progetto, il **coefficiente di amplificazione topografica** potrà essere assunto pari all'unità ($St=1$).

Tabella 3.2.III – CATEGORIE TOPOGRAFICHE

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 $i > 30^\circ$

VALUTAZIONE DEI RISCHI E IDONEITÀ GEOLOGICA E TERRITORIALE

Per valutare l'idoneità territoriale del sito in studio, si sono prese in esame tutte le caratteristiche morfologiche, geotecniche ed idrogeologiche che concorrono, in senso positivo o negativo, a determinare le condizioni di stabilità e sicurezza dell'opera in progetto, quali:

- a)- pendenza del terreno e condizioni di stabilità al contorno;
- b)- presenza di falde acquifere;
- c)- rischio di inondazioni;
- d)- disturbi tettonici;
- e)- pericolosità sismica del sito;
- f)- capacità portante ammissibile del terreno di fondazione e cedimenti;
- g)- suscettibilità alla liquefazione dei terreni

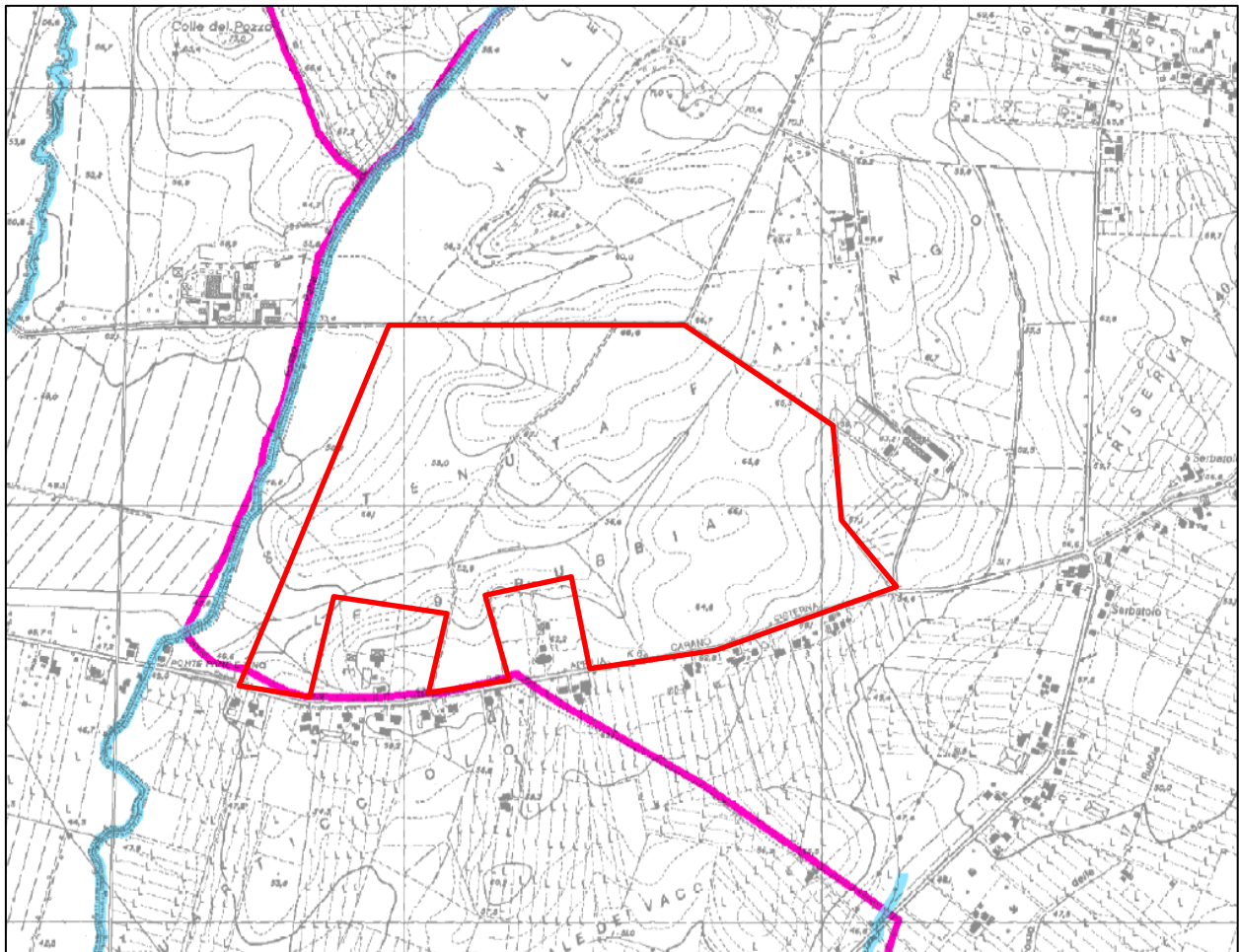
Nell'area d'interesse non si evidenzia alcun tipo di problema legato ai fattori sopra elencati, in quanto il terreno è sub-pianeggiante e stabile.

Non vi è presenza di falde acquifere e non esiste rischio di inondazioni. I deflussi superficiali sono effimeri, poiché le acque meteoriche in caso di piogge normali, data la natura drenate del suolo superficiale, tendono ad infiltrarsi, mentre solamente in caso di forti e persistenti fenomeni piovosi possono provocare un certo ruscellamento superficiale, quasi totalmente intercettato e governato dai sistemi drenanti presenti in loco per la raccolta e lo smaltimento delle acque e dai fossi naturali.

Non sono stati osservati in loco e nelle immediate vicinanze indizi di dissesti idrogeologici, in atto o latenti, che lascino presupporre una incisiva e pericolosa evoluzione di tali fenomeni nel tempo. Il sito interessato non ricade all'interno di parchi o aree protette (SIC, ZPS) e non risulta gravato da vincoli imposti dal Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) (Fig. 15) e pertanto è esente da qualsivoglia rischio di natura idraulica o di frana.

Le considerazioni circa la natura litologica e le caratteristiche geomeccaniche, valutate

attraverso i dati bibliografici in possesso, fanno ritenere che tali terreni siano scarsamente o affatto suscettibili di liquefazione. Le valutazioni circa il potenziale di liquefazione dovranno però essere verificate in una fase successiva. Essi infatti vengono solitamente basate sui criteri empirici di previsione che utilizzano in prevalenza le caratteristiche granulometriche, lo stato di addensamento dei terreni granulari e la pressione di confinamento.





-  Corsi d'acqua principali classificati pubblici con DGR n°452/05 (artt. 9 e 27)
-  Limite comunale

Fig. 15 - Stralcio Tav 2.04Sud – Autorità Distrettuale dell'Appennino Centrale - Piano Assetto Idrogeologico

L'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS del Lazio è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione dall'INGV ed in particolare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04 [Gruppo di lavoro CPTI, 2004] ed il Database Macrosismico BDMI04 [Stucchi et al., 2007]. Dallo studio richiamato

si evince che le più elevate intensità sismiche risentite nel territorio di Cisterna di Latina sono connesse con i seguenti centri sismici (contrassegnati dai rispettivi numeri):

4) Avezzano e 5) Aquilano, caratterizzati da eventi con magnitudo 6.5–7.0 ed intensità epicentrali tra il IX-X e l'XI grado MCS. La distribuzione dei risentimenti degli eventi collegati a questi centri sismici presenta un andamento a carattere regionale.

7) - Colli Albani. I terremoti di questo Centro sismico presentano magnitudo moderate (tra 5.0 e 5.5) ed intensità epicentrali tra il VI-VII ed il VII-VIII MCS. Si evidenzia in questa area vulcanica la tendenza ad una limitata estensione areale dei danni più significativi probabilmente legata ad una bassa profondità ipocentrale.

9) Litorale romano. Anche questo Centro sismico risulta caratterizzato da eventi con una magnitudo tra 5.0 e 5.5, mentre le intensità sono comprese tra il VI ed il VII MCS. Gli eventi collegati a questo Centro sismico hanno una influenza locale sul livello di sismicità dei Comuni interessati.

In generale si tratta di una attività tellurica con carattere di "breve sciame sismico" (successione di eventi caratterizzata da assenza di scossa principale), che può avvertirsi nel sito di pertinenza con effetti di media intensità.

Va osservato, infine, che l'assetto morfologico e tettonico locale non evidenziano condizioni di amplificazione di eventuali sollecitazioni telluriche.

In riferimento alla pericolosità geologica art. 4 comma 2 del DGR 10/2012 si può affermare che:

- 1) il terreno nel quale verrà realizzata l'opera ha una pendenza minore di 15°;
- 2) il terreno è geologicamente stabile e non presenta alcuna delle seguenti condizioni geologiche:

- a) *non sono presenti zone suscettibili a liquefazione;*
- b) *non sono presenti zone in subsidenza o con cedimenti differenziati del terreno;*
- c) *non sono presenti zone in frana e/o dissesto;*
- d) *non sono presenti zone a rischio R3 O R4 per i Piani delle Autorità di Bacino competenti.*

Sulla base dei risultati dello studio geologico-geomorfologico-idrogeologico svolto, così come risulta dalle cartografie prodotte, è stata individuata una sola classe di idoneità: **Area idonea soggetta ai normali vincoli di progetto.**

Per quanto precede, si può affermare che il sito in studio è geologicamente idoneo per i fini edificatori ai quali è destinato: realizzazione di un impianto agrivoltaico poiché non si evidenziano condizioni di pericolosità e di vulnerabilità territoriale che possano

pregiudicare la sicurezza dei manufatti tecnologici e l'incolumità delle persone.

CRITERI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Le condizioni geomorfologiche, idrogeologiche e ambientali riscontrate nei rilievi effettuati sul sito in esame e le indicazioni tratte dai dati litostratigrafici, geotecnici e geofisici a disposizione, acquisiti in questa fase preliminare della progettazione, consentono di escludere problematiche di ordine geologico, geomorfologico, idrogeologico ed idraulico che risultino di impedimento alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico in progetto.

Tuttavia in fase di progettazione definitiva/esecutiva, per una migliore valutazione della situazione geologica, per la ricostruzione puntuale del modello geologico-geotecnico-sismico del sottosuolo e per la stima dell'azione sismica di progetto, dovrà essere programmata ed eseguita una adeguata e specifica campagna di indagini geognostiche (geologico-geotecniche e geofisiche), ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e in ottemperanza all'Allegato C al Regolamento Regionale n°7 del 16 Aprile 2021 (*Aggiornamento R.R. 26/2020*).

Più segnatamente, sulla base delle caratteristiche tipologiche e geometriche delle opere da realizzare e delle azioni indotte sul terreno, saranno effettuate tutte le verifiche geotecniche S.L.U. e S.L.E. richieste dalle norme tecniche sulle costruzioni (D.M. 17/01/2018) e dal su citato Regolamento Regionale n°7/2021.

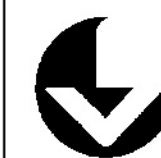
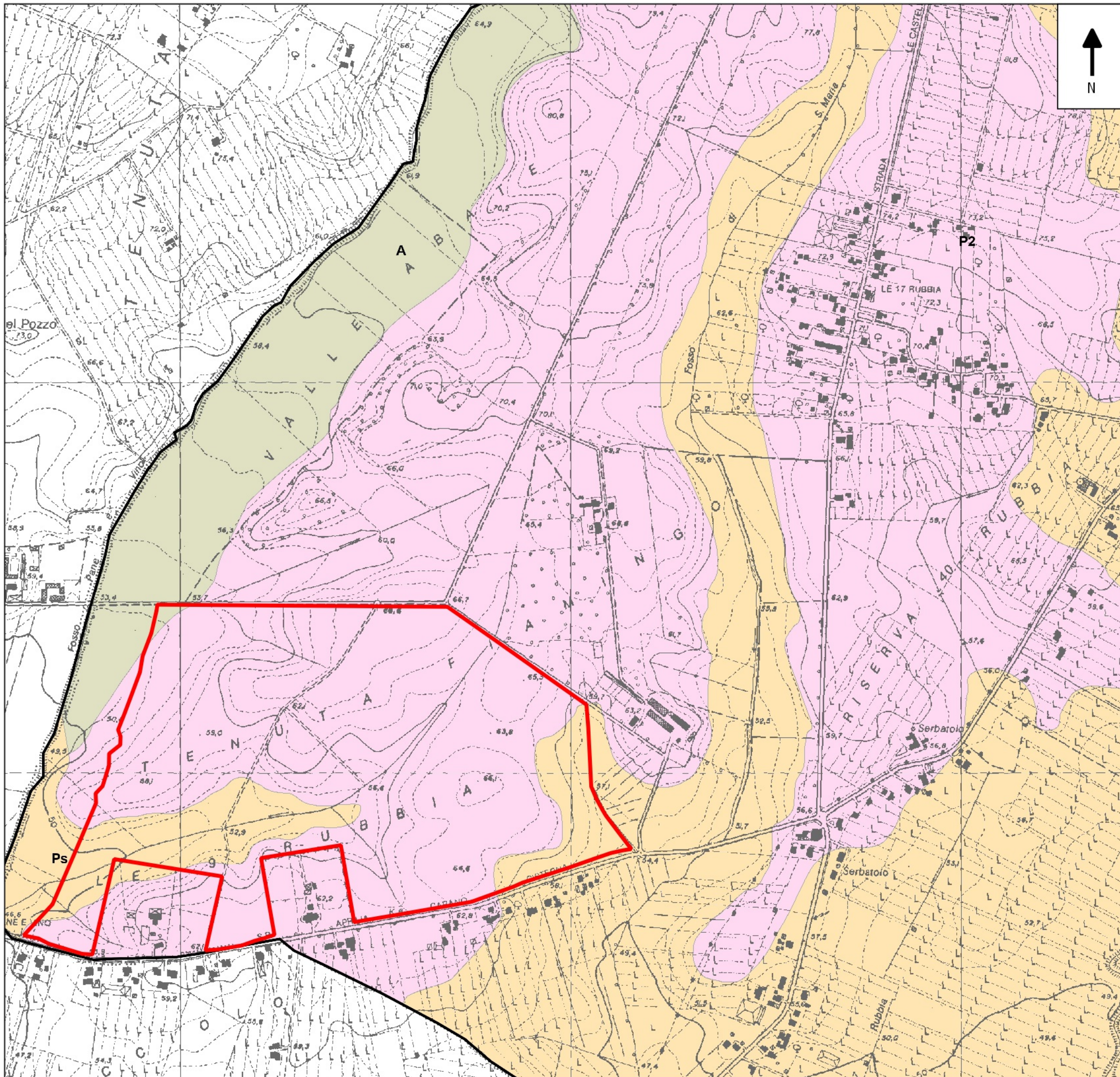
Tali verifiche si baseranno su una implementazione dei dati geognostici e geofisici che dovrà prevedere l'esecuzione delle seguenti indagini in situ:

a) dieci o più prove penetrometriche DPSH (*Dynamic Penetration Super Heavy*), con eventuale campionamento di terreno qualora si ritenga necessaria la determinazione di parametri con prove di laboratorio geotecnico;

b) campagna sismica di superficie con metodologia MASW- ReMi-HVSR, finalizzata alla ricostruzione del modello sismico monodimensionale del sottosuolo, attraverso lo studio dell'andamento della velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) in funzione della profondità, alla definizione della velocità equivalente V_{seq} per risalire alla classificazione della Categoria di Sottosuolo ed altresì per determinare i coefficienti sismici di sito.

ALLEGATI

- Carta Geologica
- Carta Idrogeologica
- Stratigrafia rappresentativa del sottosuolo in esame
- Bibliografia



GEOAMBIENTE
Studio di Geologia Ambientale

Dott. Geologo Alessandro Carlomagno

COMUNE DI CISTERNA DI LATINA

Via Crocetta di Carano

S.P.009 "Cisterna - Carano - Aprilia"

Progetto:

**REALIZZAZIONE IMPIANTO
AGRIVOLTAICO "PASCOLI VERDI"**

Proponente:

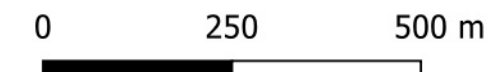
HERGO RENEWABLES SpA

Elaborato:

CARTA GEOLOGICA

PGR Comune di Cisterna di Latina (Ialongo e Gazzetti)

Scala 1:10,000

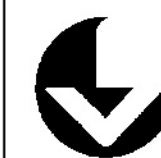
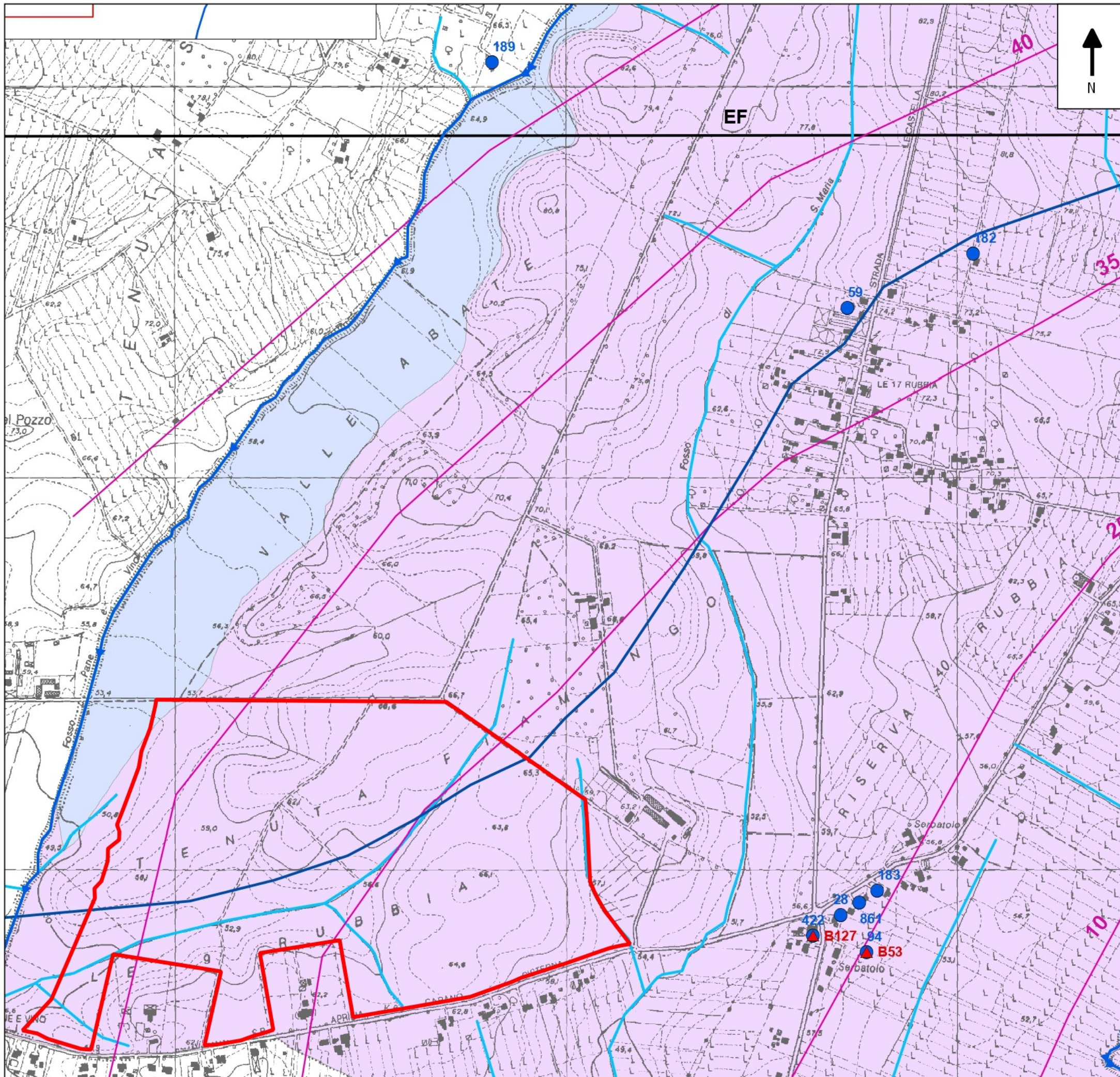


LEGENDA

Ps - Piroclastiti incoerenti, a grana fine ("tufi terrosi"), pseudostratificate, giacenti al di sopra della formazione di "villa Senni"; costituite in prevalenza da depositi cineritici di granulometria per lo più limoso-sabbiosa, di colore marrone-rossastro o giallo-rossastro, con una tessitura assai omogenea (spessore 2 - 4 m), inoltre da cineriti e sabbie finissime contenenti pomice e scorie di vario genere (spessore 1 - 2 m); al top della formazione si trova quasi sempre una cinerite di debole spessore, di solito molto alterata, a grumi e spalmature di colore giallastro, e, meno frequentemente, un sottilissimo livello cineritico di colore nocciola chiaro con scorie varicolori (nere, verdastre, arancioni...); alla base è presente un tufo friabile con molti cristalli di analcime in matrice cineritica di colore avana; lo spessore complessivo, in assenza di erosione, varia in prevalenza tra 8 e 12 metri; all'interno della sequenza si osservano uno o due paleosuoli. Tali piroclastiti posseggono di solito una copertura di suoli prevalentemente limoso-argillosi ora eoliali/colluviali ora alluvionali (per lo più alluvioni antiche) di colore bruno-rossastro (spessore medio 1,5 m); nel settore meridionale di Cisterna, la copertura è costituita soprattutto da alluvioni recenti, di colore grigio scuro, dello spessore medio di poco più di un metro.

P2 - Vulcaniti appartenenti alla IV[^] colata piroclastica del periodo Tuscolano Artemisio del Vulcano Laziale; si distinguono: le "pozzolane superiori", di colore grigio, a granulometria sabbioso-ghiaiosa, costituite da scorie e litici olocristallini a leucite e pirosseno e clasti lavici; il tufo di "Villa Senni", di colore bruno-rossastro o grigio nocciola, a cementazione più o meno spinta (consistenza lapidea o semilitea o leggermente friabile), costituito da scorie rossastre grigie e nere immerse in una matrice cineritica scoriacea; contiene inoltre litici olocristallini a leucite e pirosseno e clasti lavici; alla base si osserva un passaggio sfumato con il sottostante "Tufo Lionato"; a volte è presente una facies conglomeratica (bombe, lapilli, frammenti di rocce ignee e di lava, ecc.); a vari livelli della formazione possono essere presenti strati cineritici di colore marrone-rossastro; lo spessore della IV[^] c.p. varia prevalentemente tra 10 e 20 metri.

Area oggetto di studio

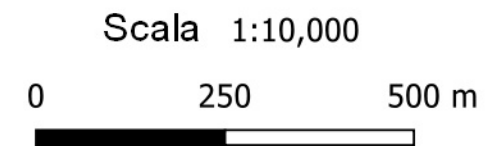


GEOAMBIENTE
 Studio di Geologia Ambientale
 Dott. Geologo Alessandro Carlomagno

COMUNE DI CISTERNA DI LATINA
 Via Crocetta di Carano
 S.P.009 "Cisterna - Carano - Arpilia"
 Progetto:
REALIZZAZIONE IMPIANTO
AGRIVOLTAICO "PASCOLI VERDI"

Proponente:
HERGO RENEWABLES SpA

Elaborato:
CARTA IDROGEOLOGICA
 PGR Comune di Cisterna di Latina (Ialongo e Gazzetti)



LEGENDA

- Tetto substrato argilloso e argilloso sabbioso pre vulcanico (m s.l.m.)
- Isopeze (m s.l.m.)
- Reticolo idrografico secondario
- Pozzi con stratigrafia
- Pozzi con misura idrologica

Complessi idrogeologici

A-R Depositi alluvionali e riporti antropici. Permeabilità molto variabile. Sono sede di acquiferi di modesto spessore alimentati dai corsi d'acqua.

P Depositi piroclastici delle diverse sequenze dell'apparato dei Colli Albani - alternanze di cineriti, scorie, tufi, lave, pozzolane, livelli di paleosuolo. L'insieme presenta permeabilità molto variabili. Le prove di pompaggio restituiscono valori medi compresi tra 0,001 e 0,0001 m/s. Il comportamento è quello di un ammasso mediamente permeabile inglobante corpi molto permeabili che determinano le principali direttrici del deflusso sotterraneo. L'acquifero presente in queste formazioni è caratterizzato da potenzialità molto elevate.

Area oggetto di studio

Committente:	Sondaggio:
Riferimento: CISTERNA DI LATINA	Data: GIUGNO 2018
Coordinate:	Quota: 39,00
Perforazione: ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO A DISTRUZIONE DI NUCLEO	

SCALA 1:300

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

A, A metri		LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
mm	r s batt.			
			1.0	Terreno vegetale
			2.0	Piroclastiti incoerenti a grana fine (tufi terrosi) costituite da depositi cineritici limoso-sabbiosi di colore marrone rossastro
			3.0	
			4.0	
			5.0	
			6.0	Pozzolane di colore grigio nerastro a granulometria sabbioso-ghiaiosa
			7.0	Tufo di Villa Senni bruno rossastro a consistenza lapidea semifriabile costituito da scorie immerse in matrice cineritico-scoriacea contengono acqua
			8.0	
			9.0	
			10.0	
			11.0	
			12.0	
			13.0	
			14.0	
			15.0	
			16.0	
			17.0	
			18.0	
			19.0	Passaggio al Tufo Lionato ignibritico massivo di colore dal rossastro al nerastro al fondo contiene acqua
			20.0	Travertini spugnosi
			21.0	
			22.0	
			23.0	
			24.0	
			25.0	
			26.0	
			27.0	
			28.0	Pozzolane inferiori incoerenti o poco cementate di colore grigio con sfumature violacee costituite da scorie nerastre in matrice cineritico-scoriacea, contengono acqua
			29.0	
			30.0	
			31.0	
			32.0	
			33.0	
			34.0	
			35.0	Cineriti tufacee di colore nerastro
			37.0	
			38.0	Pozzolane incoerenti e poco cementate di colore nerastro; contengono acqua (4½ falda)
			39.0	
			40.0	
			41.0	
			42.0	
			43.0	
			44.0	
			45.0	
			46.0	Vulcaniti a granulometria limoso argillosa di colore grigio nerastro
			47.0	
			48.0	
			49.0	Travertini da compatti a spugnosi e vacuolari
			50.0	
			51.0	
			52.0	
			53.0	
			54.0	
320			55.0	



Bibliografia

- Alvarez W. (1973) – *The ancient course of the Tiber near Rome: an introduction to the Middle Pleistocene volcanic stratigraphy of Central Italy*. Geol. Soc. Am. Bull., v. 84, pp. 749-758, 1973.
- Amaldi, G., Segré, A.G. & Tribalto, G. (1965) – Alcune considerazioni sulla gravimetria e sulla geologia del F. 158 Latina della Carta Geologica d'Italia - Ass. Geofisica Italiana
- Amato A. & Chiarabba C. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Earthquake Occurrence And Crustal Structure*, in R. Trigila (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*.
- Amato A. & Valensise G. (1986) - *Il basamento sedimentario dei Colli Albani: risultato di uno studio degli ejecta dei crateri idromagmatici di Albano e Nemi*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 761-767.
- Amato A., Basili A., Boschi E., Cocco M., Di Bona M. & Funiciello R. (1989) - *La sequenza sismica dei Colli Albani iniziata nell'Aprile 1989*. Ist. Nazionale di Geofisica, Roma.
- Andretta P. & Voltaggio M. (1994) - *La cronologia recente del vulcanismo dei Colli Albani*. Le Scienze, 1994.
- Arai H., Tokimatsu K., 2004, S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum, Bull. Seism. Soc. Am: 94, 53-63.
- ARPA (2005) – *Presenza e diffusione dell'arsenico nel sottosuolo e nelle risorse idriche italiane. Nuovi strumenti di valutazione delle dinamiche di mobilitazione* (M.G. Scialoja, a cura di). I quaderni di Arpa.
- Bajl & Tartaglia G. (1964) - *Contributo alla conoscenza delle acque sotterranee della Piana Pontina. Zone di Campo di Carne e di Aprilia*. Ingegneria Sanitaria, n. 1.
- Bernardi A., De Rita D., Funiciello R., Innocenti F., & Villa I.M. (1982) - *Chronology and structural evolution of Alban Hills volcanic complex. Latium, Italy*. Workshop on the explosive volcanism, S. Martino al Cimino, Abstracts.
- Blanc A.C., Conforto B., Di Ricco G. & Sappa M. (1961) – *Indagine sulle acque sotterranee dell'Agro Romano e Pontino*. Prima parte: Agro Romano. Cassa per il Mezzogiorno, Roma.
- Boccaletti M., Ciaranfi N., Cosentino D., Deiana G., Gelati R., Lentini F., Massari F., Moratti G., Pescatore T., Ricci Lucchi F., Tortorici L. (1990) - *Palinspastic restoration and paleogeographical reconstruction of the pery-tyrrenian area during the Neogene*. Pal., 77, 41-50.
- Boni C., Bono P., Calderoni G., Lombardi S. e Turi B. (1980) – *Indagine idrogeologica e geochimica sui rapporti fra ciclo carsico e circuito idrotermale nella Pianura Pontina (Lazio Meridionale)*. Geol. Appl. e Idrogeol., V. 15, pp. 204-247, 1980, Bari.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) – *Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio (scala 1:250'000)*. Assessorato Programmazione, Ufficio Parchi e Riserve Naturali della Regione Lazio - Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi "La Sapienza", Roma, 1988.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale (scala 1: 250'000)*. Mem. Soc. Geol. It., v 35, pp. 991-1012, 1988.

- Boni C., Bono P., Capelli G., D'Amore F. & Lombardi S. (1981) - *Nuove osservazioni su idrogeologia, geochimica e termalismo dell'area albana*. Atti del 2° seminario informativo PFEEG, CNR, 2, 64-74.
- Bono P, Gliozzi E., Malatesta A. e Zarlenga F. (1986) – *Il Quaternario della Pianura Pontina*. Progetto Laghi Costieri, Università degli Studi di Roma – Amm. Provinciale di Latina, 1986.
- Calcara M., Lombardi S. & Quattrocchi F. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Geochemical Monitoring for Seismic Surveillance*. In R. Trigila (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*.
- Camponeschi B., Nolasco F. (1983) – *Le risorse naturali della Regione Lazio – Vol. 8. Regione Lazio*.
- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. (2005) – *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio*. Sintesi dello “Studio finalizzato alla pianificazione della Risorsa Idrica” promosso e realizzato da ABR e ABT.
- Cassa per il Mezzogiorno – P.S. 29 (Celico P., a cura di) – *Progetti speciali per gli schemi idrici nel Mezzogiorno, idrogeologia dell'Italia centro-meridionale*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, 4, 2, Roma, 1983.
- Castany G. (1982) – *Idrogeologia*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 1985.
- Castellarin A., Colacicchi R. e Praturlon A. (1978) – *Fasi distensive, trascorrente e sovrascorrimenti lungo la linea Ancona-Anzio dal Lias medio al Pliocene*. *Geologica Romana*, 17, pp. 161-189, 1978.
- Catalano G., C. Gazzetti, A. Gerardi, P. Sarandrea (2013) – *Prime analisi delle misure idrometriche dei laghi vulcanici laziali: una proposta operativa*. Convegno Idrovulc2013. Orvierto (TR) 16-16 Maggio 2013.
- Celico P. (1983) - *Idrogeologia dell'Italia centro-meridionale*. Prog. Spec. per gli schemi idrici del Mezzogiorno, 4/2, Cassa per il Mezzogiorno.
- 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* - Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4/2, Roma.
- Civita M. (2005) – *Idrogeologia applicata e ambientale*. Casa Editrice Ambrosiana.
- Dai Pra G & Arnoldus-Huyzendveld A. (1984) – *Lineamenti stratigrafici, morfologici e pedologici della fascia costiera dal Fiume Tevere al Fiume Astura (Lazio, Italia Centrale)*. *Geologica Rom.*, 23 (1984), 1-12.
- Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007. *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*, *J. Appl. Geophysics*, 61, 39-55.
- De Mello, V.F.B. (1971) - *The Standard Penetration Test* - Proc. 4th Pan American Conf. on Soil Mech. And Found. Engn.; ASCE, 1.

Dall'Aglio M., Tersigni S., Vicari A. (2005-2006) – *Valutazione della qualità delle acque naturali dei Colli Albani*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, A.A. 2005-2006. De Rita D. & Narcisi B. (1983) - *I prodotti dell'attività esplosiva di Nemi (Colli Albani): i caratteri deposizionali dell'unità piroclastica intermedia*. Rend. Soc. Geol. It., 6, 17 - 20.

Dal Moro G., 2010. Insights on Surface-Wave Dispersion Curves and HVSR: Joint Analysis via Pareto Optimality, *J. Appl. Geophysics*, 72, 29-140.

Dal Moro G. & Ferigo F., 2011. Joint Analysis of Rayleigh - and Love-Wave Dispersion for Near-Surface Studies: Issues, Criteria and Improvements, *J. Appl. Geophysics*, in stampa.

Dal Moro G., 2011. Some Aspects about Surface Wave and HVSR Analyses: an Short Overview and a Case Study, *BGTA (Bollettino Geofisica Teorica e Applicata)*, Vol. 52, in stampa.

De Rita D., Faccenna C., Funicello R. & Rosa C. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Stratigraphy and Volcano-Tectonics*. In R. Trigila (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*.

De Rita D., Funicello R., & Rosa C. (1988) - *Caratteristiche deposizionali della II colata piroclastica del Tuscolano-Artemisio (Complesso vulcanico dei Colli Albani, Roma)*. Bollettino GNV, IV, 278-297.

De Rita D., Funicello R., Parlotto M. (1988) – *Carta geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani (“Vulcano Laziale”) scala 1:50'000*. Progetto Finalizzato "Geodinamica" - Gruppo Naz. Vulcanologia, SELCA, Firenze, CNR Roma.

De Rita D., Milli S., Rosa C. & Zarlenga F. (1992) - *Un'ipotesi di correlazione tra la sedimentazione lungo la costa tirrenica della campagna romana e attività vulcanica dei Colli Albani*. Studi Geologici Camerti, Vol. Speciale CROP 11.

De Rita D., Parotto M. & Stocchi M. (1986) - *Le zeoliti, minerali possibili indicatori di fenomenologie idromagmatiche: Un ipotesi di lavoro*. Mem. Soc. Geol. It. 35 769-773.

Di Filippo M. & Toro B. (1980) - *Analisi gravimetrica delle strutture geologiche del Lazio meridionale*. Geol. Rom., 19: 285-294.

Di Filippo M., Toro B. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Gravity Features*. In R. Trigila (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*.

Dziewonski A., Bloch S., and Landisman M., 1969. A technique for the analysis of transient seismic signals.

Esposito E., Luongo G., Marturano A. & Porfido S. (1988) – *“I terremoti recenti dal 1980 al 1986 nell'Appennino meridionale”*. Mem. Soc. Geol. It. 41, 1117-1128, 14 ff..

Funicello R. & Parotto M. (1978) - *Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale*. Geol. Rom., 17, 233-287.

Gazzetti C.(2011) - Esperienze e approccio metodologico nella pianificazione per la tutela e la gestione degli acquiferi del Lazio – Consiglio Nazionale dei Geologi – Forum Nazionale sull'acqua -

Fino all'ultima goccia. Roma 18-19 ottobre 2011, pubblicato in *Geologia Tecnica & Ambientale*, volume 2/2012.

Herak M., 2008. Model HVSR - A Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise, *Computers & Geosciences*, 34, 1514–1526.

Ialongo, N. (2006) - Relazione geologica alla scala 1:10.000 del Comune di Cisterna di Latina da “studi propedeutici alla redazione di strumenti urbanistici : studio geologico e ambientale e analisi vegetazionale” (rif.: Determinazione n° 300 del 14/12/2005, e successiva Convenzione n° 5922 del 05/12/2006)

Ialongo, N. (2007) - Zona di intervento C5, C6 e C7 - Richiesta di parere ex art. 89 del D.P.R. 6/96/2001, n°380 s.m.i. - Relazione geologica ai sensi della delibera della GR del Lazio n°2469/99 - Comune di Cisterna di Latina

Locati, M., Camassi, R. & Stucchi, M. (2011) - Database macrosismico italiano versione dbmi11

Lombardi L. (1968) – *Il pozzo Fogliano nei pressi di Latina e la paleogeografia dell'area*. Boll. Soc. Geol. It., **87**, 13-18, Roma.

Luo Y., Xia J., Xu Y. & Zeng C., 2011, Analysis of group-velocity dispersion of high-frequency Rayleigh waves for near-surface applications. *Journal of Applied Geophysics*, 74, 157-165.

Manfredini M. (1967) – *Problemi idrogeologici della piana costiera laziale a sud dei Colli Albani*. L'Industria Mineraria, **6**, 229-237, Roma.

Manfredini M. (1989) – *Idrogeologia della Valle del Fiume Astura sul versante meridionale del Vulcano Laziale (Roma)*. Geol. Appl. e Idrogeol., 24.

Marinucci E., Alimonti C., Gazzetti C. (2005) – *Perdita idrica indotta dalle captazioni di acque*

Molin D. (1981) - *Sulla sismicità storica dei Colli Albani*. CNEN-RT AMB (81), 11.

Mouton J. (1977) – *Contributo allo studio delle acque sotterranee dell'Agro Pontino e Romano*. Atti Convegno: “L'acqua per la Pianura Pontina: situazione e prospettive”, Latina, 115-156.

O'Neill A., Dentith M., List R., 2003. Full-waveform P-SV reflectivity inversion of surface waves for shallow engineering applications, *Exploration Geophysics*, 34, 158–173.

Park C. B., Miller R. D. & Xia J., 1999. Multichannel analysis of surface waves, *Geophysics*, 64, 3; 800–808.

Provincia di Latina (2004) – “*Progetto monitoraggio acque superficiali interne e costiere*”.

Regione Lazio (1992a) - *Carta Tecnica Regionale Scala 1:10.000*, Regione Lazio.

Regione Lazio (1999) – Sottoprogetto ST10: *Studio idrogeologico del complesso vulcanico dei Castelli Romani e sistema gestionale per la tutela della risorsa idrica*. Regione Lazio, Assessorato alle Opere e Reti di Servizi e Mobilità – Piano dei Bacini Regionali. A cura di C. Lotti & Associati, Roma.

Regione Lazio (cons. acque) (1992b) - *Schemi idrici del Lazio meridionale*, Regione Lazio.

Regione Lazio e Università "La Sapienza" di Roma (1987) - *Carta dei sistemi idrogeologici del territorio della Regione Lazio 1:200.000*. A cura di Brunamonte F., Cosentino D., D'Amico L., Gavasci R., Prestininzi A., Romagnoli C., S.E.L.C.A. - Firenze.

Regione Lazio e Università degli Studi di Roma "La Sapienza" (1988) - *Carta idrogeologica della Regione Lazio 1:250.000*. A cura di Boni C., Bono P. & Capelli G., S.E.L.C.A. - Firenze.

Robertson, P.K. & Campanella, R.G. (1983) – Interpretation of Cone Penetration Tests - CGJ, vol. 20, n.4, 718-745.

Servizio Geologico d'Italia (1966) – *Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000, Foglio 159 "Frosinone" e note illustrative*. Ist. Poligr. Roma.

Servizio Geologico d'Italia (1967) – *Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000, Foglio 158 Latina" e note illustrative*. Ist. Poligr. Roma.

Società Geologica Italiana (1993) - *Guide geologiche regionali: Lazio*, a cura di Cosentino D., Parotto M., Praturlon A., BE-MA editrice.

Software Microtremor (<http://nato.gfz.hr/SW.zip>) di Albarello D. & Lunedei E. (vedi Lunedei E., Albarello D., 2009, On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth, Geophys. J. Int., 177, 1001-1014).

Tokimatsu K., Tamura S., Kojima H., 1992. Effects of Multiple Modes on Rayleigh Wave Dispersion Characteristics. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 118 (10), 1529-1543.

Trigila R., Agosta E., Currado C., De Benedetti A., Freda C., Gaeta M., Palladino D.M. & Rosa C. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Petrology*, in R. Trigila (ed.), The Volcano of the Alban Hills.

Trigila R., Gaeta M. & Freda L. (1992) - *Indicazioni termometamorfiche e petrologiche sperimentali sull'origine e sull'evoluzione dei magmi potassici dell'Italia centrale*, Studi Geologici Camerti CROP 11.

Unigeo (1981) - *Inventario dei punti d'acqua e studio idrogeologico dell'area dei Colli Albani*. ENEL.

Ventriglia U. (1990) - *Idrogeologia della Provincia di Roma - III Volume - Regione vulcanica dei Colli Albani*, Amm.ne Provinciale di Roma - Assessorato LL.PP. viabilità e trasporti. Voltaggio M. & Barbieri M. (1995) - *The Volcano of the Alban Hills: Geochronology*, in R.Trigila (ed.), The Volcano of the Alban Hills.

Zywicki D.J., 1999. Advanced Signal Processing Methods Applied to Engineering Analysis of Seismic Surface Waves, Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology.