



COMUNE DI BOSCOREALE

Città Metropolitana di Napoli

PIANO URBANISTICO COMUNALE

ai sensi della L.R. 16/2004 e del Regolamento n. 5/2011



QUADRO CONOSCITIVO RELAZIONE GEOLOGICA

elaborato **TAV.SGR01**

scala **/**

data **maggio 2022**

geol. **GIUSEPPE DORONZO**
COLLABORATORI
geol. **VINCENZO DEL GENIO**

SINDACO
dott. **ANTONIO DIPLOMATICO**

ASSESSORE URBANISTICA
dott. **ERNESTO FIORE**

CAPO SETTORE - RUP
arch. **FRANCESCO PEPE**

COMUNE DI BOSCOREALE(NA)

"PIANO URBANISTICO COMUNALE"

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: **Amministrazione Comunale di Boscoreale**
Piazza Pace n°1
Boscoreale (NA)

Geologo GIUSEPPE DORONZO

Socio Esperto Docente dell'Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica

Via Canale, 34 - 80069 – Vico Equense (NA)

Tel./fax 0818034070 – 3296114940

e-mail: gdoronzo@inwind.it

Giuseppe Doronzo
Geologo

Protocollo: LG – 945/feb-22



TAV. :

ALL. :

DATA : maggio 2022

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. ASPETTI GEOLITOLOGICI – GEOMORFOLOGICI - GEOTETTONICI	5
4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI E STABILITA' DELL'AREA	9
5. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	10
6. RISCHIO IDROGEOLOGICO	12
7. RISCHIO VULCANICO	15
8. RISCHIO SISMICO	18
9. INDAGINI SVOLTE	24
10. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	29
11. STANDARD PENETRATION TEST	30
12. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI	32
13. ANALISI E PROVE DI LABORATORIO	35
14. CARATTERIZZAZIONE FISICO – MECCANICA DEI TERRENI	38
15. ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA	43
16. CONCLUSIONI	52

1. PREMESSA

La presente relazione è stata realizzata per dar seguito all'incarico ricevuto con Determina n. 33 del 20/12/2021 e contratto del 03/02/2022 (CIG Z9D347E603), per dar corso all'adeguamento della fase di indagine in campo come espresso e a valle di ciò lo studio nel suo complesso con tutte le indagini, gli atti connessi per la redazione di tutto lo studio geologico inerente il PUC (Piano Urbanistico Comunale) del territorio comunale di Boscoreale (NA) così come riportato nella cartografia.

Il presente studio geologico è stato redatto in linea con il dettato normativo previsto sia dal D.M. n. 47 del 11/03/88 - emanato ai sensi dell'art. 1 della legge 02/02/74 n.° 64, nonché del D.M. del 21/01/81, del D.M. del 03/03/75) considerando quanto riportato dalla L.R. 16/04 applicando quanto previsto dalla L.R. n. 9/83.

In particolare il Titolo II nello specifico all'Art.11 Strumenti urbanistici generali recita: Prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali o loro varianti, ogni Comune della Regione dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologiche-geognostiche, ai fini della prevenzione del rischio.

Le indagini dovranno reperire dati per la compilazione delle seguenti carte: Carta Geolitologica; Carta della stabilità; Carta idrogeologica; Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica.

Al successivo articolo 12 si puntualizza come la Carta geologica debba essere redatta anche sulla base di indagini dirette e indirette svolte nell'ambito del territorio, per la definizione della stratigrafia e delle strutture.

Vi è da puntualizzare che per la campagna di indagini in sito dirette ed indirette, vi è stato bisogno di realizzare, tra l'altro, un congruo numero di sondaggi geognostici ed indagini geofisiche anche ottemperando a quanto stabilito dal O.P.C.M. N. 3274/2003 e s.i.m..

Lo studio è stato condotto nel rispetto della normativa vigente. Si ricorda come con Delibera n. 5447 del 7 novembre 2002 della G.R. della Campania (B.U.R.C. n. 56/2002) "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania" sia stato inserito il territorio del Comune di Boscoreale (NA) tra quelli S= 9.

Lo studio attuale, tenendo conto degli studi pregressi, è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti. Si è operato con la base topografica (ivi compresi i limiti comunali e quanto altro segnalato sulla cartografia topografica di base) fornita dalla committenza.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio, di circa 11,28 km², è ubicata alle falde sud-orientali del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, nell'area che si raccorda tra quest'ultimo e la piana alluvionale del Sarno. Il territorio con forma poligonale allungata in senso SW-NE, rilevabile nel foglio 185 III NO della Carta d'Italia, scala 1:25000, edita dall'IGM, compreso tra latitudine fra 40° 45' 22" e 40° 47' 53" direzione S-N, e longitudine compresa fra 02° 00' 39" e 02° 05' 55" in direzione W-E, con quota variabile da 17 a 155 m s.l.m.

Il territorio comunale di Boscoreale risulta confinante ad ovest con quello di Boscotrecase, a nord, con Terzigno ad est nonché a nord est con Poggiomarino, a sud con quelli di Pompei e Scafati, con questo ultimo anche per una porzione anche ad est, ed infine a sud ovest con il territorio di Torre Annunziata.

Si rimanda per l'esatto inquadramento topografico sia alle figure successive sia alla cartografia allegata.

3. ASPETTI GEOLITOLOGICI – GEOMORFOLOGICI - GEOTETTONICI

L'area in esame è situata nell'ambito provinciale di Napoli ed è inclusa nel Foglio n° 185 "SALERNO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Il territorio del Comune di Boscoreale è ubicato nella parte Sud-Est dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio ed è costituito essenzialmente dalla successione dei depositi derivanti dall'intensa attività eruttiva che si è sviluppata nell'area.

L'età dei prodotti più antichi in affioramento è di circa 25.000 anni (Alessio et alii, 1974) mentre quella delle lave è di 37.300-22.000 anni (Bocchini et al., 1997): questa età può essere ritenuta indicativa dell'inizio dell'attività vulcanica nell'area vesuviana.

Il monte Somma è costituito prevalentemente da lave; la morfologia del Somma è il risultato di differenti episodi di collasso che hanno determinato lo sprofondamento della parte superiore dell'edificio vulcanico e la formazione di una caldera. Tale caldera si è formata in almeno cinque fasi distinte di collasso (caldera polifasica), connesse con altrettante eruzioni pliniane (Andronico et al., 1995, 1996). L'attività recente del Vesuvio si è sviluppata prevalentemente all'interno del recinto calderico del Somma anche se si sono avute emissioni laviche da centri localizzati lungo fratture all'esterno della caldera (es. 1760). La storia eruttiva del Somma-Vesuvio è stata caratterizzata da eruzioni di differente intensità e tipologia, variabili dalla tranquilla effusione di lave alle catastrofiche eruzioni esplosive di tipo pliniano. In base alla quantità di magma eruttato, si possono riconoscere almeno tre categorie principali di eruzioni (Cioni et al., 1994):

- eruzioni relativamente modeste, nel corso delle quali vengono eruttati 0.001-0.01 Km³ di magma. Questi eventi sono caratterizzati da un'attività prevalentemente effusiva o mista (effusiva-esplosiva), e determinano la formazione di colate e fontane di lava nonché la caduta di blocchi, bombe, ceneri e lapilli. Tali eruzioni sono talora accompagnate dallo scorrimento di piccoli flussi piroclastici e, sovente, lungo le incisioni vallive, di imponenti colate di fango (lahar) indotte dalle piogge torrenziali che comunemente accompagnano queste eruzioni. Un esempio storico di questo tipo è dato da quella dell'aprile del 1906.
- eruzioni esplosive nel corso delle quali vengono eruttati almeno 0.1 Km³ di magma (eruzioni subpliniane). I fenomeni eruttivi più frequenti nel corso di tali eruzioni consistono nell'abbondante caduta di blocchi, ceneri e lapilli, prevalentemente pomicei, e nello scorrimento devastante di flussi piroclastici e colate di fango. Esempi storici di eruzioni di questo tipo sono dati dall'eruzione del 472 d.C. e da quella del 1631.
- eruzioni catastrofiche, nel corso delle quali si ha l'emissione di quantità superiori a 1.3 Km³ di magma (eruzioni pliniane). Queste eruzioni di solito iniziano con l'emissione parossistica di grandi volumi di pomici e ceneri, comunemente accompagnata e seguita dalla messa in posto di flussi piroclastici, con associati surges e colate di fango. Un esempio storico di questo tipo di eruzione è costituito da quella del 79 d.C.

Come detto, i risultati degli studi vulcanologici condotti al Vesuvio permettono una ricostruzione abbastanza dettagliata della storia del vulcano negli ultimi 25.000 anni. In particolare è possibile distinguere tre cicli eruttivi principali (Andronico et al., 1995, 1996).

Il primo ciclo, compreso tra 25.000 e 11.500 anni fa, fu dominato da eruzioni pliniane (Pomici basali, 19.000 anni fa; Pomici Verdoline, 15.000 anni fa), ognuna preceduta da lunghi periodi di riposo, e dall'alternanza di colate laviche e subordinate eruzioni esplosive di ridotta energia. Durante il secondo ciclo, compreso tra 7.900 anni fa ed il 79 d.C., si verificarono tre eruzioni pliniane: (Mercato, 7900 anni fa; Avellino, 3.800 anni fa; Pompei 79 d.C.) ed almeno sei eruzioni subpliniane, intervallati da periodi di riposo più o meno lunghi e periodi di attività stromboliana, presumibilmente a condotto aperto.

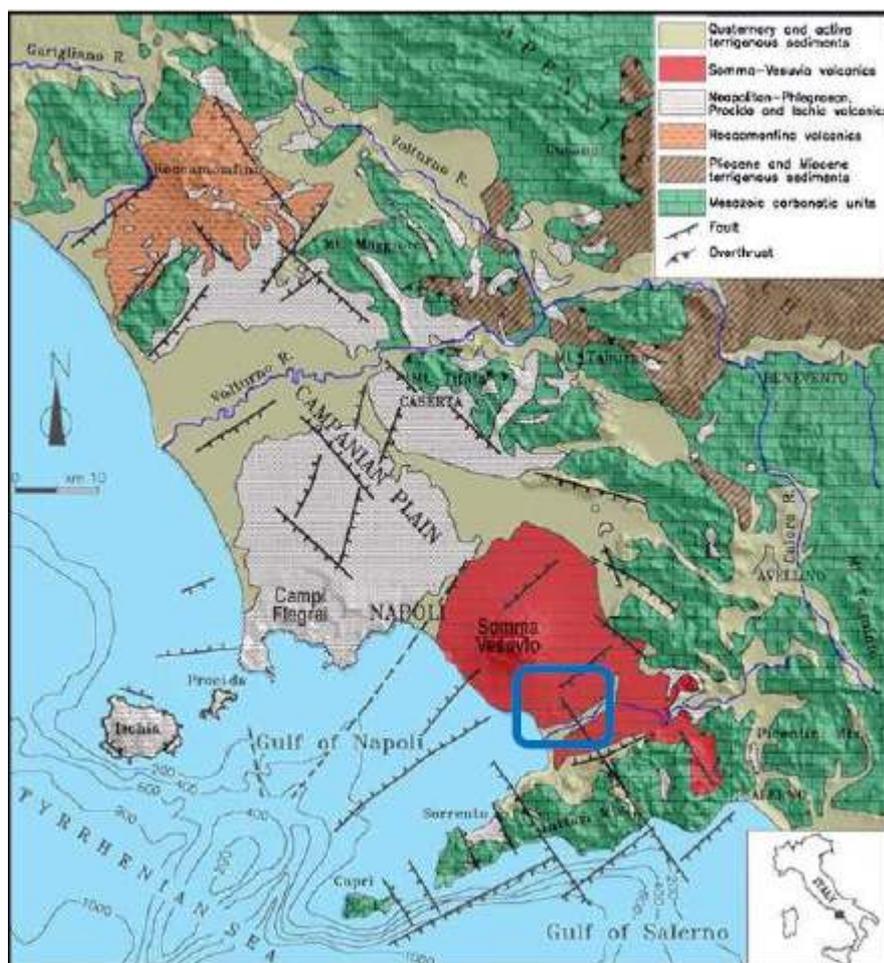


Fig. 1. Schema strutturale Piana Campana e strutture bordiere

In sintesi il sottosuolo del Comune di Boscoreale, è il risultato della sovrapposizione di prodotti di attività effusive ed esplosive del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, rappresentati sia da materiali sciolti, piroclastiti, ceneri vesuviane e lave tefritiche di età storica che da lave protostoriche prevalentemente leuciti che.

Nella fascia di territorio più vicina alla piana del Sarno i terreni assumono caratteristiche diverse a causa dei rimaneggiamenti per dilavamento, trasporto dalle pendici circostanti e sedimentazione in ambiente palustre.

In tutte le successioni piroclastiche di frequente si incontrano suoli sepolti e orizzonti di argillificazione a testimonianza dei lunghi periodi di inattività del vulcano.

Le caratteristiche topografiche generali dell'area in oggetto sono riferibili ad una zona di versante dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio, con pendenze dell'ordine del 30%, che rappresenta il risultato morfologico dell'attività eruttiva prima descritta e del susseguente modellamento degli agenti esogeni, che hanno asportato, rimaneggiato ed accumulato depositi epiclastici e piroclastici, in una estesa area di circa 5.000 Km².

Dal punto di vista idrografico, l'area, che fa parte del complesso del Somma-Vesuvio, non è dotata di un vero e proprio reticolo idrico superficiale, in quanto le acque di precipitazione meteorica filtrano generalmente nel sottosuolo, grazie alla buona permeabilità dei terreni piroclastici di copertura.

Solo durante gli eventi pluviometrici di maggiore intensità, si registrano aliquote di acque di ruscellamento che vengono drenate dalla rete di canali che hanno quale zona di recapito finale il mare.

Dal punto di vista morfoevolutivo si può facilmente comprendere come l'intera area del Somma-Vesuvio, e quella circostante, sia stata da sempre condizionata dai fenomeni legati all'attività vulcanica.

Il susseguirsi e il sovrapporsi l'una all'altra delle colate laviche, la ricaduta dei materiali piroclastici eruttati nelle fasi esplosive delle eruzioni (lapilli, pomici, scorie, ceneri, bombe) hanno creato coltri piroclastiche depositate lungo le pendici e ricolmato depressioni o generato con i loro scivolamenti concavità e convessità sulla superficie sia di neoformazione che originaria, le colate di fango poi, hanno depositato potenti accumuli e generato profonde incisioni e denudazioni areali lungo i versanti e gli impluvi sia di neoformazione che precedenti, e hanno ragguardevole influenza sulle evoluzioni morfologiche dell'area.

L'intero apparato vesuviano presenta versanti giovanissimi che le diverse manifestazioni eruttive, effusive ed esplosive, hanno sempre ricoperto, cancellando, talvolta, le precedenti linee di drenaggio.

Ad esclusione quindi del versante esterno del Monte Somma, le linee di drenaggio, i fenomeni deformativi ed erosionali riconoscibili risalgono all'epoca delle ultime manifestazioni eruttive (post 79 d.C.), mentre lungo i versanti del Somma sono attribuibili probabilmente al momento della cessazione dell'attività di questo strato-vulcano che, con la sua calderizzazione, ha presumibilmente troncato anche la sommità delle linee di drenaggio che, infatti, attualmente sembrano prive della loro testata torrentizia.

L'assenza di superfici terrazzate lungo gli alvei o le gole di erosione fa presumere che l'intera superficie drenante abbia subito un'evoluzione piuttosto regolare, mancando le testimonianze delle fasi di ringiovanimento.

Anche se il loro profilo trasversale risulta fortemente condizionato dagli affioramenti dei vari tipi litologici e conseguentemente dal diverso grado di erodibilità, le valli su tutta la superficie drenante sono regolari e ben definite, dando un modello di drenaggio generale di tipo radiale centrifugo.

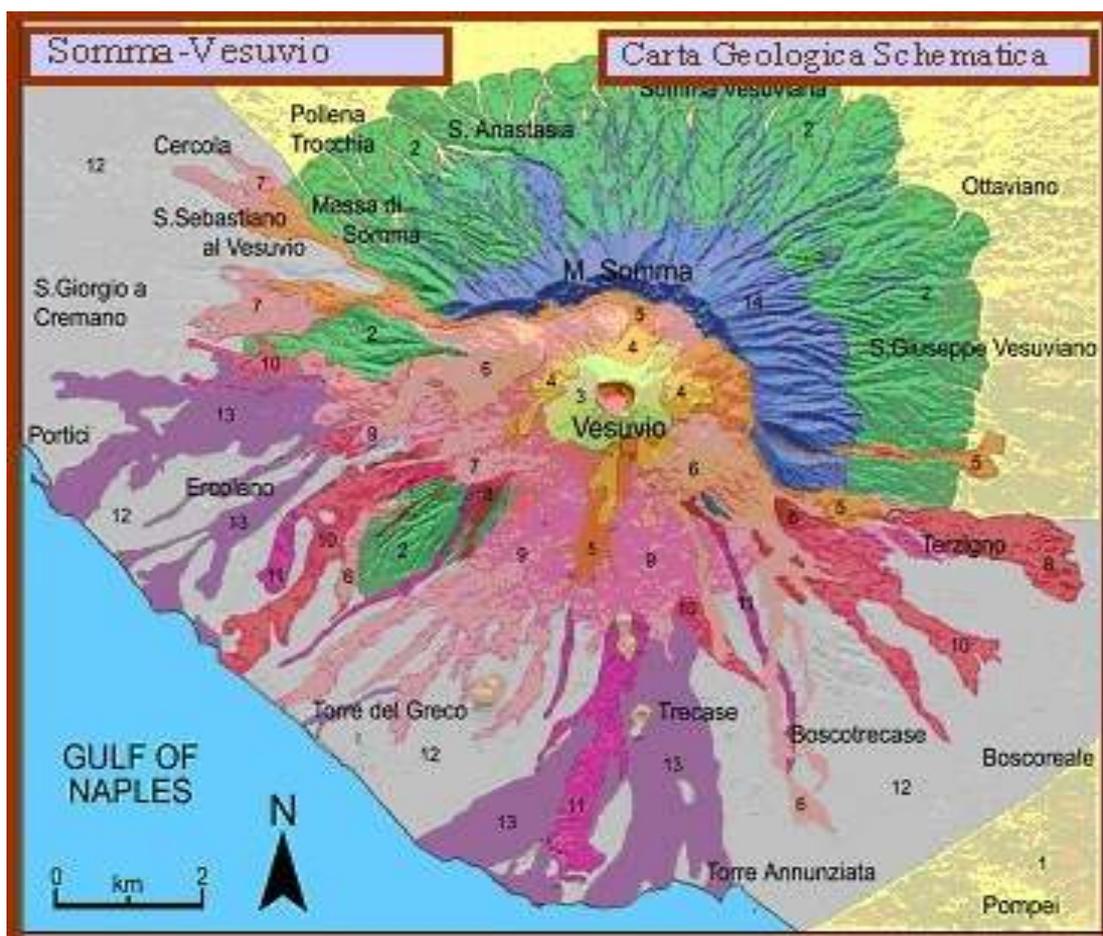
I settori occidentale e meridionale costituiscono le falde del giovane vulcano vesuviano: la superficie drenante, sebbene ampia, mostra una densità media di drenaggio molto bassa (0,5 km/kmq) e totalmente in contrasto con quella sviluppata sui versanti del Monte Somma (circa 4 km/kmq).

Ciò deve essere imputato alla estrema giovinezza della superficie topografica interessata dal drenaggio che non ha conosciuto, tra un'eruzione e l'altra, un tempo sufficientemente lungo da permettere all'erosione lineare di incidere efficacemente la superficie ogni volta rinnovata.

Tuttavia anche in questi settori esistono, pure se estremamente localizzate, aree caratterizzate da elevata maturità morfologica, come a Cupa Vecchia Falanga a Torre del Greco e presso il vecchio Osservatorio. Queste aree rappresentano i relitti meridionali dell'edificio calderizzato del Somma.

Entrando nello specifico, il territorio comunale di Boscoreale, ubicato alle falde sud-orientali del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, è nel settore di raccordo tra quest'ultimo e la piana alluvionale del Sarno, a quota variabile da circa 17/20 m. s.l.m. nella porzione sud orientale e sud occidentale del territorio comunale sino a 155 m s.l.m. in quella nord est.

La superficie territoriale, posta tra le falde sud orientali del complesso vulcanico del Vesuvio ubicato a nord est dell'abitato e la piana del Sarno posta a sud ovest, avente asse principale allungato all'incirca SSO-NNO, presenta un'acclività per la quasi totalità compresa tra 0 e 5 ° ad esclusione di piccole aree, poste nella porzione nord occidentale del territorio comunale, ove sono presenti acclività comprese tra il 5° e 15 °.



- | | |
|---|--|
| Piroclastiti indifferenziate spesso rimaneggiate di età inferiore ai 17.000 anni | Lave eruttate tra il 1850 ed il 1824 |
| Piroclastiti indifferenziate di età inferiore a 17.000 anni | Lave eruttate tra il 1822 ed il 1798 |
| Piroclastiti e scorie saldate del 1944 | Lave eruttate tra il 1794 ed il 1744 |
| Frane in piroclastiti ancora calde verificatesi durante l'eruzione del 1944 | Lave eruttate tra il 1737 ed il 1637 |
| Lave eruttate tra il 1944 ed il 1913 | Depositi di flussi piroclastici dell'eruzione del 1631 |
| Lave eruttate tra il 1906 ed il 1875 | Colate laviche precedenti il 1631 e posteriori il 79 d.C. |
| Lave eruttate tra il 1872 ed il 1855 | Dicchi e colate laviche del M. Somma |

Fig. 2 – Carta schematica del Somma-Vesuvio

4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI E STABILITA' DELL'AREA

Il territorio comunale di Boscoreale, facente parte del foglio 185 III NO della Carta d'Italia, scala 1:25000, edita dall'IGM, è ubicato alle falde sud-orientali del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio che si raccorda con la piana alluvionale del Sarno, e risulta inclusa fra latitudine 40° 45' 22" e 40° 47' 53" direzione S-N, e inclusa fra longitudine 02° 00' 39" e 02° 05' 55" in direzione W-E, con quote differenziate comprese tra 17 e 155 m s.l.m.m.

Il territorio comunale, con forma poligonale allungata in senso SW-NE, possiede una morfologia definita dalla storia tettonica recente nonché dalle vicende vulcanologiche succedutosi nel tempo con la messa in posto di varie colate laviche e prodotti piroclastici anche rimaneggiati. Si evidenzia il settore nord-occidentale del centro urbano di tipo collinare, con pendenze che possono arrivare a luoghi sino dal 30%, (in presenza delle colate laviche recenti 1751-1754) per diminuire al 10 ÷ 7 %, nelle aree poste immediatamente a valle.

A sud dell'abitato, in direzione del mare, e a nord-est, lungo la fascia di raccordo con la Piana del Sarno, le pendenze vanno riducendosi fino a valori compresi fra il 3 ed il 7 %.

Tale assetto geomorfologico presenta una non diminuzione graduale secondo la direttrice prevalentemente orientata da nord ovest a sud est nella zona denominata "La Giuliana", con le quote che risalgono per circa 10 metri (con pendenze in questa zona di circa 6 ÷ 8 %) per poi riprendere l'immersione del piano morfologico di raccordo tra la zona pedemontana a quella della piana pompeiana.

La geomorfologia come detto dipende sia da aspetti geolitologici, stante la presenza sia di depositi piroclastici sia di colate laviche delle eruzioni vesuviane, ma anche dal fatto che prodotti depositatisi durante uno stesso momento eruttivo, in zone anche contigue, possono presentare facies anche molto diverse con conseguenti morfotipi, distinguenti il territorio, che presentano frequenti variazioni laterali in un'area molto spesso ridotta.

Questo ultimo fattore influisce sul diverso grado di erodibilità e sulle forme dei rilievi che presentano sia profili regolari, in particolare per le aree sud e nord-est del centro abitato, sia profili irregolari come nella zona nord del territorio comunale.

La zona settentrionale è contraddistinta dalla presenza di fronti di colate laviche storiche e poi allontanandosi dalle pendici del vulcano si accede al dominio della piana del Sarno dove i prodotti piroclastici presentano caratteristiche diverse, conseguenza dei processi di sedimentazione in ambiente palustre, dopo il rimaneggiamento dovuto al dilavamento e trasporto dalle pendici del complesso del Somma-Vesuvio.

Il contesto geomorfologico della Piana del Sarno, porzione meridionale della più ampia Piana Campana, grande graben individuato sia partire dal Pliocene Superiore e soggetto ad un graduale approfondimento nel Quaternario, risulta delimitata dalle dorsali dei massicci carbonatici mesozoici: a Ne N-W dai monti di Caserta, dalla dorsale del Partenio e dai margini più occidentali dei Picentini, a N-W dalla dorsale del Monte Massico a S-E dai Monti Lattari mentre sul lato occidentale il graben si apre verso il Mar Tirreno.

La Piana del Sarno, zona morfologicamente piatta, di forma pressoché romboidale, con i vertici nella direzione dei quattro punti cardinali, è circoscritta a Sud dai rilievi carbonatici della Penisola Sorrentina, a N-E dai Monti di Sarno, a N-W dalle falde dell'apparato vulcanico del Somma Vesuvio. La parte Sud-Occidentale si affaccia sul tratto di costa tra Torre Annunziata e Castellammare di Stabia, con porzione in corrispondenza dell'abitato di Nocera Inferiore dove c'è la confluenza tra i torrenti Solofrana e Cavaiola.

L'intera piana è posta ad una quota di circa 25 metri s.l.m. e sul lato vesuviano si rilevano le pendici del complesso vulcanico che si raccordano molto dolcemente alla depressione mentre dal lato orientale e meridionale le pendenze sono molto più marcate.

5. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

La stratigrafia del sottosuolo della Piana Campana è nota con sufficiente dettaglio attraverso i dati di perforazioni eseguite in passato per vari scopi (ricerche di idrocarburi e di forze endogene; ricerche d'acqua). E' sufficientemente conosciuto lo schema litologico e vi sono sufficienti dati relativi alle principali sorgenti e le stazioni pluviometriche e termo pluviometriche.

Il distretto vulcanico del Somma-Vesuvio costituisce una struttura idrogeologica differenziata dalla piana circostante. I principali orizzonti acquiferi sono rappresentati dalle colate laviche fratturate e dai livelli di scorie, pomici e lapilli. In generale la circolazione idrica sotterranea si sviluppa per falde idriche sovrapposte, non è però possibile operare una vera distinzione tra le falde perché esse sono tra loro interconnesse, sia attraverso soluzioni di continuità dovute alle tipiche modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici, sia attraverso il fenomeno di drenanza, sia attraverso faglie e fratture presenti nei depositi lavici. In grande scala quindi la circolazione idrica la si può ipotizzare unica ed a falda libera.

I rapporti idrogeologici del Somma-Vesuvio con la piana circostante sono generalmente di interscambio idrico laddove sono presenti litotipi a granulometria più grossolana, mentre si rinvencono emergenze di modesta entità dove prevalgono depositi sottili a bassa permeabilità (Celico et al., 1991). Celico evidenzia che nelle zone periferiche dell'apparato vulcanico, le direttrici di flusso principali sono divise da uno spartiacque sotterraneo, localizzato sulla congiungente Nola-Somma Vesuviana-Torre Annunziata. A NW e SE di tale spartiacque, sono visibili due importanti zone di drenaggio preferenziale che convogliano le acque di falda dell'alto bacino dai Regi Lagni, rispettivamente verso la zona orientale della città di Napoli e verso il medio corso del Sarno. A sud di Terzigno questo drenaggio risulta interrotto probabilmente perché le acque vengono intercettate dalle colate laviche affioranti. Queste hanno uno sviluppo radiale e deviano i deflussi idrici sotterranei verso il Sarno, creando una zona di alimentazione preferenziale a SE di Poggiomarino. Anche più a valle, il corso del Sarno continua a rappresentare il principale punto di recapito delle acque sotterranee, lungo tutta la fascia sud-occidentale del Somma-Vesuvio, la falda defluisce direttamente verso mare.

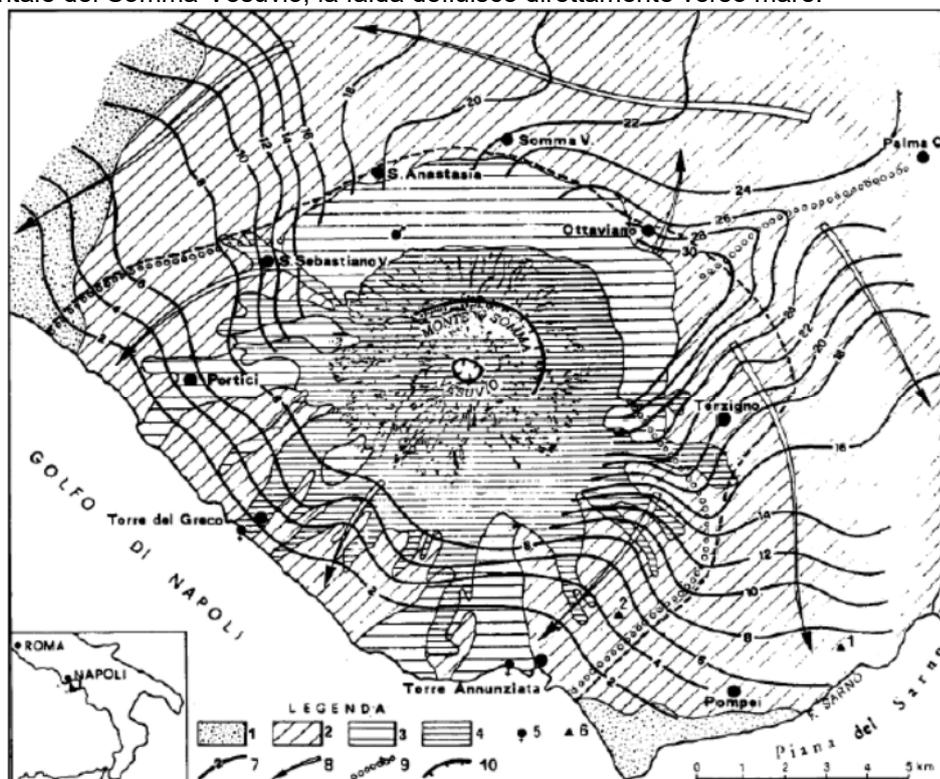


Fig. 3 - Stralcio della Carta idrogeologica dell'area vesuviana (da Celico et al., 1998) 1) complesso alluvionale e piroclastico. 2) Complesso piroclastico. 3) Complesso delle piroclastici prevalenti e delle lave. 4) Complesso delle lave prevalenti e piroclastici. 5) Sorgenti di portata < 5 l/s. 6) pozzi. 7) Curve isopiezometriche e quote relative in m s.l.m. 8) Principali assi di drenaggio sotterraneo. 9) Spartiacque sotterraneo. 10) Orlo di caldera

Per quanto riguarda l'acquifero superficiale del complesso vulcanico Somma-Vesuvio esso risulta essere costituito in maniera predominante dalle lave e dalle piroclastiti e risulta alimentato in maniera sostanziale dagli apporti idrici del complesso vulcanico che, in considerazione della buona ricettività dei litotipi presenti, si infiltrano facilmente.

L'acquifero, eterogeneo e anisotropo, risulta costituito dall'alternanza di litotipi molto permeabili, come lave molto fessurate e livelli piroclastici a granulometria grossolana (scorie, pomici, e sabbioni), e di contro termini poco permeabili come tufi, lave compatte, cineriti e paleosuoli. Tale differenza e le varie alternanze che sono sia verticali che orizzontali creano a livello locale più falde sovrapposte ma a grande scala esse sono intercomunicanti. Dai rilievi piezometrici si evidenzia come la morfologia della falda di base a grandi linee segue quella morfologica del vulcano, individuando un alto piezometrico rispetto la piana circostante che rappresenta, con il tratto costiero, il recapito, ciò è dimostrato anche dall'assenza di significative sorgenti basali. Come detto, sempre attraverso l'analisi piezometrica si possono individuare tre spartiacque sotterranei: un primo individuabile lungo l'asse Ottaviano-Palma Campania, un secondo un allineamento S.Sebastiano-Napoli e il terzo con allineamento Terzigno-Torre Annunziata. Questi ultimi due delimitano in parte la porzione di acquifero con deflusso verso la costa; il primo ed il terzo delimitano le acque che defluiscono verso la piana del Sarno mentre il primo ed il secondo l'acquifero che alimenta la piana ad oriente di Napoli (solo per la zona di Ottaviano).

Considerando il complesso del Somma-Vesuvio la classificazione dei terreni presenti, dal punto di vista idrogeologico è la seguente:

- *Rocce impermeabili*, cui appartengono i depositi fini come i depositi torbosi a prevalente contenuto limoso-argilloso; ad esse si ascrive anche il tufo non fratturato;
- *Rocce a permeabilità differenziata*, cui appartengono gli strati costituiti da alternanze di sabbie e limi-argillosi;
- *Rocce a permeabilità per porosità*, le più ricorrenti nell'area in esame, cui appartengono i depositi piroclastici in senso stretto;
- *Rocce permeabili per fatturazione*, costituiscono il tetto delle bancate tufacee e delle lave sono generalmente diaclasate.

Entrando nello specifico del territorio comunale di Boscoreale, dal punto di vista idrogeologico, si individuano tre principali complessi litologici, tenendo conto della loro posizione geometrica e stratigrafica, delle loro caratteristiche di permeabilità relativa e del ruolo che ciascuno di essi ha in seno alle diverse strutture idrogeologiche.

Dagli studi di campo si è potuto appurare l'evidenza di un'alternanza di terreni a permeabilità differente con conseguente circolazione idrica sotterranea per falde sovrapposte che nel caso di lave, pomici, lapilli, scorie e ghiaie sono orizzonti più produttivi mentre non è così per le formazioni tufacee, le ceneri, i limi, le argille e i terreni piroclastici con tracce di argillificazione.

Considerando quindi l'assetto litostratigrafico e quanto detto sin ora molto spesso non si distinguono singole falde e le stesse risultano interconnesse per fenomeni di drenanza degli acquiferi più profondi e per soluzioni di continuità degli strati impermeabili.

Nel territorio in esame, dal punto di vista idrogeologico, si individuano tre principali complessi Litologici, tenendo conto della loro posizione geometrica e stratigrafica, delle loro caratteristiche di permeabilità relativa e del ruolo che ciascuno di essi ha in seno alle diverse strutture idrogeologiche

- Complesso alluvionale costituito da Depositi di ambiente di area perivulcanica, a grana prevalentemente fine con permeabilità per porosità con grado scarso-medio.

- Complesso delle lave costituito da lave e scorie derivanti che in relazione alle modalità di messa in posto costituiscono acquiferi lateralmente discontinui ed in giustapposizione laterale e verticale con depositi piroclastici di caduta e da flusso. Vi è la presenza di bolle di degassazione superficiale, cunicoli di scorrimento, fratture dovute al brusco raffreddamento nonché a tetto presenza di materiale scoriaceo costituito da sabbie e ghiaie addensate molto spesso rimaneggiate. Tutto l'orizzonte presenta, quindi, una permeabilità alta per fessurazione, favorendo l'infiltrazione totale delle acque e costituendo, pertanto, il maggiore serbatoio di acque sotterranee in zona.

- Complesso piroclastico costituito da prodotti piroclastici derivati da tipiche eruzioni pliniane e subpliniane, con modalità di messa in posto che vanno dai fall ai flussi, fino ai surge, con permeabilità per porosità e fessurazione, a seconda delle modalità di messa in posto dei

depositi, con grado variabile da scarso a medio in funzione della granulometria e del grado di fratturazione.

Non si evidenziano emergenze delle acque di falda, per cui la piana sarnese e successivamente la costa rappresentano le zone di recapito principale sia delle acque summenzionate sia di quelle ruscellanti. Per uno studio di dettaglio delle caratteristiche idrogeologiche dell'area si è provveduto ad eseguire rilievi freaticometrici che hanno consentito di ricostruire l'andamento delle linee isofreatiche del periodo idrologico in cui è stata effettuata la misura. Vi è comunque da sottolineare che durante l'intera campagna di indagini in campo, si è proceduto alla verifica rispetto ai dati già presenti e misura del livello di falda, quando presente, e si è altresì proceduto al rilievo in campo della profondità della superficie piezometrica avendo cura poi di riportare sulle tavole SGT08a e SGT08b i livelli freaticometrici assoluti (s.l.m.), le curve isopiezometriche. Attraverso la correlazione dell'assetto litostratigrafico con lo studio delle isofreatiche si è giunti alla determinazione delle modalità di circolazione idrica sotterranea e delle direzioni di flusso.

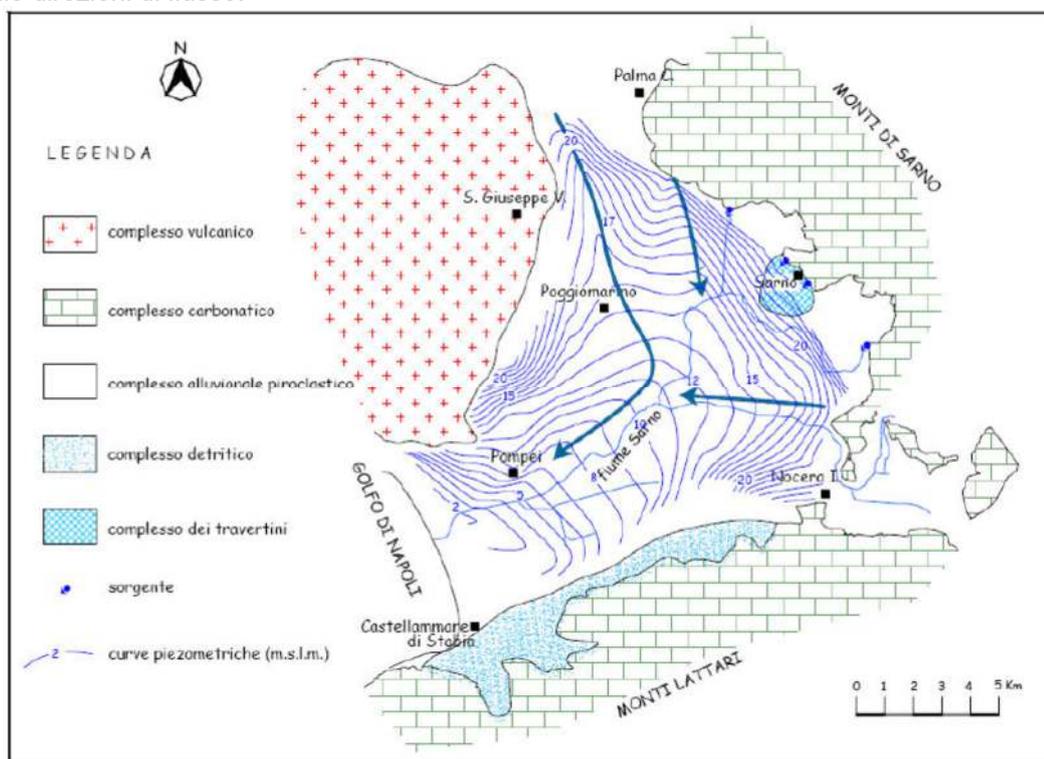


Fig. 4 – Stralcio, fuori scala, carta idrogeologica con relativa legenda (Fabbrocino et alii 2003)

Il deflusso delle acque superficiali risulta stabilito dalla particolare posizione del territorio comunale relativamente al complesso vulcanico del Vesuvio. I flussi, diretti o verso l'asse della Piana alluvionale del Sarno e verso il Tirreno, interessano sia le acque di versante e sia la frazione solida trasportata.

6. RISCHIO IDROGEOLOGICO

Per quanto attiene le problematiche più strettamente connesse al rischio e la pericolosità a franare il territorio comunale è nel distretto morfologico dell'edificio del Vesuvio, ma distante dalle zone morfologicamente più alte ed acclivi e in raccordo con la Piana del Sarno.

Per quanto attiene l'area di nostra pertinenza e per ciò che riguarda la stabilità dei versanti sono stati considerati, oltre le pubblicazioni evinte dalla bibliografia tecnico-scientifica, i dati riportati dal vigente PSAI redatto dall'Autorità di bacino competente nonché quelli riportati dal progetto IFFI dalle quali si evince come per l'area in studio non vengano segnalati fenomeni franosi.

In tale contesto litostratigrafico, connesso alla morfologia poc'anzi descritta, non si segnalano nell'area in esame, al momento, fenomeni di instabilità geomorfologica connessi a eventuali movimenti di massa dei terreni e non sono state individuate cavità sotterranee.

L'area in esame, nei Piani prodotti delle Autorità di Bacino competente, non risulta a **rischio a franare** R2, R3, R4 né a **pericolosità a franare** P2, P3, P4, mentre risulta a rischio a franare R1 e pericolosità a franare P1 (**pericolosità moderata**) in porzioni marginali poste nel settore nord occidentali del territorio comunale ove si evidenzia un ridottissimo lembo a Pericolosità a franare **P2 (pericolosità media)**. Si rimanda alle tavole SGT10a Rischio da frana e SGT9a Pericolosità da frana per i dettagli specificando che non è stata prodotta cartografia per la porzione orientale del territorio comunale non essendo presente nessun tipo né di rischio né di pericolosità a franare.

Per le aree ricadenti all'interno delle zone perimetrate dall'Autorità di Bacino a Rischio moderato, denominata "R1", valgono i contenuti delle Norme di Attuazione allegate allo stesso Piano Stralcio e, più specificamente quelle contenute negli artt. 16,18 e 24 nonché in generale quanto contenuto al Titolo III nonché ai relativi vari rimandi.

Per le aree ricadenti all'interno delle zone perimetrate dall'Autorità di Bacino a Pericolosità moderata, denominata "P1", nonché Pericolosità media, denominata "P2", valgono i contenuti delle Norme di Attuazione allegate allo stesso Piano Stralcio e, più specificamente quelle contenute negli artt. dal 34 al 39 e anche in generale quanto contenuto al Titolo IV nonché ai relativi vari rimandi.

Riguardo i vincoli di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino competente dalla cartografia allegata, per l'area in esame, si evidenzia **Rischio idraulico** R2, R3, R4 lungo tutta Via Promiscua che segna il confine con il contiguo territorio comunale di Boscotrecase. Si evidenzia Rischio idraulico R2 ed R4 lungo per tutta Via Grotta nonché Rischio idraulico R3 ed R4 all'incrocio tra Via Panoramica e Via Vesuvio.

Riguardo i vincoli di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino competente dalla cartografia allegata, per l'area in esame, si evidenzia **Pericolosità idraulica** Area di attenzione lungo tutta Via Promiscua che segna il confine con il contiguo territorio comunale di Boscotrecase. Si evidenzia Area di attenzione lungo per tutta Via Grotta nonché Area di attenzione all'incrocio tra Via Panoramica e Via Vesuvio.

Relativamente al **Rischio idraulico** per le aree ricadenti all'interno delle zone perimetrate dall'Autorità di Bacino a Rischio medio, denominata "R2", per quelle a Rischio Elevato, denominate "R3" e per quelle a Rischio Molto Elevato, denominate "R4" valgono i contenuti delle Norme di Attuazione allegate allo stesso Piano Stralcio e, più specificamente quelle contenute dagli artt.8 al 15, nonché in generale quanto contenuto al Titolo II nonché ai relativi vari rimandi.

Per le aree ricadenti all'interno della zone perimetrate dall'Autorità di Bacino come **Area di attenzione**, cioè aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate ai piedi dei valloni, punti/fasce di possibili crisi idraulica localizzata/diffusa, fasce di attenzione per la presenza di alvei strada, valgono i contenuti delle Norme di Attuazione allegate allo stesso Piano Stralcio e, più specificamente quelle contenute negli artt. dal 31 al 33 e anche in generale quanto contenuto al Titolo IV nonché ai relativi vari rimandi.

Si rimanda alle tavole SGT12a Rischio idraulico e SGT11a Pericolosità idraulica per i dettagli specificando che non è stata prodotta cartografia per la porzione orientale del territorio comunale non essendo presente nessun tipo né di rischio né di pericolosità idraulica.

ASPETTI CLIMATICI

Considerando il clima verifichiamo come in linea di massima abbia caratteristiche mediterranee con una fase estiva secca con il massimo delle precipitazioni in autunno che vanno a scemare in primavera ed in inverno. Si segnala una temperatura media massima di circa 21°C con un picco massimo di circa 36,5°C ed una temperatura media minima di 11°C con un picco minimo di -2,2°C. All'interno di tale clima mediterraneo possiamo individuare, secondo il sistema proposto da Thornwaite, tre fasce climatiche ben definite: una fascia costiera molto influenzata dalla presenza del mare, una seconda intermedia che si caratterizza per la mitezza delle temperature che comprende i rilievi oltre i 150 metri circa, gran parte della penisola sorrentina, le pianure interne, il piedimonte dei rilievi di Gragnano e Castellamare; una ultima fascia dove riscontriamo dei valori delle temperature un po' più fresche. Nella fascia costiera riscontriamo le temperature, sia estive che annue, in media più elevate con un clima

da umido a subumido, terzo mesotermico con moderato deficit estivo; in quella intermedia abbiamo clima umido, secondo mesotermico con moderato deficit estivo ed in ultimo la zona più elevata con clima umido, secondo mesotermico con moderato deficit estivo.

	Castellamare di Stabia (m. 18 s.l.m.)	Ercolano (m. 608 s.l.m.)	Napoli Servizio idrografico (m. 30 s.l.m.)
Gennaio	9,4	5,8	10,8
Febbraio	10,7	5,9	11,5
Marzo	12,5	7,3	13,1
Aprile	14,9	10,5	15,6
Maggio	17,7	13,9	19,8
Giugno	23	17,4	23,3
Luglio	25	19,5	25,8
Agosto	25,3	19,5	26,1
Settembre	22,5	17,3	23,5
Ottobre	18,3	14,1	19,3
Novembre	13,6	10,3	15,3
Dicembre	9,8	6,9	12,1
Anno	16,9	12,4	18

Tab. 1 - Temperature medie mensili ed annue, espressi in °C, per le stazioni di Castellamare di Stabia, Ercolano (Osservatorio Vesuviano) e Napoli Servizio idrografico. Per Ercolano il periodo di rilevamento è dal 1960 al 1974 per le altre due stazioni dal 1960 al 1980.

Di seguito si forniscono alcune indicazioni aspetti climatici considerando quanto riportato da pubblicazioni scientifiche. Dall'analisi della serie ultracentenaria di dati meteorologici registrati presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	anno
T _{media} (°C)	9.7	10.2	12.3	15.1	19.1	23.0	25.5	25.7	22.9	18.9	14.6	11.2	17.4
T _{min} (°C)	6.8	7.0	8.7	11.2	14.8	18.5	21.1	21.2	18.8	15.2	11.5	8.4	13.6
T _{max} (°C)	12.6	13.4	15.9	19.1	23.4	27.4	29.9	30.1	27.0	22.5	17.6	14.0	21,1
Umiditàrelativa (%)	66.0	64.5	62.3	62.9	60.0	57.7	56.4	56.8	60.9	64.3	66.5	68.9	62.3
Pressione(atmosferica (hPa)	1012.0	1011.2	1010.3	1008.6	1010.1	1011.0	1010.7	1010.6	1012.1	1011.9	1011.3	1011.1	1010.9
Radiazione solare globale (W/(m ² giorno)	80.8	92.0	153.2	210.2	270.4	293.4	298.7	255.5	196.9	133.1	85.0	61.6	177.6

Tab. 2 - Dati metereologici

Di seguito sono riportati i dati relativi alla pluviometria.

	Castellamare di Stabia (m. 18 s.l.m.)	Ercolano (m. 608 s.l.m.)	Napoli Servizio idrografico (m. 30 s.l.m.)
Gennaio	188	112	113
Febbraio	137	86	88
Marzo	110	96	87
Aprile	70	62	65
Maggio	28	53	52
Giugno	23	35	29
Luglio	46	20	21
Agosto	96	32	40
Settembre	96	83	85
Ottobre	133	88	111
Novembre	186	134	142
Dicembre	200	163	117
Anno	1354	965	949

Tab. 3 - Dati pluviometrici medi mensili ed annui, espressi in mm., per le stazioni di Castellamare di Stabia, Ercolano (Osservatorio Vesuviano) e Napoli Servizio idrografico. Per Ercolano il periodo di rilevamento è dal 1960 al 1974 per le altre due stazioni dal 1960 al 1980.

Si sono analizzate le precipitazioni di forte intensità e breve durata (registrate dalle stazioni S.I.M.N. relativamente alle durate di 5', 10', 15', 20', 30', 1h, 3h, 6h, 12h e 24h).

Si sono considerate i dati di precipitazione di massima intensità, tra gli anni 1955-1988, per le stazioni pluviometriche o pluviografiche poste nelle aree limitrofe dell'area oggetto dello studio. La scelta delle stazioni nonché del periodo è dettata dall'esigenza di continuità di raccolta dei dati e nello specifico sono state analizzate le seguenti stazioni: Acerra, Caserta, Cava dei Tirreni, Ercolano Osservatorio Vesuviano, Lauro, Licola, Napoli Capodichino, Napoli Capodimonte, Napoli Servizio Idrografico, Napoli Camaldoli, Nocera Inferiore, Palma Campania, Pozzuoli, Sorrento Colli S. Pietro, Sorrento Istituto Nautico, Sarno.

N	Stazione	Quota	5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h	hg	Tot. Oss.
		m slm	mm.	mm.	mm.									
1	Acerra	28		12,3		26,6	38,4	38,0	44,5	53,3	65,7	80,9	67,8	123
2	Caserta	90		13,3	18,3	16,8	27,6	29,4	42,3	49,6	58,9	67,4	66,9	210
3	Cava dei Tirreni	435	11,4	14,4	18,9	27,0	23,7	39,4	61,0	79,7	108,5	134,4		128
4	Ercolano Osservat.	612		16,5		29,0		30,9	48,1	57,7	65,6	84,6	57,8	51
5	Lauro	192	8,2	10,8	17,1	18,2	28,9	29,8	41,6	53,2	65,6	84,0		119
6	Licola	2		11,8	12,6	15,4	30,2	29,9	41,3	51,5	60,3	72,1	66,0	230
7	Napoli aeroporto	121											64,9	34
8	NapoliCapodimonte	149											61,3	21
9	Napoli Ser.Idrogr	30		12,0	17,1		30,3	33,2	43,0	51,1	58,1	69,8	66,1	243
10	Napoli Camaldoli	467		11,1	10,3	14,0		20,6	29,9	39,7	49,5	57,5	60,3	83
11	Nocera Inferiore	61		13,3			27,5	28,1	43,4	50,1	72,0	87,7		34
12	Palma Campania	69											62,1	27
13	Pozzuoli.	20		11,8		20,3		34,8	50,8	53,4	59,4	70,7	68,3	70
14	Sorrento S. Pietro	310		10,5		21,2	18,5	34,5	44,8	55,2	98,3	84,4	74,1	147
15	Sorrento Ist nautico	128			10,0	16,6	19,7	28,5	42,5	50,5	61,8	78,5	75,6	76
16	Sarno	21		14,3	16,2		29,9	26,3	37,5	46,3	58,9	74,5		107

Tab. 4 - Valori medi di precipitazioni di breve durata e massima intensità annuale registrate alle stazioni S.I.M.N. relativamente alle durate di 5', 10', 15', 20', 30', 1h, 3h, 6h, 12h e 24h; hg = osservazione tra le 9 A.M. e le 9 A.M. del giorno seguente

Va comunque segnalato come vi siano studi recentissimi che segnalano dei cambiamenti negli apporti meteorici, e più in generale di ordine climatico, negli ultimi anni.

7. RISCHIO VULCANICO

L'attività del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio è sufficientemente conosciuta dall'inizio dell'attività del vulcano che anche se non è conosciuta con certezza, identifica un primo edificio attivo circa 300.000 anni fa e sicuramente con la storia eruttiva ricostruita con sufficiente dettaglio per gli ultimi 25.000 anni.

Il Somma terminò la sua attività circa 17.000 anni fa con una eruzione di tipo pliniano, con successivo crollo della parte apicale formazione di una caldera al cui interno successivamente si formò la struttura del Vesuvio, vulcano tronco-cono alla cui cima si apre l'attuale cratere, e che si trova quasi al centro di essa che lo delimita in gran parte.

Il complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, nella fase iniziale, ebbe un'attività effusiva e debolmente esplosiva a bassa energia con struttura vulcanica che si stima arrivò a circa 3000 metri.

Poi 25.000 anni fa l'attività fu preminentemente esplosiva con successivi, almeno, 8 cicli di attività, sempre cominciati con una violentissima eruzione esplosiva (pliniana a condotto chiuso), seguita da lungo intervallo di quiescenza (così come dimostrano la esistenza di paleosuoli a letto dei depositi piroclastici).

Di seguito un periodo di persistente attività a bassa energia e minore esplosività, a carattere prevalentemente effusivo (interpliniana a condotto aperto).

Le otto grosse eruzioni pliniane sono quelle di Codola (25.000 anni fa), Sarno (22.000 anni fa), Pomici basali (17.000 anni), Pomici grigie (15.000 anni), Lagno Amendolare (11.400 anni), Mercato (8000 anni), Avellino (3800 anni) e Pompei (79 d.C.) che come noto ricopri Pompei ed Ercolano e le aree di Terzigno, Boscoreale, Oplonti e Stabia; poi altri eventi esplosivi, di tipo subpliniano, ed effusivi.

L'ultimo periodo di attività 1631-1944 è stato prevalentemente effusivo con minori eventi piroclastici alla fine di ogni ciclo eruttivo, seguito poi da periodo di riposo durato al massimo 7 anni.

Come noto per difendere gli abitanti dell'area vesuviana da una possibile eruzione esiste un Piano Nazionale di Emergenza che ha come scenario di riferimento l'evento esplosivo di tipo sub-pliniano del 1631.

Esso ha subito vari aggiornamenti al progredire degli studi sempre più di dettaglio da parte della Comunità Scientifica.

E' altrettanto noto che con delibera della Giunta Regionale n. 250 del 26/07/2013 è stata approvata una nuova delimitazione della Zona Rossa la quale è stata così suddivisa:

Zona rossa 1: area ad elevato rischio vulcanico, ossia l'area ad alta probabilità di invasione dai flussi piroclastici, ovvero il territorio delimitato dalla linea di invasione dei flussi piroclastici (linea che delimita l'area a media frequenza (invasione >1 evento) di invasione per le principali eruzioni, pliniane e sub pliniane, al Somma – Vesuvio da parte di flussi piroclastici negli ultimi 22.000 anni di attività).

Zona rossa 2: area ad elevato probabilità di crolli delle coperture degli edifici, ossia l'area in cui è probabile che importanti accumuli di depositi di cenere da caduta determinino il collasso delle coperture più vulnerabili ovvero porzioni di territorio individuate nell'ambito dei progetti di ricerca Europei e Nazionali "Exploris" e "Speed".

La zona rossa comprende 25 comuni dell'area vesuviana, e con zone rosse 1 e 2 sono 700 mila le persone da evacuare tenendo conto di uno scenario di riferimento più cautelativo per la popolazione.

Il territorio comunale di Boscoreale (NA) si ubica all'interno della Zona Rossa 1, quindi interessata dai flussi piroclastici e dalla ricaduta di particelle piroclastiche, di ceneri e lapilli, le quali recherebbero danni irreversibili agli edifici.

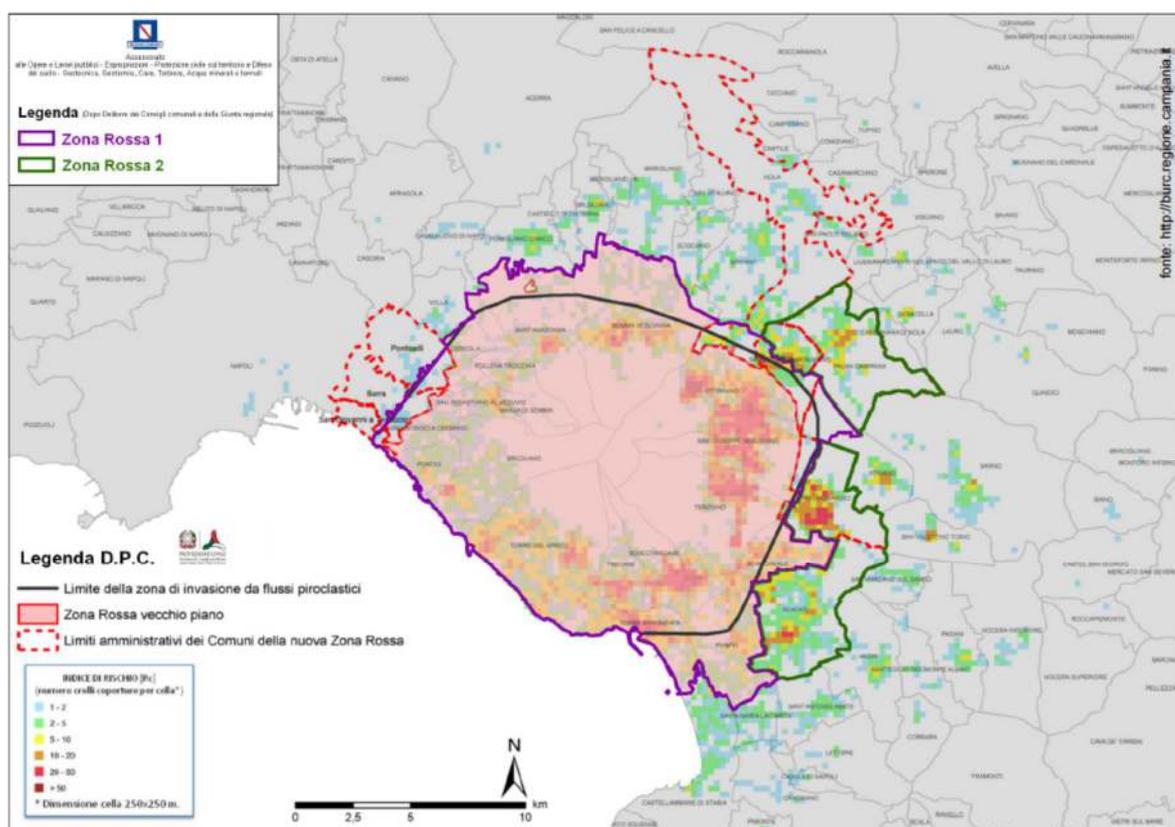


Fig. 5 – Planimetria di cui al DGR 250 del 26/07/2013 (DELIMITAZIONE DELLA ZONA ROSSA 1 E DELLA ZONA ROSSA 2 DEL PIANO DI EMERGENZA DELL'AREA VESUVIANA)

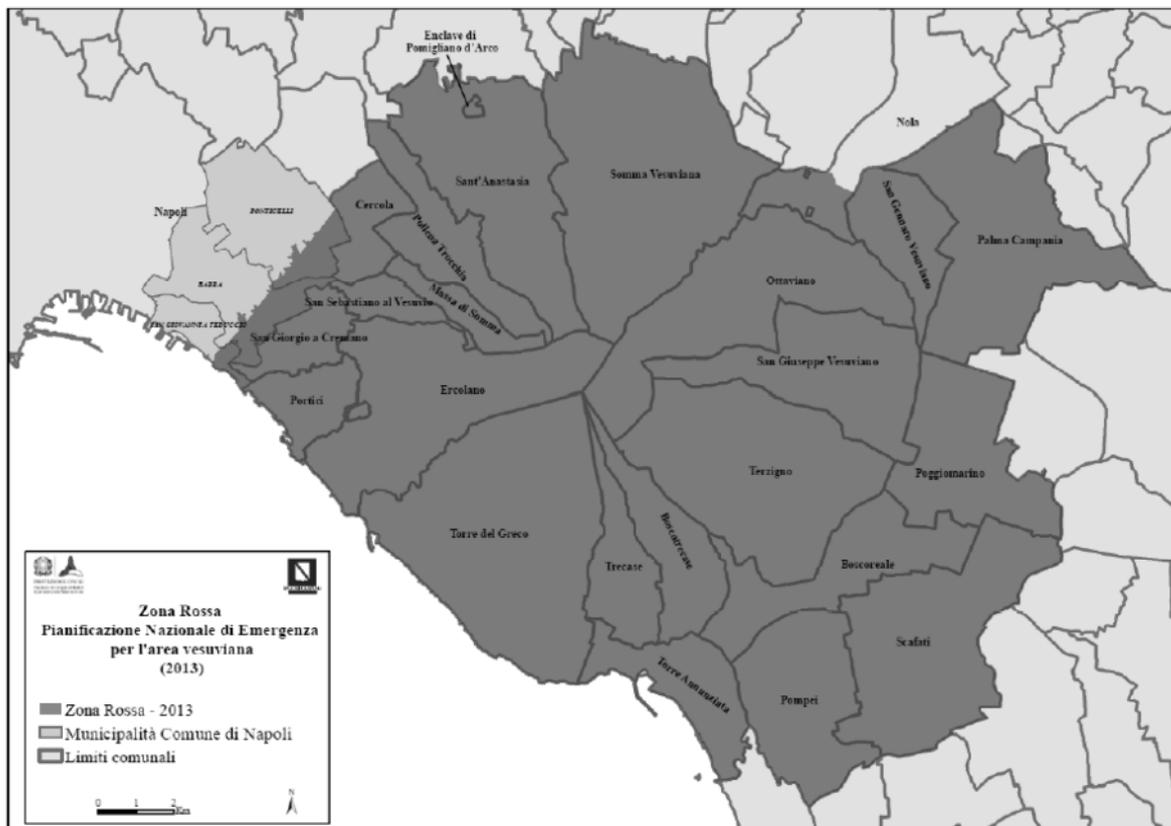


Fig. 6 - All. 1 alle Disposizioni per l'aggiornamento della pianificazione di emergenza per il rischio vulcanico del Vesuvio. (DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14 febbraio 2014 GU Serie Generale n.108 del 12-05-2014)

8. RISCHIO SISMICO

Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati vari cataloghi dei terremoti. Molti studi hanno sottolineato che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata, ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell'area di interesse. Infatti, la geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali, e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez - Garcia et alii, 1996).

Ne discende che ai fini della riduzione del rischio sismico, è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare. L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito, dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni. Anche la recente normativa sismica del territorio italiano (OPCM, n. 3274/2003; OPCM n. 3519 del 28/04/2006, D.M. 14 gennaio 2008 e D.M. 17 gennaio 2018), sottolinea l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione. Il territorio comunale di Boscoreale (NA), interessato nell'arco della sua storia sismica da più eventi, risente fortemente dell'effetto di sismi generatisi in due delle zone sismogenetiche definite dalla Zonazione Sismogenetica ZS9 a cura di Meletti e Valensise (marzo 2004).

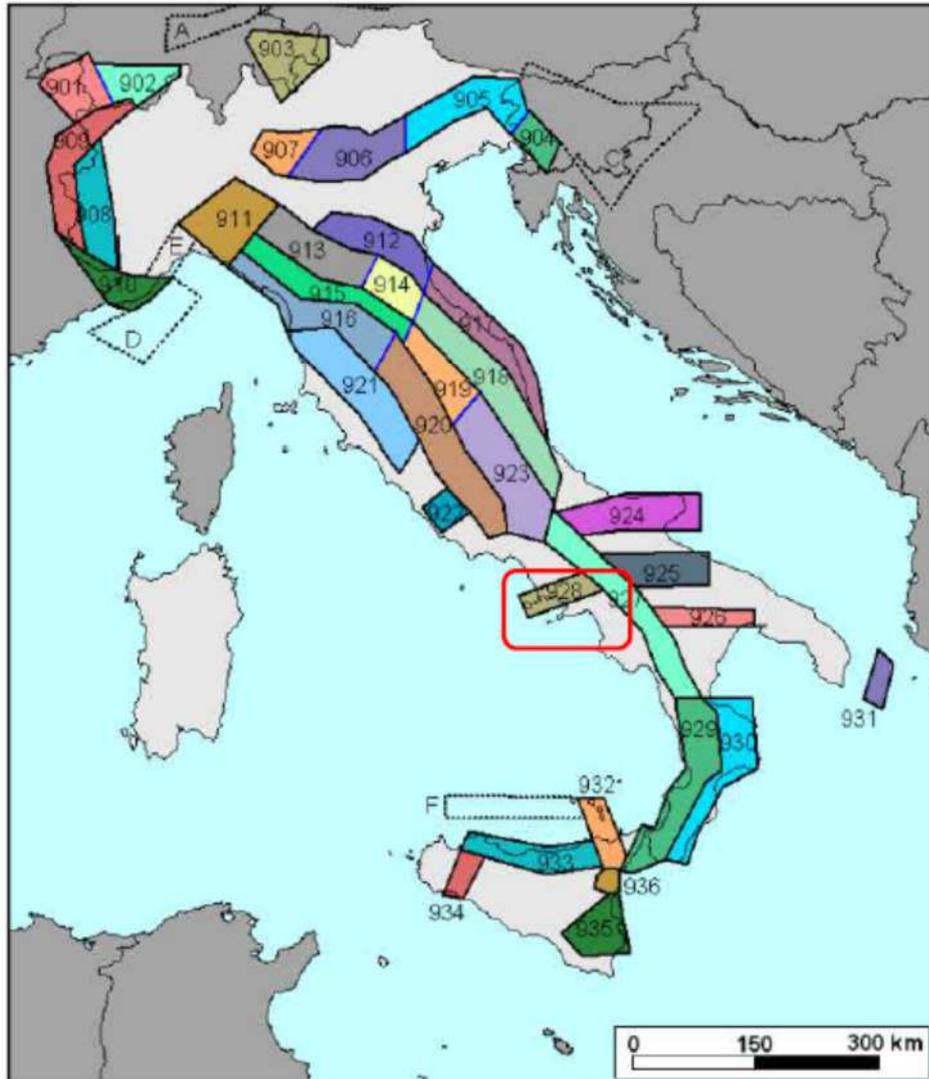


Fig. 7 - Zonazione sismogenetica ZS9

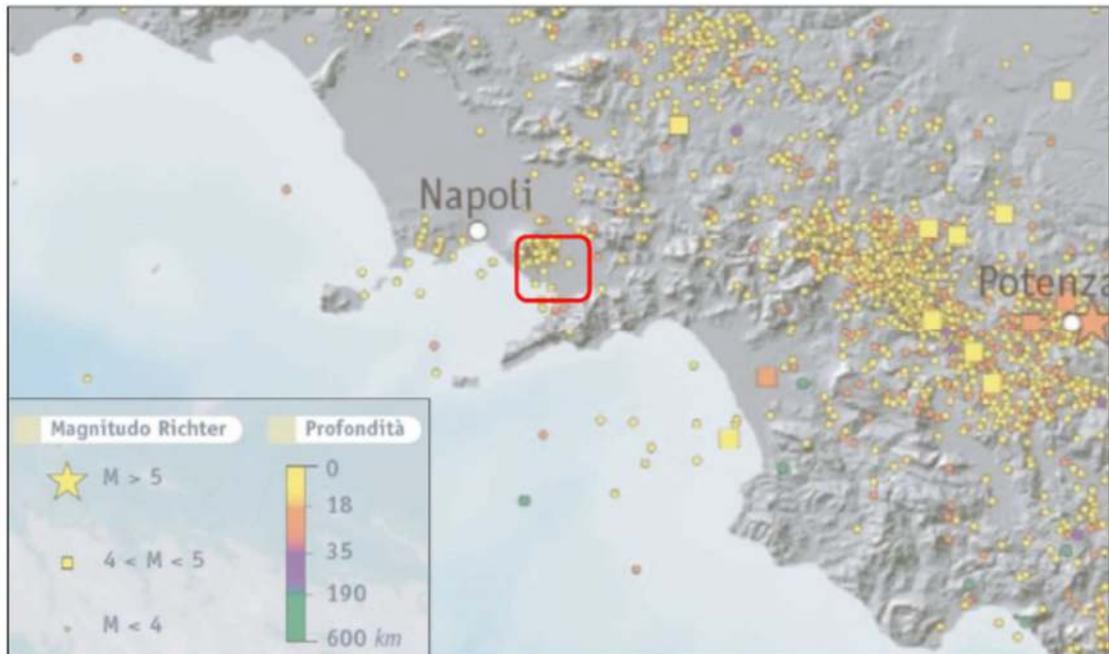


Fig. 8 - Ubicazione dei terremoti registrati nell'area in studio ultimi duemila anni (INGV)

Tali fasce sismogenetiche, per ordine di importanza sono 928: Vulcani vesuviani; 927: Appennino Campano – Lucano. Dunque il territorio comunale di Boscoreale risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica e, in misura subordinata, da eventi di origine vulcanica con epicentro nei vicini distretti del Vesuvio e dei campi Flegrei.

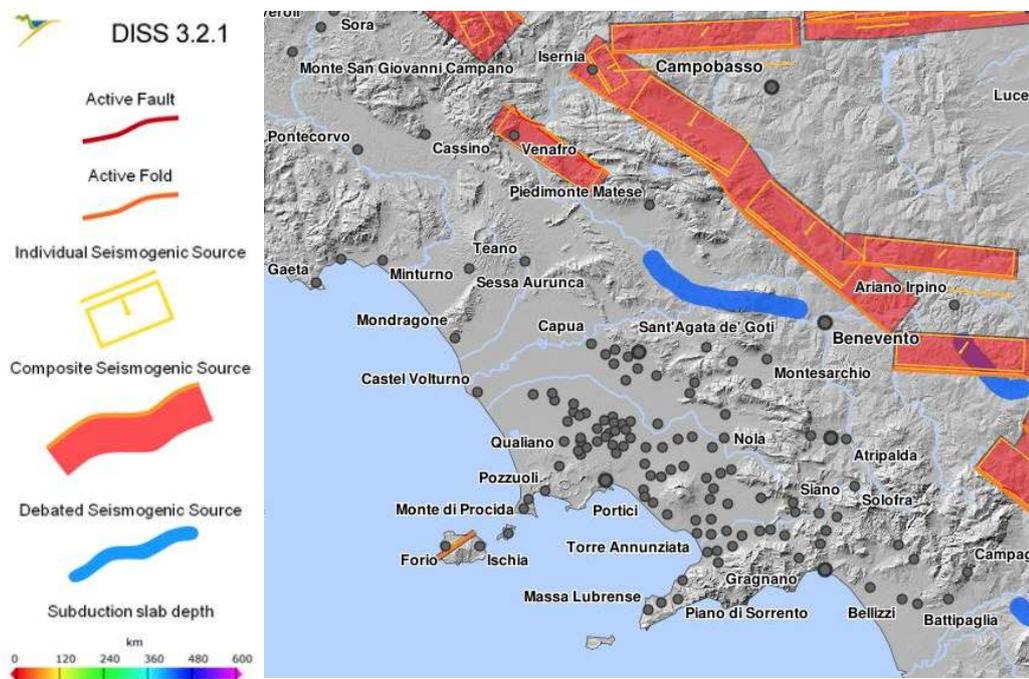


Fig. 9 - Stralcio carta faglie attive presenti nell'Appennino centrale

Quanto sopra si evidenzia nella successiva Tabella, con i dati relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km, sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NO – SE.

Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è avvertito nel territorio in studio con intensità locale non inferiore al VII grado della scala MCS. Per quanto concerne l'area oggetto del presente studio, non insistono sul territorio comunale sorgenti sismogenetiche.

Le sorgenti sismogenetiche più prossime sono quelle di Mirabella Eclano- Monteverde (ITCS084), ed Irpinia Val d'Agri (ITCS034).

Dal punto di vista sismico, il territorio in esame presenta un rischio derivante dalla sua posizione rispetto aree vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio e alla catena appenninica che, ancora in fase di sollevamento, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono i principali eventi sismici.

La valutazione del Rischio Sismico viene normalmente valutata su due scale di grandezza diversa: La Macrozonazione, a scala regionale, individua le aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità; la Microzonazione, all'interno della precedente, valuta le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali.

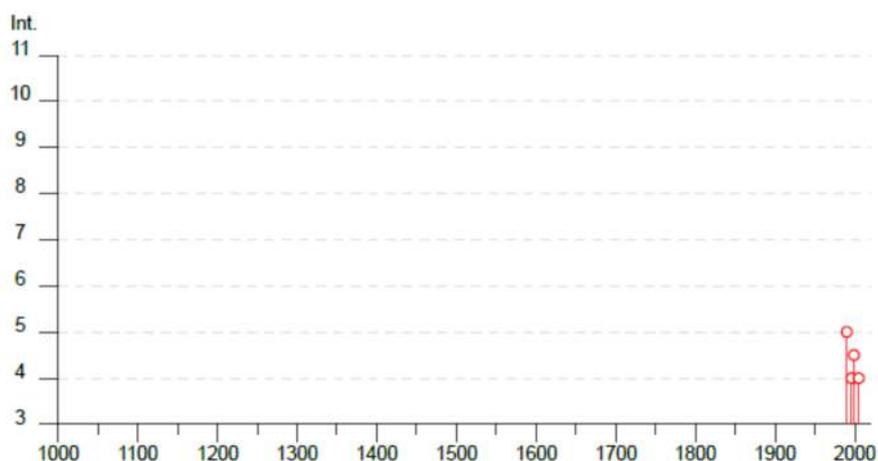
Pertanto la Microzonazione sismica è volta ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e mitigare (attraverso idonei criteri d'uso del territorio) gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane.

Il "Catalogo dei Forti Terremoti dal 461 A. C. Al 1990" compilato dall'Istituto Nazionale di Geofisica mette in evidenza una frequenza "media" di eventi sismici nell'area, aventi un'intensità massima del IX grado della Scala Mercalli risulta essere un valido riferimento per gli scopi in oggetto.

Per quanto concerne la sismicità dell'area, con particolare riferimento alla macrosismologia, si fa riferimento alla documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) ed in particolare al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (ultima edizione CPT15) e al Database DOMI15. I dati di questa analisi sono riassunti ed illustrati nella figura che segue.

Boscoreale

PlaceID IT_59985
 Coordinate (lat, lon) 40.773, 14.477
 Comune (ISTAT 2015) Boscoreale
 Provincia Napoli
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 5



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	1999	10	09	05	41	0	Area vesuviana	38	5	3.24
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
4	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07

Fig. 10 – Storia sismica del territorio di Boscoreale dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (edizione CPT115) [https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/\(Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolloi, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani \(CPT115\), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia \(INGV\). https://doi.org/10.13127/CPTI/CPT115.2\)](https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/(Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolloi, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT115), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/CPTI/CPT115.2)

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico, essa è indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 (Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003), aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n.5447 del 7/11/2002.

Secondo tale classificazione il territorio del Comune di Boscoreale ha un'appartenenza ad una Zona Sismica 2 (=Zona con pericolosità sismica intermedia, nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti) con una Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $0,15 \leq a_g < 0,25g$ (OPCM 3519/2006).

Considerando la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica derivante dal progetto S1 dell'INGV, disponibile on-line sul sito dell'INGV, si indica che il territorio comunale di Boscoreale (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra $0,125g$ e $0,175g$ (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

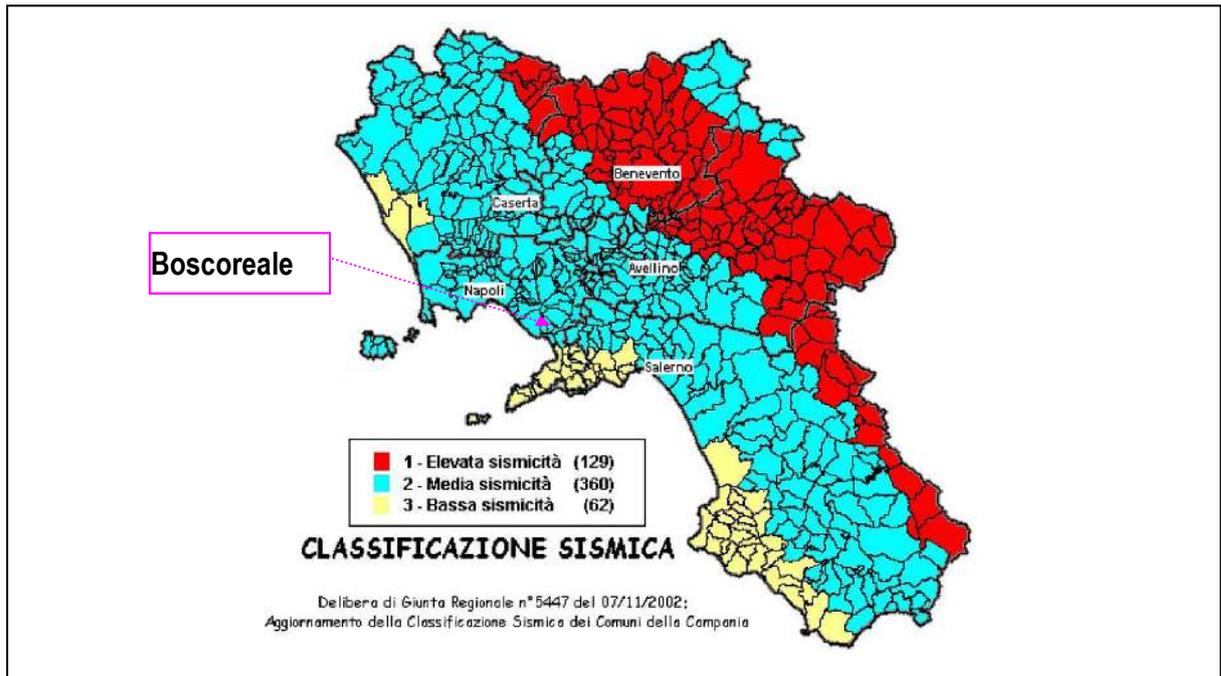


Fig. 11 – Classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.
 Zona1, valore diag=0.35g–Zona 2, valore diag= 0.25g–Zona3, valore di ag= 0.15g (2002)

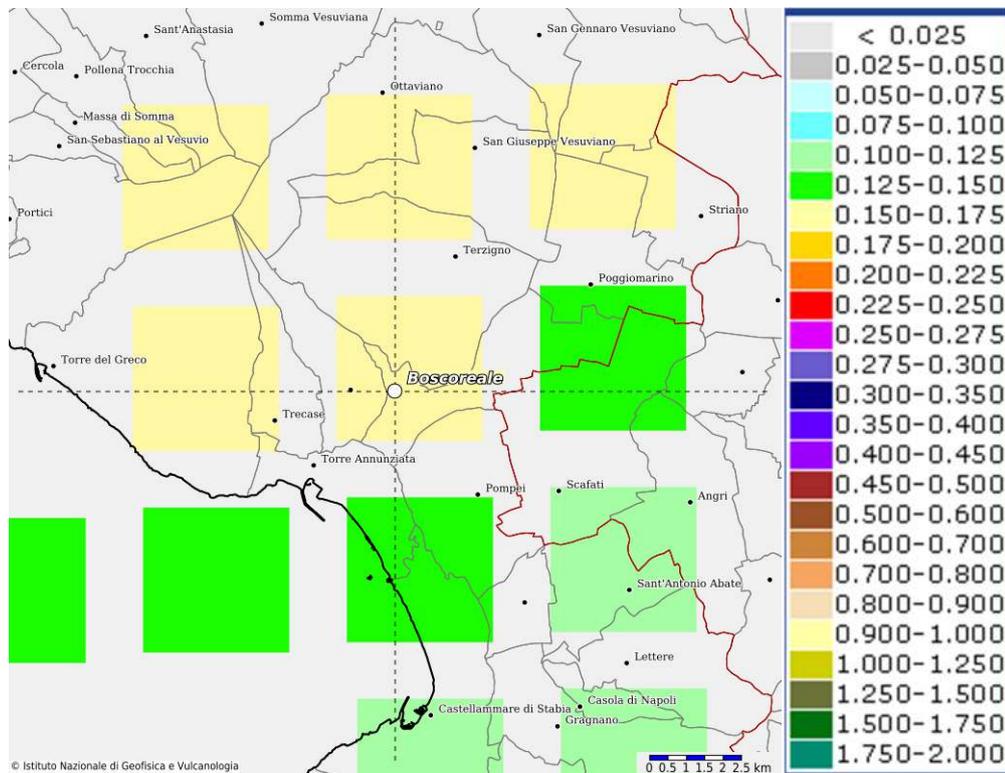


Fig. 12 – Mappa della pericolosità sismica

Nella figura precedente, redatta dall'INGV di Milano secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni si può osservare che il territorio del comune di Boscoreale rientra in larga parte in un'area contraddistinta da valori di ag di riferimento compresi tra 0,125 e 0,175 (con punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50). In tale area rientra la porzione di territorio comunale oggetto del presente studio. Tale cartografia è disponibile on-line sul sito dell'INGV all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>. Inoltre per la classificazione sismica del sito è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. In particolare devono essere noti:

- Il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o se assente il bedrock-like un livello con $V_s > 700$ m/s.
- La velocità delle onde S negli strati di copertura.

9. INDAGINI SVOLTE

Per l'espletamento dell'incarico ricevuto, si è proceduto, dopo un sopralluogo preliminare ed uno studio della letteratura tecnico - scientifica relativa all'area in esame, al rilevamento geologico su ampia scala per individuare la natura dei terreni affioranti, la morfologia dell'area, eventuali altri dissesti e l'idrologia superficiale.

Nello specifico si è sviluppato il programma di studio ed indagini così come di seguito riportato:

- Ricerca bibliografica: in questa fase, al fine di avere un quadro geologico- geomorfologico, sismico, idrogeologico, geotecnico, ecc. conoscitivo generale dell'intero territorio comunale, si sono consultate:
 - ✓ Foglio 185 – Salerno della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000;
 - ✓ Foglio 466 – Sorrento – Termini Foglio 466-485 Carta Geologica d'Italia ISPRA Scala 1 : 50.000;
 - ✓ Documentazione relativa agli studi geologici realizzati in passato per dare seguito agli strumenti di pianificazione territoriale a scala comunale;
- Sopralluogo preliminare: attraverso di esso, si sono valutate le condizioni geologiche e morfologiche utili per il posizionamento delle indagini in sito;
- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'area nella scala 1:5.000;
- Rilevamento idrogeologico dell'area nella scala 1:5.000;
- Indagini dirette in sito:

Al fine di redigere la presente relazione sono stati utilizzati, altresì, i dati relativi alle indagini effettuate in passato a vario titolo nell'ambito nel territorio comunale di Boscoreale.

Più specificamente si indicano quelle più corpose:

- A. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per il P.R.G. (2002);
- B. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per il P.R.U. (2007);
- C. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per il P.I.P. (2007);
- D. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per varie finalità (2014 - 2022);
- E. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per raddoppio tronco ferroviario Torre Annunziata-Scafati con modifiche al tracciato ed eliminazione dei passaggi a livello (1994)
- F. indagini dirette ed indirette in sito eseguite per Programma Straordinario di Edilizia Residenziale: "Variante S.S.268". Comparto n.11 del comune di Boscoreale (1986)
- G. Adeguamento della rete idrica: 1° stralcio funzionale (1993)
- H. Rete fognaria centro urbano (1986)

Più precisamente ci venivano fornite dagli uffici comunali le indagini realizzate a vario titolo nel territorio comunale così come di seguito elencate in tabella.

ID indagine PUC	ID indagine pregressa	Tipo indagine	Fonte	Profondità (m da p.c.)	Numero di SPT	Numero di campioni
CC4p	S/1	Sondaggio a carotaggio continuo	PRG - Adeguamento rete idrica (1993)	7,50		4
CC5p	S/2			5,00		2
CC6p	S/3			4,80		2
CC7p	S/4			5,00		2
CC8p	S/5			8,50		3
PS1p	PS/1	Prova penetrometrica statica		8,40		
PS2p	PS/2			6,40		
PS3p	PS/3			8,60		
PD17p	PD2	Prova penetrometrica dinamica		6,80		
PD18p	PD3			4,30		
PD19p	PD4			4,90		
PD20p	PD5			3,70		
PD21p	PD6			4,70		
PD22p	PD7			6,00		
PD23p	PD8			7,90		
PD24p	PD9		7,00			
PD25p	PD10	8,00				
CC9p	S2	Sondaggio a carotaggio continuo	PRG - Galleria ferroviaria vesuviana (1993)	25,00		
CC10p	S4		25,00			
CC11p	1	Sondaggio a carotaggio continuo	PRG - Rete Fognaria Centro Urbano (1982)	5,50	2	
CC12p	2			4,00		
CC13p	3			5,50	1	
CC14p	4			5,40		
CC15p	5			5,00		
CC16p	6			12,00		
CC17p	7			5,00		
CC18p	8			4,00		
CC19p	9			3,50		
CC20p	10					
CC21p	11			11,80		
CC22p	12			12,40		
CC23p	13			12,30		
CC24p	14			13,00		
CC25p	15			15,00		
CC26p	16			13,00		
CC27p	17			22,50		
CC28p	18			9,00		
CC29p	6	Sondaggio a carotaggio continuo	PRG - S.S. 268 Variante al Vesuvio (1986)	30,00	12	
CC30p	7			30,00	11	
CC31p	8			30,00	11	

CC32p	9			19,00	7	
P1p	1	Pozzo	PRG (2002-2003)			
P2p	2					
P3p	3					
P4p	4					
P5p	5					
P6p	6					
P7p	7					
P8p	8					
P9p	9					
P10p	10					
P11p	11					
P12p	12					
P13p	13					
P14p	14					
P15p	15					
P16p	16					
P17p	17					
P18p	18					
P19p	19					
P20p	20					
P21p	21					
P22p	22					
P23p	23					
P24p	25					
P25p	26					
P26p	27					
P27p	28					
P28p	29					
P29p	30					
P30p	31					
CC33p	S'1			Sondaggi a carotaggio continuo con Down-Hole		20,00
CC34p	S'2			20,00		
CC35p	S'3	Sondaggi a carotaggio continuo		20,00	3	3
CD5p	S''1	Sondaggi a distruzione di nucleo		20,00		
CD6p	S''2			20,00		
CD7p	S''3			20,00		
CD8p	S''4			20,00		
CD9p	S''5			20,00		
CD10p	S''6			20,00		
CD11p	S''7			20,00		
CD12p	S''8			20,00		
SS1p	1					

SS2p	2	Sondaggio sismico			
SS3p	3				
SS4p	4				
SS5p	5				
SS6p	7				
SS7p	8				
SS8p	9				
SS9p	10				
SS10p	11				
SS11p	12				
SS12p	13				
PS4p	1		Prova penetrometrica statica	17,20	
PS5p	2	1,00			
PS6p	3	2,00			
PS7p	4	5,20			
PS8p	5	2,20			
CC36p	1	Sondaggi a carotaggio continuo	30,00	6	
CC37p	2		30,00	7	
CC38p	3		30,00	6	
CC39p	1	Sondaggi a carotaggio continuo con Down-Hole	30,00		
CC40p	2		30,00		
CC41p	3	Sondaggi a carotaggio continuo	30,00		
PD26p	1	Prova penetrometrica dinamica	19,80		
PD27p	2		15,40		
PD28p	3		20,20		
PD29p	4		20,20		
PD30p	5		15,20		
PD31p	6		22,20		
PD32p	7		22,20		
SS13p	BS1	Sondaggio sismico	15,00		
SS14p	BS2		15,50		
P31p	1	Pozzo			
P32p	2				
P33p	3				
P34p	4				
P35p	5				
P36p	6				
P37p	7				
P38p	8				
P39p	9				
P40p	10				
P41p	11				
P42p	12				

P43p	13					
P44p	14					
P45p	15					
P46p	16					
PD33p	DPSH 1	Prova penetrometrica dinamica	Verifica della vulnerabilità sismica e conseguente compilazione di scheda di sintesi per l'edificio scolastico elementare materna - Gescal, loc. V. Montessori (2020)	5,60		
PD34p	DPSH 2			4,60		
M3p	MASW	Indagine sismica tipo MASW		35,00		
CC42p	S1	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	Relazione geologica per lavori di adeguamento strutturale e sismico dell'edificio scolastico elementare Francesco Cangemi, in Via Francesco Cangemi (2018)	30,00	2	2
M4p	MASW1	Indagine sismica tipo MASW		35,00		
PD35p	DPSH1	Prova penetrometrica dinamica		5,80		
PD36p	DPSH2			10,80		
M5p	MASW1	Indagine sismica tipo MASW	Relazione geologica per la realizzazione di un progetto di allargamento vani su muri portanti, diversa distribuzione interna e di un piccolo soppalco in Via Vittorio Emanuele (2020)	35,00		
CC43p	S2	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo		18,00	3	
PD37p	DPSH1	Prova penetrometrica dinamica	Progetto di realizzazione di un nuovo vano ascensore da eseguirsi presso l'edificio municipale del comune sito alla Piazza Pace (2021)	8,00		
PD38p	DPSH2			8,00		
HV20p	H/V	Indagine sismica tipo HVRS		40,00		
PD39p	DPSH1	Prova penetrometrica dinamica	Indagine geologica, geotecnica e sismica per la ricostruzione di una cappella gentilizia sul suolo 63 del III giardino adulti (2021)	8,00		
M6p	MASW1	Indagine sismica tipo MASW				
M7p	MASW1	Indagine sismica tipo MASW	Relazione geologica a corredo dell'intervento di miglioramento sismico di un fabbricato in muratura in Via Marra 44 (2021)	45,00		
PD40p	PPD1	Prova penetrometrica dinamica		11,80		
PD41p	DPSH1	Prova penetrometrica dinamica	Lavori di verifica a sanatoria di un muro contenimento rampa e di un cordolo di finitura muratura esistente nel fondo alla località Cangiani (2018)	8,00		
PD42p	DPSH2			8,00		
HV21p	H/V	Indagine sismica tipo HVRS		30,00		
CC44p	S1	Sondaggi a carotaggio continuo	Relazione geologica per la realizzazione di un monumento funerario nel lotto n. 11 del cimitero di Boscoreale (2021)	30,00	4	
M8p	MASW 1	Indagine sismica di tipo MASW		35,00		

PD43p	P1	Prova penetrometrica dinamica	Progetto per la costruzione del nuovo nicchiaro da realizzare nelle aree est e sud del cimitero comunale (2014)				
PD44p	P2						
PD45p	P3						
PD46p	P4						
PD47p	P5						
PZ1p	Pz1	Pozzetto esplorativo			2,00		1
CC45p	S57	Sondaggi a carotaggio continuo			17,00		
CC46p	S58	Sondaggi a carotaggio continuo			17,00		
M9p	M1	Indagine sismica tipo MASW			30,00		
SR1p	SR1	Sismica a rifrazione					

Tab. 5 – Elenco indagini pregresse georeferenziate in Carta di ubicazione delle indagini in scala 1:5.000 - SG.T03a e SG.T03b

Nell'area in studio sono state realizzate tra febbraio e maggio 2022: diciannove indagini geofisiche tipo HSVR, due indagini geofisiche tipo MASW, tre indagini geofisiche tipo Down hole e sedici prove penetrometriche dinamiche continue pesanti spinte sino alla profondità di rifiuto dell'attrezzatura, sette sondaggi di cui quattro a distruzione di nucleo (con annesso prelievo di campioni indisturbati su ogni verticale), tre a carotaggio continuo sino alla profondità di m. 30,00 dal p.c. attuale con connesse prove sismiche tipo Down Hole e nove prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite a varie profondità, quattro prelievi di campioni indisturbati su cui sono state eseguite analisi e prove di laboratorio.

Come detto, nell'area in studio, in vari periodi, sono state eseguite diverse indagini e per la redazione della presente relazione si sono considerati complessivamente:

n. 13 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di m. 30,00 dal p.c.; n. 7 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 20,00 e m. 25,00 dal p.c.; n.11 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 10,00 e m. 19,00 dal p.c.; n. 14 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 0,00 e m. 9,00 dal p.c.; n. 8 sondaggi a distruzione spinti a profondità di m. 20,00 dal p.c.; n. 88 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite a varie profondità; n. 26 campioni indisturbati a su cui sono state eseguite varie analisi e prove di laboratorio; n. 8 prove penetrometriche statiche spinte alla quota di rigetto dell'attrezzatura; n. 47 prove penetrometriche dinamiche spinte alla quota di rigetto dell'attrezzatura; n. 9 indagini sismiche tipo MASW ; n. 7 indagini sismiche tipo Down-Hole ; n. 16 indagini sismiche a rifrazione ; n. 19 indagini geofisiche tipo HSVR ;

Nell'elaborato Relazione sulle indagini (SG.R02) sono riportati sia i risultati dell'intera campagna realizzata nel febbraio e aprile 2022 sia quelle delle indagini pregresse (tutte georeferenziate in Carta di ubicazione delle indagini in scala 1:5.000 - SG.T03).

I risultati dell'intera campagna sono riportati in allegato e sono parte integrante e non divisibile del presente studio.

10. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nell'area in studio, in vari periodi, sono stati eseguiti diversi sondaggi di cui taluni a carotaggio continuo. Per la redazione della presente relazione si sono considerati complessivamente: n. 14 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di m. 30,00 dal p.c.; n. 7 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 20,00 e m. 25,00 dal p.c.; n.11 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 10,00 e m. 19,00 dal p.c.; n. 14 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra m. 0,00 e m. 9,00 dal p.c..

L'elenco è riportato di seguito e, nel caso dei sondaggi a carotaggio continuo, sono stati eseguiti utilizzando la tecnica del carotaggio continuo con l'impiego di un carotiere da 101 mm.

di diametro. Si è avuta cura di rivestire il foro, con apposita tubazione del diametro di 127 mm. per tutti i sondaggi e per tutta la lunghezza. Si indicano più nel dettaglio le attrezzature utilizzate:

- Aste di manovra cave dal diametro Φ (mm) 76
- Aste di manovra lunghezza (m) 1.5
- Carotiere da Φ (mm) 101
- Carotiere lunghezza (m) 1.5
- Corona con denti in Widia da Φ (mm) 101
- Tubo di rivestimento dal diametro Φ (mm) 127

Sono state altresì eseguite, durante l'esecuzione dei sondaggi in questione, n. 88 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) a varie profondità (tutte georeferenziate in Carta di ubicazione delle indagini in scala 1:5.000 - SG.T03). Sono stati prelevati anche n. 26 campioni indisturbati a su cui sono state eseguite varie analisi e prove di laboratorio.

Di seguito si elencano: i sondaggi eseguiti con relativa profondità raggiunta, le prove S.P.T. eseguite, i campioni indisturbati prelevati; si rimanda per i dettagli alle colonne stratigrafiche tutte presenti nell'elaborato Relazione sulle indagini (SG.R02).

Le carote relative ai sondaggi eseguiti tra febbraio ed aprile 2022, sono state raccolte nelle apposite cassette catalogatrici e consegnate trasportandole in un apposito sito indicato. Nello specifico le cassette catalogatrici contengono le carote provenienti dal sondaggio effettuato nonché i campioni evidenziati dalle prove S.P.T..

Considerando tutti i dati dei sondaggi realizzati nel territorio comunale di Boscoreale, come detto evinti da più fonti, in linea generale si evidenziano orizzonti variabili con correlazioni delle varie serie stratigrafiche possibili che permettono di indicare con buona approssimazione l'andamento in senso orizzontale e verticale di tali orizzonti.

Rimandando per i dettagli alle stratigrafie allegate possiamo dire che i sondaggi risultano correlabili sia tra loro sia con le altre indagini in sito. Dal piano campagna rilevabile al momento della realizzazione dei sondaggi, è stata rinvenuta un'alternanza di litotipi che avendo avuto fasi di deposizione, trasporto e risedimentazione susseguite nel corso dei tempi (vedi inquadramento geologico) risultano avere una certa variabilità deposizionale sia in senso verticale che orizzontale. Da ciò ne consegue una variabilità per quanto attiene la potenza dei litotipi rinvenuti.

Quanto ora constatato conferma che il sottosuolo del territorio comunale di Boscoreale è stato condizionato dalla vicende geologiche che, essenzialmente, si riconducono alla morfoevoluzione delle dinamiche vulcaniche e le successive fasi di rideposizioni,

Durante l'esecuzione dei sondaggi eseguiti nel 2022 non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera.

Per le correlazioni descritte nel presente capitolo si rimanda alle colonne stratigrafiche allegate. Per quanto riguarda le quote e le profondità si fa riferimento al piano campagna rinvenuto al momento dello svolgimento delle indagini così come si è evinto dalla cartografia fornita dalla committenza.

11. STANDARD PENETRATION TEST

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite in totale ottantotto prove S.P.T. (di cui nove realizzate nel 2022), a quote differenziate, utilizzando un'attrezzatura conforme alle norme ASTM D 1586-AASHTOT 206, costituita da un campionatore Raymond a punta aperta, un maglio da 63,5 kg e da aste in acciaio del peso di 7 kg/ml.

Le prove sono state eseguite alle profondità che si possono evincere dalla sottostante tabella.

Di seguito i risultati delle S.P.T. ed in allegato tutti i valori desunti dalle prove S.P.T. I campioni evidenziati dalle prove S.P.T. eseguiti nel 2022 sono stati allocati nelle cassette catalogatrici poi consegnate all'Ente con le modalità richiamate più volte.

Nelle prossime figure si riportano alcune curve rappresentative con le quali, tramite opportune correlazioni, è possibile acquisire dati sul comportamento a rottura e sulla deformabilità di taluni terreni investigati.

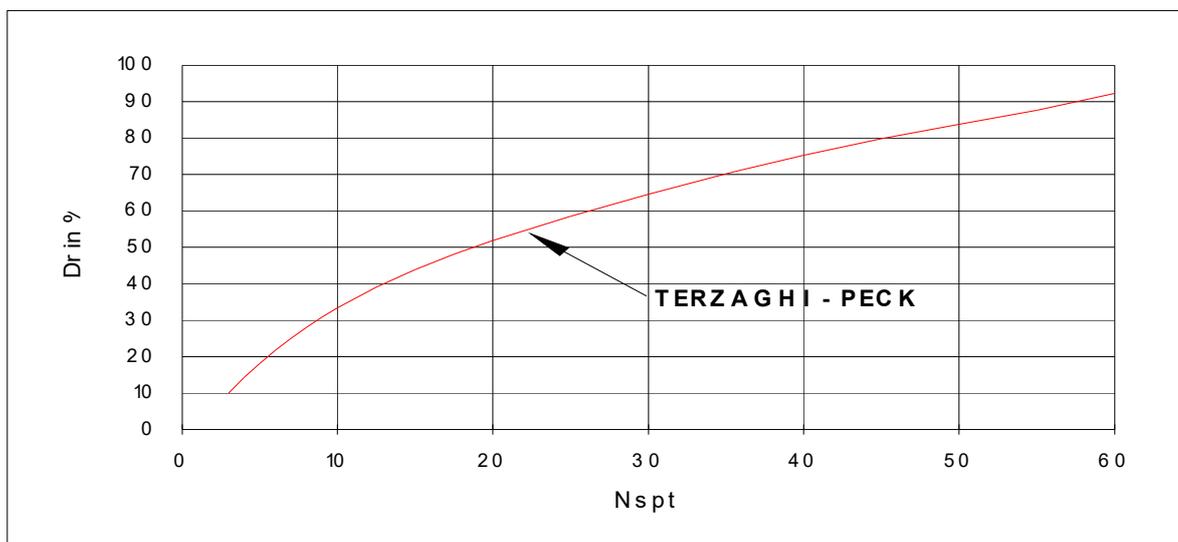


Fig. 13 - Densità relativa in funzione di N_{spt}

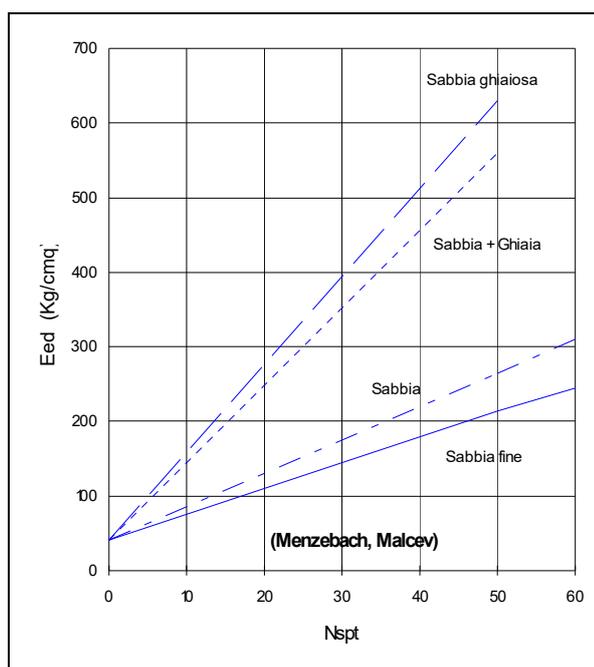


Fig. 14 - Modulo edometrico in funzione di N_{spt}

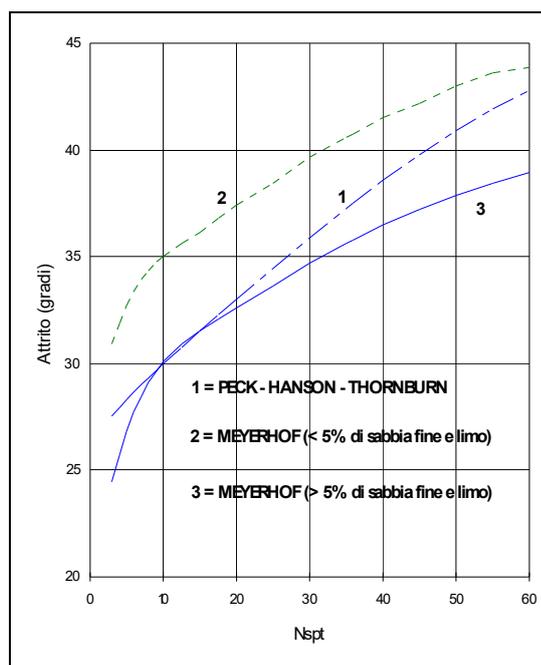


Fig. 15 - Angolo di attrito in funzione di Nspt

In generale si denota come i dati di Nt siano sempre abbastanza alti con valori di norma superiori a 40 che indicano (ad esclusione di casi puntuali) con conseguenti valori, dalle correlazioni possibili, di Dr oltre il 70%, Eed (kg/cm²) ben oltre 200 e angolo di attrito (ϕ) oltre 35°.

12. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI

Nell'area in studio, in vari periodi, sono state eseguite otto prove penetrometriche statiche spinte alla quota di rigetto dell'attrezzatura e quarantasette prove penetrometriche dinamiche spinte alla quota di rigetto dell'attrezzatura. Inoltre sono state eseguite, nel febbraio 2022, sedici prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) utilizzando un penetrometro statico dinamico TG63-200 KN della PAGANI.

La prova viene eseguita con attrezzatura e modalità standard EMILIA 30 appresso descritte:

Rif. Norme DIN 4094

Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.63	Kg
Diametro punta conica	51.00	mm
Area di base punta	20.43	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Rivestimento/fanghi	No	

Angolo di apertura punta 90° la registrazione dei colpi N avviene ogni qual volta il gruppo di infissione ha un abbassamento nel terreno pari a 20 cm;

Le prove penetrometriche dinamiche sono state spinte a varie quote così come riportato nella tabella precedente ed i dati relativi sono riportati, sia in tabella sia nei grafici, facendo riferimento, per le correlazioni, ai terreni di natura granulare come di seguito descritto.

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.
- d 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 (d/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:

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

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

- 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} 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 t 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_o)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

Robertson (1983) - Q_c

13. ANALISI E PROVE DI LABORATORIO

Durante l'esecuzione dei sondaggi risultano prelevati, in vari periodi, ventisei campioni indisturbati consegnati a diversi laboratori e di questi quattro sono stati prelevati nel 2022.

Il prelievo dei campioni è stato realizzato a pressione adoperando un campionatore cilindrico ("fustella") montato alle aste di manovra e poi fatto penetrare nel terreno alle profondità prestabilite con la sola pressione esercitata dalla macchina perforatrice. Attraverso tale procedura il campionatore colmo di materiale, appena estratto, viene paraffinato alle due estremità a conservazione del grado di umidità naturale.

I campioni prelevati, in modo conforme alle Raccomandazioni dell'AGI, in accordo con le procedure impartite, sono stati prelevati con apposito campionatore e singolarmente sigillati con paraffina. Sono stati annotati su ogni fustella: Il numero del sondaggio; Il numero del campione; La quota iniziale e finale di prelievo; La lunghezza del campione; La testa e coda del campione.

I campioni indisturbati sono stati prelevati, alla quota di m. 3,00 di profondità dal p.c. attuale per i sondaggi S2,S3,S4 ed alla quota di m. 2,00 per quello S5, nel 2022 (rimandando alla relazione sulle indagini per i dati inerenti a quelli pregressi) su cui sono state eseguite analisi e prove di laboratorio e le relative quote di prelievo:

Le determinazioni, conformi alle Raccomandazioni dell'AGI ed in accordo con le procedure ASTM, CNR e UNI specifiche, hanno compreso le seguenti analisi e prove: apertura e descrizione dei campioni, determinazione delle caratteristiche fisiche generali, analisi granulometriche.

Sui campioni indisturbati sono state effettuate analisi di laboratorio consistenti in prove preliminari di identificazione e, quando possibile, di misura della resistenza (Pocket Penetrometer).

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche naturali del terreno si è proceduto in laboratorio come segue:

PESO DI VOLUME

Dal campione estratto, mediante piccole fustelle a bordo tagliente e di volume noto, vengono ricavati provini indisturbati da pesare con una precisione di 0.01 g.

Conoscendo sia il peso che il volume del materiale si calcola il suo peso di volume.

Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi

PESO DI VOLUME SECCO E CONTENUTO D'ACQUA

I campioni di cui al punto precedente sono riposti in una stufa ad essiccare ad una temperatura di 105-110° per la durata di 12 ore.

Conoscendo il volume, il peso ed il peso secco dei provini, viene ricavato il peso di volume del secco ed il contenuto d'acqua. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi

PESO SPECIFICO DEI GRANI

Per la determinazione del peso specifico dei grani è inserito all'interno di un picnometro una quantità nota (circa 30-50 g) di materiale secco, riempito per metà di acqua distillata e riposto sotto vuoto per il tempo necessario ad espellere tutti i gas.

Dopodiché si procede a riempire il picnometro esattamente fino al segno riportato sul collo e a pesare il tutto con una precisione di 0.01 g.

Viene poi ripetuta la pesata del picnometro pieno solo di acqua distillata fino alla tacca riportata sul collo e, per differenza, si ricava il volume spostato dalle particelle solide.

Da questi dati è possibile ricavare il peso specifico delle particelle solide dopodiché, per correlazione, vengono calcolati l'indice dei vuoti, la porosità ed il grado di saturazione del campione.

Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

ANALISI GRANULOMETRICA

L'obiettivo dell'analisi granulometrica di un terreno è quello di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle che lo costituiscono e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferite al peso secco iniziale del campione.

La distribuzione granulometrica delle particelle che costituiscono un campione risulta indispensabile per avere indicazioni circa il comportamento meccanico del terreno, la sua permeabilità, il decorso dei sedimenti nel tempo, ecc.

La procedura per effettuare un'analisi granulometrica per vagliatura è quella di scegliere, per quartature successive, una quantità sufficiente di materiale rappresentativo del campione, essiccare questo materiale in stufa e pesarlo.

Quest'ultimo si ripone quindi sulla pila di setacci muniti di fondo e coperchio e riposti con apertura via via decrescente; essi vengono fatti vibrare in modo da separare i granuli in frazioni di dimensioni pressoché uguali, ciascuna trattenuta al corrispondente setaccio.

Successivamente si pesa il trattenuto ad ogni setaccio e si ricava la percentuale di passante al setaccio stesso.

Con questa tecnica è possibile determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle fino al diametro di 0.075 mm.

La distribuzione dei granuli di dimensioni inferiori a questo valore (cioè le particelle di limo ed argilla) viene effettuata per via indiretta, basandosi sui tempi di sedimentazione delle particelle in acqua distillata. In questo modo si arrivano ad identificare elementi di dimensioni minime dell'ordine di 1 micron.

Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

Di seguito si riporta l'elenco dei campioni analizzati e l'esito delle principali analisi eseguite rimandando per i dettagli all'allegato specifico.

SONDAGGIO	CAMPIONE	Peso specifico dei granuli (KN/m ³)	Peso dell'unità di volume (KN/m ³)	Contenuto d'acqua naturale (%)	Peso specifico secco (KN/m ³)	Indice dei vuoti	Porosità (%)	Grado di saturazione (%)
		γ_s	γ_a	w	γ_d	e	n	Sr
S2	C1	25,41	16,46	12,01	14,70	0,73	42,17	42,68
S3	C1	25,53	18,72	10,88	16,88	0,51	33,86	55,31
S4	C1	24,77	15,16	16,30	13,04	0,90	47,36	45,77
S5	C1	25,33	16,92	28,83	13,13	0,93	48,14	80,19

Tab. 6 - Esito analisi sui campioni

14. CARATTERIZZAZIONE FISICO – MECCANICA DEI TERRENI

Per la valutazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati sono stati utilizzati sia i dati desunti dalle indagini eseguite sia i dati ricavati da esperienze maturate in zona dallo scrivente sia quelli dedotti dalle indagini effettuate per la pianificazione comunale che hanno permesso di fornire le considerazioni presentate di seguito.

Il sottosuolo del territorio comunale di Boscoreale risulta costituito dalla sovrapposizione di prodotti di attività effusive ed esplosive del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, composto sia da materiali sciolti, piroclastiti, ceneri vesuviane e lave tefritiche di età storica che da lave protostoriche prevalentemente leucitiche. Nella porzione comunale più prossima alla piana del Sarno i terreni hanno caratteristiche diverse ciò dovuto ai rimaneggiamenti per dilavamento, trasporto dalle pendici contigue e sedimentazione in ambiente palustre.

Granulometricamente si evidenziano in superficie terreni sabbiosi, limosi, pomicei che, date le caratteristiche di posizionali e di trasporto e risedimentazione, hanno una disomogeneità nella stratificazione con granulometria e giaciture variabili

Modello geotecnico di sottosuolo.

Come già anticipato, l'area in studio e zone contigue è stata indagata con diverse prove: sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT, prove penetrometriche spinte sino alla profondità di rigetto dell'attrezzatura, prove geofisiche sia di tipo MASW sia tipo HVSR nonché Down-hole.

I risultati sono dettagliatamente riportati negli elaborati già menzionati ed hanno costituito la base su cui è stato possibile costruire il modello geotecnico di sottosuolo. Non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera durante l'esecuzione delle prove in sito.

Tutti i sondaggi considerati mostrano la presenza, nei primi metri (1-3 m), di un livello humifero costituente la porzione di terreno agrario o materiale di riporto di vario genere con a letto un potente banco di terreni sciolti rappresenta il complesso piroclastico comprendente anche la "serie di Pompei" ed in taluni casi non si rileva la presenza di terreni ricollegabili alle eruzioni successive al 79 d.C. ed in tal caso il complesso piroclastico risulta caratterizzato dalla presenza della sola serie di Pompei. A tetto delle pomici vi è un'alternanza di ceneri e lapilli con chiusura della serie costituita da poco potenti strati di lapillo frammisto a cenere che a tetto presentano cenere sabbiosa, cenere, e cenere humica. Sovrapposta a questa serie si ritrova un banco di piroclastiti arenitiche con spessore medio di 3 m riconducibili agli eventi eruttivi post 79 d.C. Oltre ai prodotti sin ora descritti a luoghi si rinvencono, intercalati a questi, colate laviche recenti a profondità modeste e, per una ridottissima porzione di territorio, affioranti. Vi è da aggiungere che solitamente tra i 15 e i 24 metri banco lavico tefritico, con numerosi vacuoli e frequenti fratture dovute al brusco raffreddamento, con potenza di molto oltre i 25 metri che si presuppone possa superare in modo esteso le aree oltre a quelle dei sondaggi. A tetto sono presenti scorie laviche (con potenza variabile fra 1 e 7 m), costituite da sabbie fini, lapilli lapidei e scoriacei, passaggio dalla lava alle piroclastiti, molto spesso rimaneggiate a causa delle acque di ruscellamento defluenti all'epoca su di esso.

Nella porzione territoriale più prossima alla piana sarnese i prodotti delle eruzioni vesuviane sono frammiste al terreno originario esistente alla fase di trasporto con conseguente sensibili variazioni granulometriche degli stessi.

Le indagini in sito e le successive analisi e prove di laboratorio evidenziano, dal punto di vista geotecnico, parametri a rottura e di deformabilità tipici dei terreni puramente incoerenti. Essenzialmente i terreni piroclastici descritti sono costituiti da terreni a grana media con i subordinate frazioni ghiaiose e limose ad esclusione di pochi ed esigui livelli in cui si può far riferimento a terreni coesivi, ciò a causa della dissoluzione dei vetri ed argillificazioni delle granulometrie più fini.

Riepilogando, in media, i terreni sono quasi uniformemente con comportamento di mezzi incoerenti, con generalmente angolo d'attrito interno (ϕ'), (relativo alle coltri piroclastiche ricoprenti o soggiacenti gli orizzonti lavici) in condizioni drenate, assume valore di circa 32° che a secondo a particolari fusi granulometrici rinvenuti puntualmente, da 30° fin oltre i 40° . Lo stato di addensamento medio con densità relativa nell'ordine del 40 – 50% si rileva per terreni non pedogenizzati in pratica al di sotto dei primi due metri stratigrafici. La compressibilità denota valori per il modulo di compressibilità edometrico quasi costantemente maggiori di 100 Kg/cm^2 . Il grado di saturazione, mediamente sul 60%, è tipico per questi terreni dotati di media

permeabilità che dissipano velocemente eccessi di tensioni neutre. Di rado, per livelli decimetrici abbiamo terreni a grana fine e finissima associabili a terreni coesivi con resistenze mobilitate e valori di coesione non drenata mai maggiori di 1 t/m². Le stesse resistenze, espresse nei termini delle tensioni efficaci, rivelano valori medi dell'angolo d'attrito e della coesione. Da campioni, (cubetti da 7,1 cm di lato), estratti nelle lave della cava "Bosco de' Medici" si deduce una resistenza a rottura unitaria mai inferiore ai 1500 Kg/cm², cioè con buone caratteristiche tecniche della roccia.

Si evidenzia un nesso tra le variabili caratteristiche geotecniche dei terreni e l'assetto morfologico del territorio comunale. Per le morfologie più acclivi abbiamo litotipi con le migliori caratteristiche, cioè i banchi lavici con a tetto lave in facies di "foam" e a letto prodotti effusivi comunque dotati di marcata rigidità. Con la morfologia più dolce abbiamo granulometrie verso fusi sabbiosi dotati di medio addensamento. Per la porzione più espressamente pianeggiante se non suborizzontale, si riscontra un sottosuolo con anche terreni a grana fine o, più saltuariamente, finissima i quali, comunque, hanno caratteristiche geotecniche buone. Comunque si rinvia agli allegati per gli aspetti specifici e si ribadisce che per ogni valutazione di dettaglio, ovviamente, si rinvia alle indagini puntuali più specifiche occorrenti per le varie fasi progettuali per successivi interventi sul territorio comunale. Per la valutazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni più superficiali è stata utilizzata l'elaborazione dei valori evinti dalle indagini citate, confrontando tali valori con i risultati del rilevamento geologico di superficie. Di seguito si riporta la stratigrafia schematica ed i principali parametri fisico-meccanici dei terreni all'interno dell'area in oggetto dall'elaborazione (utilizzando per le correlazioni le formule di De Mello, Terzaghi, e Farrent) dei risultati delle prove penetrometriche con i quali sarà possibile, ove vi fossero ulteriori esigenze, anche ricavare, tramite correlazioni, altri parametri occorrenti per ulteriori verifiche.

FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE

TERRENI DI NATURA GRANULARE

RESISTENZA ALLA PUNTA R_p (Kg/cm²)

La correlazione con la resistenza alla punta del penetrometro statico viene ricavata mediante la formula:

$$R_p = 4 N_{SCPT} \quad (\text{D'Apollonia e altri 1970})$$

A tale formula è applicato un coefficiente correttivo in funzione del peso delle aste

DENSITÀ RELATIVA D_r (%)

$$D_r = \left[\frac{N_{SCPT}}{32 + 0.288 \cdot \sigma'} \right]^{0.5} \quad (\text{Skempton})$$

con σ' = pressione efficace in Kg/cm²;

N_{SCPT} = numero di colpi medio nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°)

Questo metodo correla ϕ (°) con la densità relativa dello strato:

$$\phi = 26 + 0.14 \cdot D_r \quad (\text{Schmertmann})$$

in cui D_r = densità relativa(%);

Il metodo è valido per sabbie e ghiaie in genere.

MODULO DI DEFORMAZIONE O EDOMETRICO E (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E = 3 \cdot R_p \quad (\text{Schmertmann})$$

con R_p = Resistenza alla punta media nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace che, parità di N_{scpt} determina una diminuzione di E con la profondità.

MODULO DI TAGLIO PER BASSE DEFORMAZIONI G_0 (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = 7.84 \cdot \phi \cdot \sigma'$$
 (Sherif&Ishibashi)

con ϕ = angolo di resistenza al taglio(°);

σ' = pressione efficace (Kg/cm²);

Il metodo è valido per tutti i terreni di tipo incoerente.

VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' 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 viscosi. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di carichi applicati o di 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. Quindi in aderenza con quanto espresso dall'OPCM 3274/2003 tutto il territorio non deve essere soggetto a considerazioni circa il potenziale di liquefazione del terreno. A favore di sicurezza è stata effettuata preliminarmente un'analisi della sismicità dell'area dalla quale emerge come il territorio comunale di Boscoreale non è interessato direttamente da direttrici neotettoniche sismogenetiche, quindi la sismicità del territorio comunale è di tipo indotta e non diretta, ossia attribuibile principalmente ai massimi terremoti attesi in area appenninica sismi di elevata intensità e in secondo luogo a quelli di origine del Vesuvio, che comunque presentano caratteristiche di magnitudo (vedi capitolo relativo alla sismicità dell'area) estremamente inferiori di quelli appenninici essendo attribuibili ad origini vulcaniche non tettoniche. 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, è 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 bassissima probabilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione.

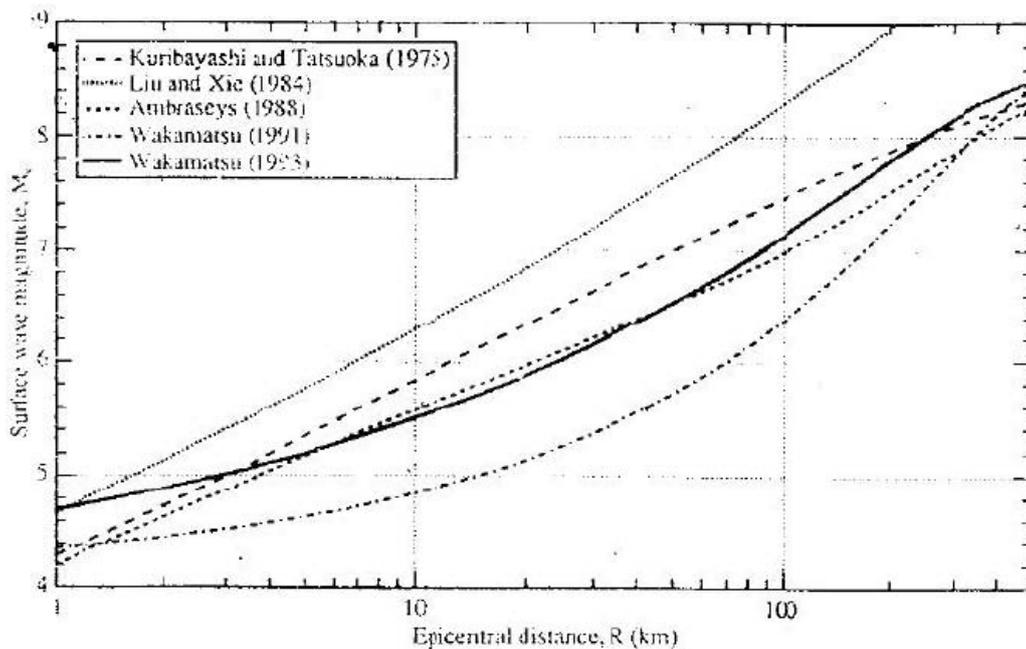


Fig. 16 - Relazione empirica tra magnitudo delle onde superficiali e massima distanza epicentrale entro la quale si sono verificati fenomeni di liquefazione

Ciò nonostante è stata comunque effettuata una analisi della liquefacibilità dei terreni che considera i risultati dei rilievi geologici, geomorfologico ed idrogeologico di superficie in scala di dettaglio comunale integrati con i risultati delle analisi di laboratorio effettuate su campioni indisturbati prelevati, in particolare in funzione della distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 17 nel caso di materiale con un coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 18 per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.

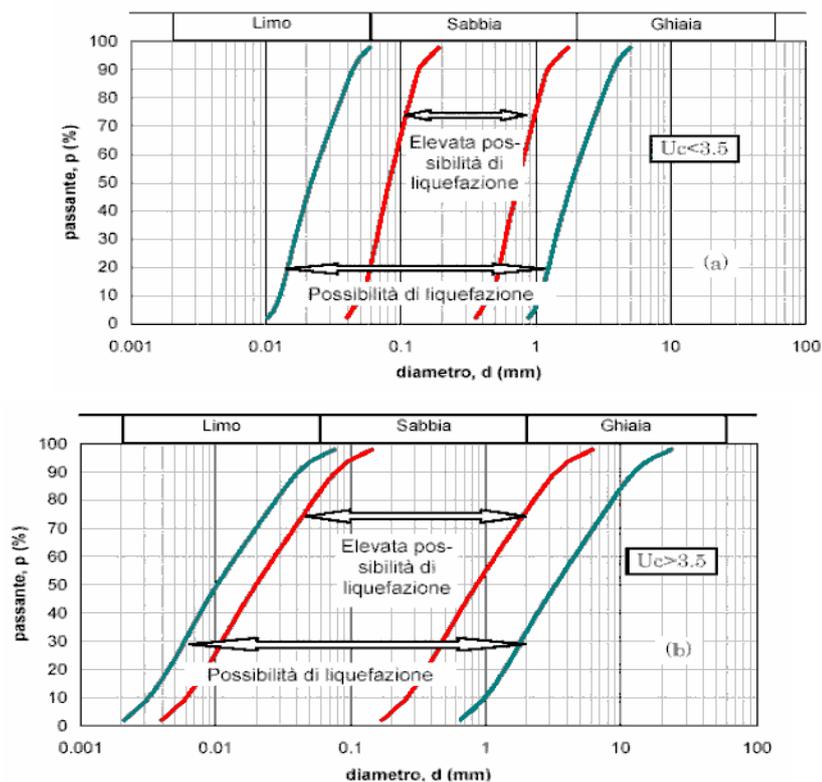
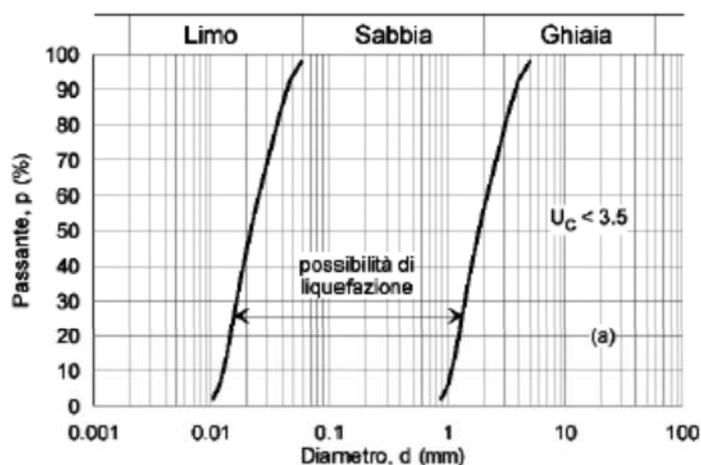


Fig. 17 e 18 Possibilità di liquefazione e granulometrie

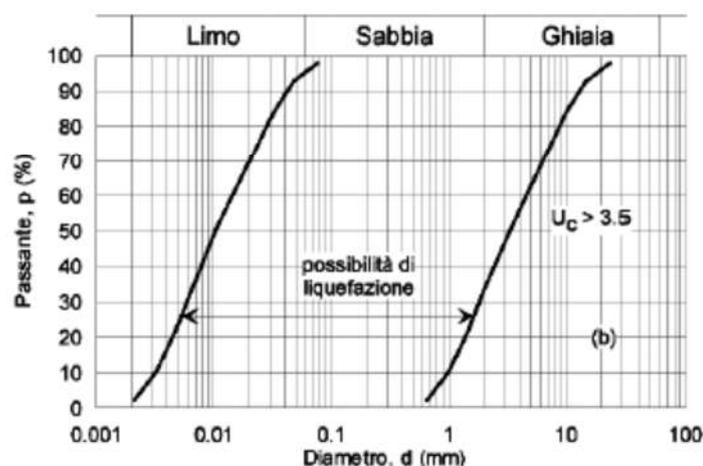
Come noto un sito presso il quale è ubicato un manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. La normativa attuale prevede che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. 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 ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 19 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 20 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

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.



a)



b)

Figg. 19 e 20 Possibilità di liquefazione e granulometrie (NTC)

Da tale analisi scaturisce che dal punto di vista dei terreni affioranti e di quelli attraversati lungo le verticali investigate nei primi metri (in quelli profondi il carico litostatico impedisce fenomeni di liquefazione) nonché considerando l'assenza della falda nei primi 15 metri riscontrata nell'esecuzione delle indagini eseguite è possibile escludere suscettibilità alla liquefazione.

Tale suscettibilità alla liquefazione deve essere intesa come indicativa e legata a considerazioni a scala comunale dei litotipi investigati. Pertanto alla pianificazione urbanistica attuativa di maggior dettaglio e nella fase progettuale di singole strutture si rimanda per adeguati approfondimenti.

15. ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

Seguendo i criteri riportati nell'OPCM vigente, il novero complessivo delle indagini disponibili è stato utilizzato per estrarne i valori stratigrafici, geotecnici e geosismici, per ciascuna verticale investigata e parametrizzata.

Essi sono stati associati a valori desunti dall'iterazione dei risultati inerenti il parametro finale "Vs₃₀". Inoltre è stato utilizzato, per le porzioni più superficiali, anche il parametro "Nspt_n" dove con n viene intesa la profondità raggiunta dalle prove penetrometriche dinamiche pesanti effettuate DPHS. Tali indagini, realizzate nel corso degli anni, sono state spinte a profondità massime comprese tra i 3,80 metri e i 25.20 metri di profondità dal p.c. Tale valore pur riscontrabile per porzioni superficiali si è dimostrato accettabile in quanto i valori di categoria di suolo scaturiti rientrano perfettamente nell'ambito dei limiti geolitologici individuati e si relazionano perfettamente con i valori di categoria di suolo scaturiti dalle indagini DH effettuate negli stessi ambiti geologici. Per tali scopi 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

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, eseguito nel 2022, può essere così riassunto in ordine temporale di esecuzione:

- *Numero tre prove tipo down hole realizzate nei fori di sondaggio opportunamente condizionati, due prove indagine sismica di superficie metodo M.A.S.W. per la determinazione della categoria di sottosuolo in postazione nell'area di studio e diciannove misure HVSR per la definizione della frequenza fondamentale del terreno in sito.*

Per la ubicazione delle prove, l'elaborazione e tutti gli altri dettagli si rimanda alla Relazione indagini facente parte indivisibile del presente studio.

DOWN-HOLE

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1, 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;

un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente Durante la perforazione, per

ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente ≈ 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

L'indagine sismica in foro, tipo *down-hole*, è stata eseguita nel foro di sondaggio a carotaggio continuo, precedentemente condizionato con tubi in PVC, opportunamente giuntati avendo cura di riempire il fondo e l'intercapedine laterale tra tubo e foro con malta cementizia e provvedendo a mettere in opera idonea protezione e chiusura.

Il metodo Down-Hole, col quale sono state eseguite le misure, prevede la generazione di onde elastiche in superficie, nelle vicinanze del foro, e la misura dei relativi tempi di arrivo a diverse profondità nello stesso. Il rilievo geofisico, basato sull'impiego della sismica in foro tipo downhole è stato eseguito allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista sismico, le varie formazioni litologiche affioranti nell'area in esame. L'analisi delle velocità di propagazione delle onde sismiche ha permesso di definire la geometria e gli spessori dei terreni dei vari litotipi costituenti il sottosuolo e, nel contempo, ha fornito informazioni circa la natura litologica degli stessi ed il loro stato di rilassatezza e/o allentamento.

Sui tabulati relativi alle prove effettuate si riportano i tempi registrati e le velocità calcolate per i singoli intervalli indagati. Inoltre, si riportano i valori dei moduli dinamici (Coefficiente di Poisson, Modulo di Young, Modulo di Taglio e Modulo di Bulk o di Incompressibilità). I risultati di campagna, e la loro interpretazione in chiave sismica, sono riportati nella relazione SG.R02.

In tale elaborato si possono evincere i tabulati con i tempi registrati in campagna, i valori di velocità V_p e V_s alle varie profondità (velocità intervallari) e i moduli elastici. Inoltre, si riportano il grafico tempi/profondità, il grafico velocità/profondità e, infine, la tabella e il grafico con lo schema sismostratigrafico in cui può essere suddiviso il sottosuolo investigato. Da tali tabelle è possibile ricavare il cosiddetto V_s30 (misura ponderata della velocità delle onde S per una lunghezza non inferiore a trenta metri), in modo da poter definire in maniera univoca la categoria di suolo.

Le norme tecniche in materia di rischio sismico (OPC 3274/2003), indicano **4** valori di accelerazioni orizzontali **ag/g** di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle **zone** è fissato in **4**. Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, Ciascuna è contrassegnata da un valore del parametro **ag max.** secondo lo schema successivo:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni valore di a_g / g	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico valore di a_g / g
1	> 0.25	0.35
2	0.15 - 0.25	0.25
3	0.05 - 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie zone

Per quanto riguarda l'area in oggetto, dal novembre 2002, (D.G.R. n°5447 del 07/11/2002 e D.G.R. n°248 del 24/01/2003 "Circolare applicativa dell'Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania") il territorio Comunale di Boscoreale (NA) rientra in zona sismica di II^a Categoria. (in generale si fa riferimento anche all'OPCM 3274). 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, $V_{s,eq}$ (in m/sec) definite dalla espressione in normativa indicata al [3.2.1]. La stima della velocità delle onde di taglio V_s dei vari sismostrati può essere eseguita con varie tecniche che forniscono la stratigrafia e la 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 (V_s) mediante la formula che lega il modulo di Poisson (ν) alle velocità delle onde sismiche di compressione (V_p): $V_s = V_p \cdot \text{Rad}Q[(1-2\nu)/(2-2\nu)]$. 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:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, n} \frac{h_i}{V_i}}$$

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.. 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 **VS30**, 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. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la nuova normativa sismica, semplificando la molteplicità delle situazioni geologiche possibili su un generico sito, tende alla modellizzazione sintetica del sottosuolo dettando le seguenti definizioni per le varie categorie di profilo stratigrafico per il suolo di fondazione:

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	Depositati 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	Depositati 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 – 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 , S_t 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. 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 dalla analisi delle indagini geofisiche eseguite in sito e riportate nell'allegato citato si hanno le indicazioni che di seguito si riportano

Prova n.	Vs30	VsH	Substrato	Categoria di sottosuolo
1	290	455	79,90	C
2	330	445	59,30	C
3	270	375	55,90	C
4	335	430	53,60	C
5	325	505	92,00	C
6	270	395	64,30	C
7	250	440	82,40	C
8	355	540	85,00	C
9	285	510	99,10	C
10	425	605	90,90	B
11	340	545	88,20	C
12	355	515	95,50	C
13	350	520	90,90	C
14	360	500	68,10	C

15	430	580	95,90	B
16	340	510	77,50	C
17	350	565	97,50	C
18	340	520	79,10	C
19	370	480	51,40	C

Tab. 7 – Categorie di sottosuolo desunte dalle prove HSVR

Categoria suolo tipo: B

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 suolo tipo: C

C – Depositati 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.

Profilo sismico con elaborazione congiunta MASW-HVSR

POSTAZIONE UNO

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)		Vs m/sec	Vp m/sec	Poisson %
		Sondaggio	X		0,00	1,00			
		Pr. Penetrom.	X						
strato 1	Terreno vegetale e riporto			1,00	0,00	1,00	180	330	0,34
strato 2	Ghiaie e sabbie piroclastiche			4,00	1,00	5,00	270	520	0,34
strato 3	Ghiaie e sabbie piroclastiche			11,00	5,00	16,00	380	700	0,33
strato 4	Limi e sabbie addensate			12,00	16,00	28,00	380	870	0,33
strato 5	Limi e sabbie molto addensate			Semiconfinato	28,00	~ 35,00	450	1075	0,32
				Indagato ≈ 35	Indagata ≈ 35				

VALORE VS, EQ = 350 M/SEC

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3.1 NTC 2008) 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.

PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SISMICO = 60 METRI

VALORE VSH (VELOCITÀ MEDIA VS FINO AL SUBSTRATO SISMICO) = 525 M/SEC

Profilo sismico con elaborazione congiunta MASW-HVSR

POSTAZIONE DUE

N. strati	Stratigrafia da	Bibliografia	X	Spessore (m.)	Profondità (m.)		Vs m/sec	Vp m/sec	Poisson %
		Sondaggio	X		0,00	1,80			
		Pr. Penetrom.	X						
strato 1	Terreno vegetale e riporto			1,80	0,00	1,80	125	230	0,34
strato 2	Ghiaie e sabbie piroclastiche			2,60	1,80	4,40	255	490	0,34
strato 3	Ghiaie e sabbie piroclastiche			3,50	4,40	7,90	265	700	0,33
strato 4	Limi e sabbie addensate			2,20	7,90	10,10	335	680	0,33
strato 5	Limi e sabbie addensate			2,20	10,10	12,30	365	720	0,33
strato 6	Limi e sabbie addensate			8,30	12,30	20,60	390	920	0,33
strato 7	Limi e sabbie addensate			10,50	20,60	31,10	440	810	0,33
strato 8	Limi e sabbie molto addensate			Semiconfinato	31,10	~ 35,00	600	1170	0,32
				Indagato ≈ 35	Indagata ≈ 35				

VALORE VS, EQ = 325 M/SEC

PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SISMICO = 80 METRI

VALORE VSH (VELOCITÀ MEDIA VS FINO AL SUBSTRATO SISMICO) = 550 M/SEC

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3.1 NTC 2008) 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 quanto riguarda i risultati delle prove Down-Hole si riporta di seguito la tabella riassuntiva.

	METODO DIRETTO		METODO INTERVALLO	
	Profondità di riferimento	Vs,eq	Profondità di riferimento	Vs,eq
DOWN-HOLE UNO	m. 30	356,34	m. 30	374,93
DOWN-HOLE DUE	m. 30	349,20	m. 30	353,70
DOWN-HOLE TRE	m. 30	357,53	m. 30	362,53

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.

Sismostrati con metodo diretto DOWN-HOLE UNO

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	2,91
Ghiaie e sabbie piroclastiche	14,64
Ghiaie e sabbie piroclastiche	25,74
Limi e sabbie addensate	30

Sismostrati con metodo intervallo DOWN-HOLE UNO

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	4
Ghiaie e sabbie piroclastiche	14
Ghiaie e sabbie piroclastiche	26
Limi e sabbie addensate	30

Sismostrati con metodo diretto DOWN-HOLE DUE

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	2,41
Ghiaie e sabbie piroclastiche	12,25
Ghiaie e sabbie piroclastiche	30,00

Sismostrati con metodo intervallo DOWN-HOLE DUE

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	4
Ghiaie e sabbie piroclastiche	12
Ghiaie e sabbie piroclastiche	30

Sismostrati con metodo diretto DOWN-HOLE TRE

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	3,22
Ghiaie e sabbie piroclastiche	16,04
Ghiaie e sabbie piroclastiche	30,00

Sismostrati con metodo intervallo DOWN-HOLE TRE

Descrizione [-]	Profondità [m]
Terreno vegetale	4
Ghiaie e sabbie piroclastiche	16
Ghiaie e sabbie piroclastiche	30

Nel corso della redazione del presente studio per il PUC, considerato che nello Studio Geologico allegato al Piano Regolatore cogente è presente una carta della Microzonazione Sismica all'epoca redatta utilizzando un criterio non più rispondente alle novità normative attualmente vigenti, si fornisce una "Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica" (MOPS), redatta attraverso i dati derivati dallo studio geologico per il PRG integrati con le altre indagini di tipo geofisico, geognostico, ecc come già ampiamente.

I dati raccolti uniti a quelli desunti dalle nuove indagini eseguite sono risultati essere distribuiti omogeneamente sul territorio comunale oggetto della presente variante, pertanto per la redazione della Carta delle MOPS .

Elaborazioni dei dati di base per amplificazioni.

È noto che le condizioni geologiche e topografiche (condizioni locali) giocano un ruolo importante sul grado di movimento del terreno causato dai terremoti. L'ampiezza delle onde sismiche, infatti, subisce significative modificazioni quando esse attraversano terreni morbidi (coperture superficiali), sovrastanti il bedrock sismico. Tale fenomeno (amplificazione sismica) influenza maggiormente l'ammontare dei danni sulle strutture. I fattori che contribuiscono all'amplificazione sono essenzialmente di tipo litologico (tipo di terreno, spessore, caratteristiche fisico- meccaniche) e morfologico (creste, bordi di terrazzi, zone di ciglio, picchi isolati). I dati hanno consentito di localizzare alcune zone nelle quali per caratteristiche litologiche e di andamento topografico o morfologico non si può escludere il verificarsi di fenomeni di amplificazione litostratigrafica.

Ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 118 del 27/05/2013, nel corso dello Studio Geologico per l'acquisizione del Parere di Compatibilità Sismica per le Pianificazioni

Urbanistiche, è stata redatta la Carta della Zonazione del Territorio in Prospettiva Sismica, utilizzando i criteri indicati nel testo "Indirizzi e criteri per la MICROZONAZIONE SISMICA" PARTE I-II, Conferenza delle Regioni e delle Province autonome Presidenza del Consiglio dei Dipartimenti della Protezione Civile Commissione Protezione Civile Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica, sett. 2008.

È stata curata una prima versione della carta delle MOPS di primo livello, al fine di individuare le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (ottenuti da rilievi di campagna e dalle indagini sismiche), potesse prevedersi l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica come amplificazioni, instabilità di versante e liquefazione.

Le informazioni e i dati utilizzati sono stati:

Carta delle indagini;

Carte geologiche, geolitologiche e geomorfologiche;

Logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggio;

Sezioni geolitologiche costruite;

Carte di dissesto idrogeologico (Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino).

Le microzone della carta sono state classificate per distinte categorie:

zone stabili:

zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Pertanto, sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione alla valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici disponibili, sono state individuate le aree omogenee per caratteristiche litostratigrafiche. Ogni zona è stata differenziata in base alle caratteristiche litostratigrafiche, correlate a differenti tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazioni, ecc.).

Per la valutazione delle prove geofisiche eseguite e della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda all'allegato alla presente relazione. I dati geofisici acquisiti dalle ulteriori prove geofisiche di analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR) Fo (Hz) (da aggiungere a quelle già eseguite in passato) sono state programmate e distribuite in numero sufficiente sull'intero territorio oggetto della variante al fine di caratterizzare tutte le tipologie litologiche tipiche dell'area.

La campagna di acquisizione di rumore sismico ha avuto essenzialmente due scopi:

- *ricostruire la profondità dei principali contrasti di impedenza acustica del sottosuolo;*
- *individuare particolari frequenze di risonanza dei suoli.*

L'acquisizione dei valori della frequenza principale o, comunque, ritenuta più significativa ai fini della presente indagine ed il valore del picco, ha consentito insieme alle altre cartografie già elencate, di redigere la carta delle MOPS allegata allo studio.

Si sono individuate all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale quattro microzone 2001, 2002, 2003 e 2004 di seguito individuate rimandando per le colonne stratigrafiche rappresentative alle Tav. SGT.13a e alla SGT.13b.

2001

Depositi alluvionali della Piana del Fiume Sarno. Vulcanoclastiti a granulometria sabbioso-limosa e limoso argillosa, spesso sottilmente stratificati di piana di esondazione (Olocene - Attuale)

2002

Deposito lavico. Lava trachifonolitica con tessitura porfirica per presenza di fenocristalli di leucite e pirosseni (datate 1906 d.C. e 1754 d.C.)

2003

Vulcaniti indifferenziate. Depositi piroclastici da caduta emessi successivamente all'eruzione del 1631 e fino al 1944, costituiti da banchi di lapilli scoriacei porfirici a biotite e pirosseni (eruzioni 1822 e 1906) e leucite (eruzione del 1944) (1638-1944 d.C.).

Piroclastiti del 1631. Depositi piroclastici dell'eruzione sub-pliniana del 1631 costituiti alla base da un banco di scorie di fortemente porfirici in leucite, sanidino e biotite e con abbondanti litici, e

verso l'alto da banchi di cineriti massive grossolane ricche in cristalli sciolti, riferibili a deposizione di colate piroclastiche e, subordinatamente, da caduta (1631 d.C.)

2004

Unità di Vasca S. Gennarello. Alternanza irregolare di depositi piroclastici e vulcanoclastici formanti l'apron del Somma-Vesuvio. A prevalente granulometria sabbioso-ghiaiosa, è contraddistinta da complesse alternanze latero verticali di materiali rimaneggiati (da processi alluvionali, lahar e debris flow) e piroclastiti primarie (da flussi e da caduta), tipica dell'ambiente di transizione tra il vulcano e la piana alluvionale. (Olocene - Attuale; post 79 d. C.)

Piroclastiti di Pompei. Depositi dell'eruzione pliniana di Pompei e di eruzioni da sub-pliniane a pliniane precedenti (tra 3760 b.P. e 79 d.C.). Depositi in giacitura primaria, da caduta e da flusso, costituiti da livelli ceneri da sciolti o poco addensati e da livelli di lapilli pomicei da sciolti a mediamente addensati. Le pomici sono bianche, porfiriche in sanidino, pirosseni e biotite. La componente litica aumenta nella parte alta dei depositi. Depositi da massivi a stratificati incrociati e localmente litificati. (Età compresa tra 3760 b.p. e 79 d.C.)

16. CONCLUSIONI

La presente relazione è stata realizzata per dar seguito all'incarico ricevuto con Determina n. 33 del 20/12/2021 e contratto del 03/02/2022 (CIG Z9D347E603), per dar corso all'adeguamento della fase di indagine in campo come espresso e a valle di ciò lo studio nel suo complesso con tutte le indagini, gli atti connessi per la redazione di tutto lo studio geologico inerente il PUC (Piano Urbanistico Comunale) del territorio comunale di Boscoreale (NA) così come riportato nella cartografia .

Il presente studio geologico è stata redatto in linea con il dettato normativo previsto sia dal D.M. n. 47 del 11/03/88 - emanato ai sensi dell'art. 1 della legge 02/02/74 n.° 64, nonché del D.M. del 21/01/81, del D.M. del 03/03/75) considerando quanto riportato dalla L.R. 16/04 applicando quanto previsto dalla L.R. n. 9/83.

L'area in studio, di circa 11,28 km² , è ubicata alle falde sud-orientali del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, nell'area che si raccorda tra quest'ultimo e la piana alluvionale del Sarno. Il territorio con forma poligonale allungata in senso SW-NE , rilevabile nel foglio 185 III NO della Carta d'Italia, scala 1:25000, edita dall'IGM, compreso tra latitudine fra 40° 45' 22" e 40° 47' 53" direzione S-N, e longitudine compresa fra 02° 00' 39" e 02° 05' 55" in direzione W-E, con quota variabile da 17 a 155 m s.l.m. Il territorio comunale di Boscoreale risulta confinante ad ovest con quello di Boscotrecase, a nord, con Terzigno ad est nonché a nord est con Poggiomarino, a sud con quelli di Pompei e Scafati, con questo ultimo anche per una porzione anche ad est, ed infine a sud ovest con il territorio di Torre Annunziata. La superficie territoriale, posta tra le falde sud orientali del complesso vulcanico del Vesuvio ubicato a nord est dell'abitato e la piana del Sarno posta a sud ovest, avente asse principale allungato all'incirca SSO-NNO, presenta un'acclività per la quasi totalità compresa tra il 0 e 5 ° ad esclusione di piccole aree, poste nella porzione nord occidentale del territorio comunale, ove sono presenti acclività comprese tra il 5° e 15 °. Il sottosuolo del territorio comunale di Boscoreale risulta costituito dalla sovrapposizione di prodotti di attività effusive ed esplosive del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, composto sia da materiali sciolti, piroclastiti, ceneri vesuviane e lave tefritiche di età storica che da lave protostoriche prevalentemente leucitiche. Nella porzione comunale più prossima alla piana del Sarno i terreni hanno caratteristiche diverse ciò dovuto ai rimaneggiamenti per dilavamento, trasporto dalle pendici contigue e sedimentazione in ambiente palustre. Granulometricamente si evidenziano in superficie terreni sabbiosi, limosi, pomicei che, date le caratteristiche deposizionali e di trasporto e risedimentazione, hanno una disomogeneità nella stratificazione con granulometria e giaciture variabili. In tale contesto litostratigrafico, connesso alla morfologia poc'anzi descritta, non si segnalano nell'area in esame, al momento, fenomeni di instabilità geomorfologica connessi a eventuali movimenti di massa dei terreni e non sono state individuate cavità sotterranee. L'area in esame, nei Piani prodotti delle Autorità di Bacino competente, non risulta a rischio a franare R2, R3, R4 né a pericolosità a franare P2, P3, P4, mentre risulta a rischio a franare R1 e pericolosità a franare P1 (pericolosità moderata) in porzioni marginali poste nel settore nord occidentali del territorio comunale ove si evidenzia un ridottissimo lembo a Pericolosità a franare

P2 (pericolosità media). Non si evidenziano emergenze delle acque di falda, per cui la piana sarnese e successivamente la costa rappresentano le zone di recapito principale sia delle acque summenzionate sia di quelle ruscellanti. Durante l'intera campagna di indagini in campo, si è proceduto alla verifica rispetto ai dati già presenti e misura del livello di falda, quando presente, e si è altresì proceduto al rilievo in campo della profondità della superficie piezometrica avendo cura poi di riportare sulle tavole fornite la curve isopiezometriche. Attraverso la correlazione dell'assetto litostratigrafico con lo studio delle isofreatiche si è giunti alla determinazione delle modalità di circolazione idrica sotterranea e delle direzioni di flusso. Riguardo i vincoli di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino competente dalla cartografia allegata, per l'area in esame, si evidenzia Rischio idraulico R2,R3,R4 lungo tutta Via Promiscua che segna il confine con il contiguo territorio comunale di Boscotrecase. Si evidenzia Rischio idraulico R2 ed R4 lungo per tutta Via Grotta nonché Rischio idraulico R3 ed R4 all'incrocio tra Via Panoramica e Via Vesuvio. Riguardo i vincoli di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino competente dalla cartografia allegata, per l'area in esame, si evidenzia Pericolosità idraulica Area di attenzione lungo tutta Via Promiscua che segna il confine con il contiguo territorio comunale di Boscotrecase. Si evidenzia Area di attenzione lungo per tutta Via Grotta nonché Area di attenzione all'incrocio tra Via Panoramica e Via Vesuvio. Dalle analisi eseguite scaturisce stante i terreni affioranti e quelli attraversati lungo le verticali investigate nei primi metri (in quelli profondi il carico litostatico impedisce fenomeni di liquefazione) nonché considerando l'assenza della falda riscontrata nell'esecuzione delle indagini eseguite è possibile escludere suscettibilità alla liquefazione. 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 dalla analisi delle indagini sismiche eseguite in sito e riportate in precedenza che hanno dato le indicazioni riportate nel capitolo specifico. Si è elaborata la specifica cartografia MOPS e per i dettagli si rimanda alla cartografia allegata nonché a quanto riportato nello specifico capitolo

Per lo studio geologico per il PUC in questione, per ciò che riguarda la documentazione di carattere geologico, è stato previsto quanto elencato di seguito (parte integrante ed indivisibile della presente relazione) avendo cura di produrre le carte annoverate con base cartografica in scala 1:5.000:

NR. ELAB.	DESCRIZIONE ELABORATO	SCALA
ELABORATI DESCRITTIVI		
SG.R00	Elenco elaborati	/
SG.R01	Relazione geologica	/
SG.R02	Relazione sulle indagini	/
ELABORATI GRAFICI		
SG.T01	Corografia	1:25.000
SG.T02a	Modello Digitale del Terreno	1:5.000
SG.T02b	Modello Digitale del Terreno	1:5.000
SG.T03a	Carta di ubicazione delle indagini	1:5.000
SG.T03b	Carta di ubicazione delle indagini	1:5.000
SG.T04a	Carta geolitologica	1:5.000
SG.T04b	Carta geolitologica	1:5.000
SG.T05a	Sezione geolitologica AA'	Varie
SG.T05b	Sezione geolitologica BB'	Varie
SG.T06a	Carta delle acclività	1:5.000

SG.T06b	Carta delle acclività	1:5.000
SG.T07a	Carta geomorfologica	1:5.000
SG.T07b	Carta geomorfologica	1:5.000
SG.T08a	Carta idrogeologica	1:5.000
SG.T08b	Carta idrogeologica	1:5.000
SG.T09a	Carta della pericolosità da frana	1:5.000
SG.T09b	Carta della pericolosità da frana	1:5.000
SG.T10a	Carta del rischio da frana	1:5.000
SG.T10b	Carta del rischio da frana	1:5.000
SG.T11a	Carta della pericolosità idraulica	1:5.000
SG.T11b	Carta della pericolosità idraulica	1:5.000
SG.T12a	Carta del rischio idraulico	1:5.000
SG.T12b	Carta del rischio idraulico	1:5.000
SG.T13a	Carta delle MOPS	1:5.000
SG.T13b	Carta delle MOPS	1:5.000
SG.T14a	Carta della stabilità	1:5.000
SG.T14b	Carta della stabilità	1:5.000
SG.T15a	Carta dei vincoli geologici	1:5.000
SG.T15b	Carta dei vincoli geologici	1:5.000

Tanto si doveva in evasione dell'incarico affidato.

Vico Equense, maggio 2022

Geologo Giuseppe Doronzo

