

3. LINEAMENTI DI GEOLOGIA

Per quanto attiene alla sua costituzione geologica, la zona in esame - interamente compresa nei Fogli in 183-184 Isola d'Ischia-Napoli della Carta Geologica d'Italia - è caratterizzata da materiali derivanti dalle diverse fasi eruttive dei numerosi apparati vulcanici locali, principalmente quelli appartenenti al complesso dei Campi Flegrei ed, in subordine, a quello del Somma - Vesuvio.

Si tratta, in pratica, di materiali piroclastici incoerenti più o meno rimaneggiati sovrastanti un complesso di sabbie grossolane e di breccie vulcaniche riconducibili, queste ultime, alla formazione della cosiddetta ignimbrite campana.

Frequenti sono le intercalazioni di paleosuoli e di livelli di pomici eterometriche che, immerse in una matrice sabbiosa generalmente poco abbondante, sono state oggetto, soprattutto nel passato, di una intensa attività estrattiva eseguita sovente in maniera abusiva ed indiscriminata.

4. INDAGINI ESEGUITE

Premesso che tale situazione del sottosuolo, ben nota del resto allo scrivente per precedenti esperienze di lavoro, aveva già trovato un buon riscontro nelle risultanze di alcune perforazioni di sondaggio eseguite nei pressi dell'area dell'insediamento produttivo, per il programma generale di lavoro e soprattutto per la definizione di numero e localizzazione delle prove geognostiche e sismiche, si è tenuto conto sia del particolare ambiente in cui si doveva operare (zona provvista di una discreta rete di sottoservizi) sia della complessiva modestia dell'area impegnata dal P.U.A.

In ogni caso, avendo già chiaro il quadro generale del sottosuolo da investigare, è stata predisposta e condotta a termine una campagna di indagini ubicate come indicato nella apposita TAV. 0 e consistita in:

- n° 4 sondaggi geognostici eseguiti con la tecnica del carotaggio continuo, spinti fino a profondità comprese tra 20 e 32 metri dal p.c.;
- n° 3 serie di prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT per un totale di n° 11 prove;
- analisi e prove di laboratorio;
- n° 1 sondaggio sismico del tipo "down - hole" eseguito nel perforo S.4 appositamente predisposto.

5. COSTITUZIONE DEL SOTTOSUOLO E LITOLOGIA DI SUPERFICIE

I sondaggi geognostici, comprensivi del prelievo dei campioni indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT, sono stati eseguiti dall'Impresa Trivel Sondaggi s.a.s. di Crispano (Na) mediante l'utilizzo di una sonda a rotazione CMV K400.

Le risultanze delle perforazioni, ubicate così come riportato nell'apposita planimetria, hanno confermato, nelle loro linee generali, le successioni litostratigrafiche descritte in precedenza evidenziando un sottosuolo costituito prevalentemente da terreni incoerenti di natura vulcanica.

Si tratta, in pratica, a parte i materiali di riporto superficiali, di sequenze alquanto regolari di banchi di pozzolane e pozzolane sabbiose piuttosto uniformi (salvo variazioni nella percentuale e nelle dimensioni degli inclusi soprattutto pomicei e qualche differente sfumatura di colore che varia dal bruno al verdastro) di norma a tetto di una formazione caotica costituita da scorie e proietti lavici in matrice sabbiosa grossolana di colore variabile dal grigiastro al rossastro ed al violaceo.

Caratteristiche, come detto, infine, sono le intercalazioni rappresentate dai livelli di lapillo e da quelli di materiali humificati a

testimonianza, in quest'ultimo caso, degli intervalli di tempo intercorsi tra le varie fasi eruttive.

Nel sottolineare, comunque, che le distinzioni operate tra i vari litotipi sabbiosi e cineritici rappresentano a volte più un dettaglio formale che una sostanziale differenza, peraltro poco influente ai fini pratici, tra terreni alquanto simili fra loro, si rimanda alla lettura delle colonne stratigrafiche relative alle perforazioni eseguite, mentre una visione complessiva dei rapporti stratigrafici emersi nel corso delle prove è stata riassunta nelle SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE allegate al presente lavoro e riprodotte nella specifica TAV. 5.

La falda freatica, non riscontrata nel corso delle operazioni eseguite, è stata segnalata, come si dirà in seguito, a profondità di circa 35 metri dall'attuale livello del piazzale e potrà, nelle successive fasi progettuali, essere considerata del tutto ininfluyente ai fini geotecnici e geosismici.

6. LINEAMENTI DI IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche generali dei materiali descritti in precedenza, le perforazioni di sondaggio ed il rilevamento di superficie hanno consentito di individuare un'unica area, anch'essa sostanzialmente omogenea dal punto di vista della permeabilità e rappresentata, pertanto, in maniera monocromatica nella TAV. 3 – CARTA IDROGEOLOGICA, insieme alle indicazioni riguardanti la probabile direzione di flusso delle acque sotterranee.

Premesso che l'area ricadente nel perimetro del piano esecutivo allo stato si presenta praticamente "impermeabile" a causa della pavimentazione di tutto il piazzale, in previsione di interventi edificatori che interesseranno i sottostanti strati di terreni in posto, si è preferito caratterizzare solo il complesso idrogeologico che li riguarda, quello piroclastico di origine vulcanico – detritica ignorando anche la presenza dei più volte citati materiali di riporto nei cui riguardi l'infiltrazione delle acque superficiali è condizionata dagli interventi eseguiti dall'uomo per cui la sua classificazione risulta alquanto aleatoria, anche se da presumere spostata verso valori della permeabilità medio-alti, in dipendenza della eterogeneità e della eterometria dei suoi componenti oltre che del suo variabile stato di costipamento.

In dipendenza degli assortimenti granulometrici riscontrati - ed in relazione all'indice dei vuoti che ne caratterizza il grado di addensamento - i materiali più francamente pozzolanici presentano proprietà drenanti non elevate per porosità, tendenti ad aumentare, ovviamente, nei casi in cui più consistente diventa la frazione ghiaiosa con coefficienti di Permeabilità "k" definibili, secondo le indicazioni di Casagrande e Fadum, "medio-basso" e "medio-alto" con valori rispettivamente prossimi a $10^{-4} \div 10^{-5}$ cm/sec ed a 10^{-3} cm/sec.

Ovviamente, l'alternanza di materiali aventi diverso grado di permeabilità determina, nell'ambito di tutta l'unità idrogeologica, una circolazione idrica sotterranea che si sviluppa in modo articolato, con falde acquifere locali sovrapposte e tra loro interconnesse che, drenate dalla depressione del Sebeto, hanno un deflusso che, nello specifico, avviene grosso modo secondo la direttrice nordovest - sudest.

Nessuno dei sondaggi eseguiti ha intercettato la falda freatica la cui presenza, segnalata, in accordo con le indicazioni riportate nella Carta Idrogeologica della Campania nord-occidentale elaborata dall'Istituto di Geologia Applicata della Facoltà di Ingegneria di Napoli, a profondità di circa 35 metri in un pozzo ubicato nell'angolo sudoccidentale dell'area d'interesse è da considerare del tutto influente ai fini progettuali.

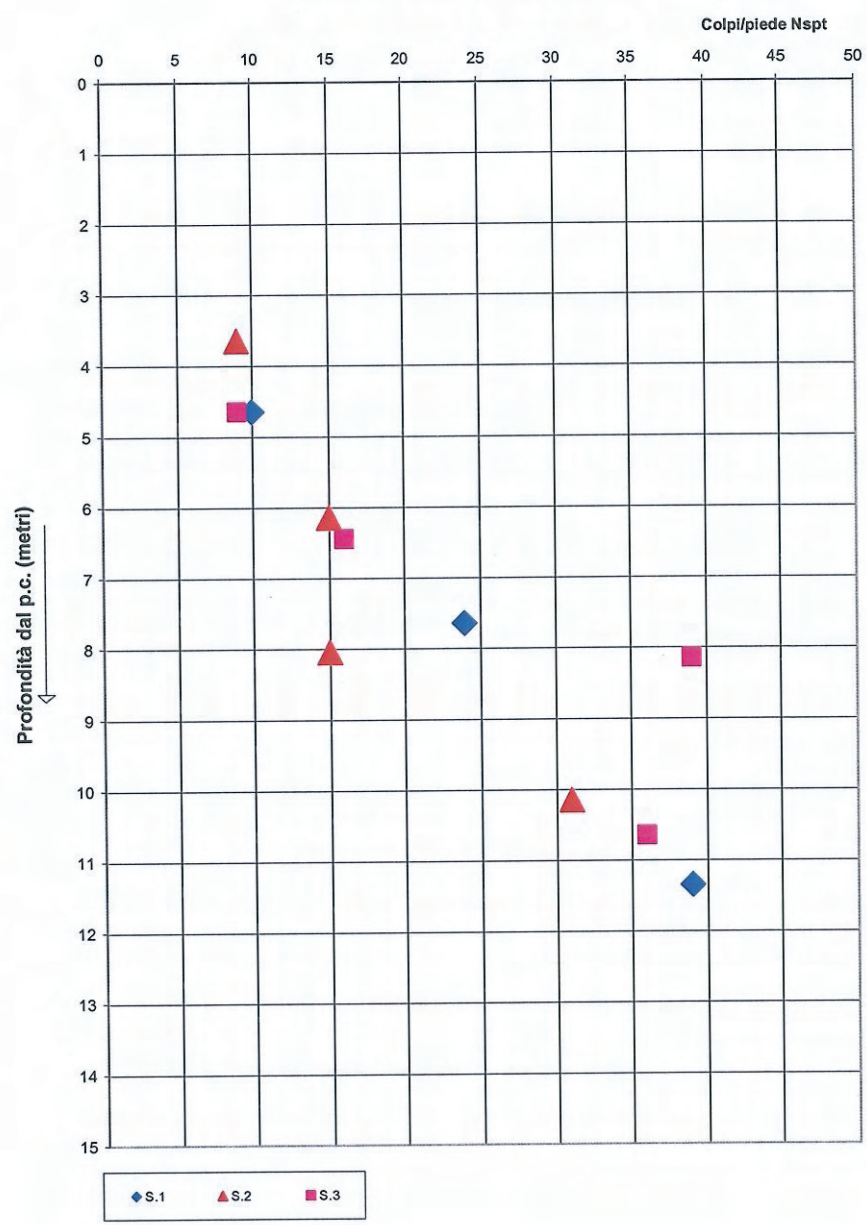
7. CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Per quanto attiene, invece, alla determinazione dei principali parametri geotecnici che caratterizzano i terreni investigati, una prima e più speditiva conoscenza delle caratteristiche di resistenza meccanica è stata affidata, vista la loro natura essenzialmente sabbiosa, a tre serie di prove penetrometriche dinamiche del tipo Standard Penetration Test (S.P.T.), eseguite ad intervalli di profondità nei perfori di sondaggio S.1, S.2 ed S.3.

Ritenendo superflua la descrizione minuziosa dei risultati emersi dalle singole prove, si preferisce offrire una visione globale del loro campo di variabilità mediante la sintesi riprodotta nell'allegato grafico riepilogativo.

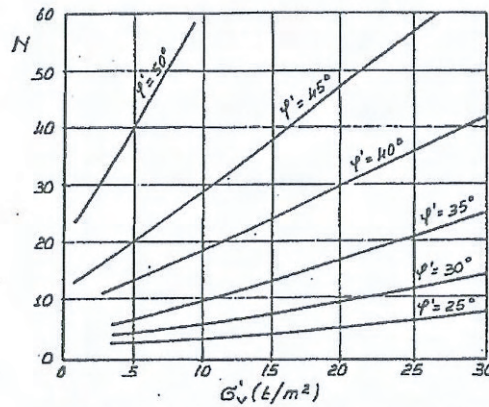
Dall'esame si evince con immediatezza come, laddove si consideri che i valori del numero N_{SPT} (numero di colpi/piede) risulti inferiore a 10 per la presenza di materiali di riporto o di livelli humificati, il campo dei valori delle prove eseguite nei terreni più francamente sabbiosi e pozzolanici non si discosta molto da N_{SPT} compreso tra 15 e 35 per cui ci si trova di fronte a materiali definibili, in base a note correlazioni empiriche, quanto meno " a medio " grado di addensamento, con una densità relativa compresa fra 0,4 e 0,6 e valori dell'angolo di attrito interno non inferiori a 30 °.

Napoli - Via delle Puglie n. 300
Sintesi delle prove penetrometriche

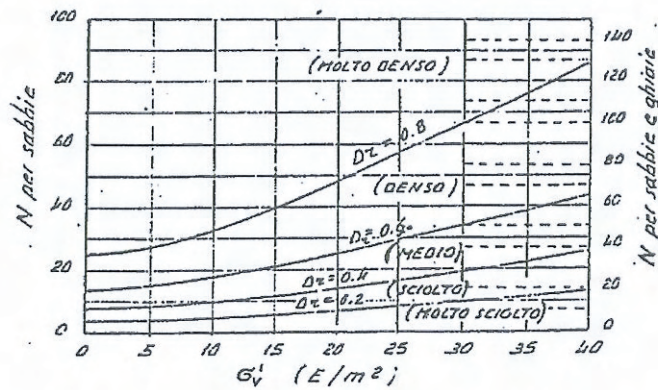


Terreni incoerenti.

N	Stato di addensamento		Angolo di attrito φ
	Definizione	Densità relativa D_R	
< 4	molto sciolto	< 0,2	< 30°
4 + 10	sciolto	0,2 + 0,4	30° + 35°
10 + 30	medio	0,4 + 0,6	35° + 40°
30 + 50	denso	0,6 + 0,8	40° + 45°
> 50	molto denso	> 0,8	> 45°



CORRELAZIONE TRA NUMERO DEI COLPI N E ANGOLO D'ATTRITO



CORRELAZIONE TRA N e D_r (ASCE)

corso garibaldi, 254 - tel. 48 96 66 - 80055 portici (na)

codice fiscale RGG MST 40D25 H955T - part. Iva 00923991210

Per quanto attiene alle più dirette determinazioni sperimentali delle caratteristiche fisiche generali, di quelle granulometriche e dei principali parametri geotecnici dei litotipi presenti, precise indicazioni emergono dalle analisi e prove eseguite presso il laboratorio Isogea s.r.l. su due campioni indisturbati estratti a differenti profondità lungo la verticale S.2.

Rammentando che, nel corso delle perforazioni di sondaggio, a parte i materiali di riporto superficiali, sono stati rinvenuti, nei livelli tecnicamente significativi, terreni incoerenti marcati soprattutto da diverse sfumature di colore e da differenze di carattere granulometrico, i grafici relativi alle citate prove di laboratorio evidenziano come i terreni esaminati si presentino, generalmente, a composizione granulometrica di “sabbia limosa ghiaiosa” e/o di “limo sabbioso debolmente ghiaioso” essendo, in alcuni tratti, più ricchi di inclusi prevalentemente pomicei.

In dipendenza degli assortimenti granulometrici riscontrati - ed in relazione all'indice dei vuoti che ne caratterizza il grado di addensamento - i materiali più francamente pozzolanici presentano proprietà drenanti non elevate per porosità, tendenti ad aumentare, ovviamente, nei casi in cui più consistente diventa la frazione ghiaiosa con coefficienti di Permeabilità “k” definibili, secondo le indicazioni di Casagrande e Fadum, “medio-basso” e “medio-alto” con valori rispettivamente prossimi a $10^{-4} \div 10^{-5}$ cm/sec ed a 10^{-3} cm/sec.

In merito alle caratteristiche fisiche generali, nella Tabella 1 vengono riassunte le risultanze delle determinazioni eseguite:

γ_s = peso specifico dei grani (KN/mc)	n = porosità (%)
γ = peso dell'unità di volume (KN/mc)	e = indice dei vuoti
γ_d = peso volume del secco (KN/mc)	S_r = grado di saturazione (%)
w = umidità naturale (%)	

Tabella 1

Sond.	Prof. (m)	γ_s	γ	γ_d	w	n	e	S_r
S.2/C.1	3.00 ÷ 3.50	26.41	18.72	15.03	24.53	43.10	0.76	87.20
S.2/C.2	7.50 ÷ 7.90	24.09	16.84	12.31	36.83	48.90	0.96	94.60

mentre in ordine ai principali parametri geotecnici, la elaborazione dei dati riguardanti le prove di taglio diretto ha fornito valori della coesione modesti e degli angoli di attrito interno compresi tra 29° e 31° del tutto congruenti con quelli riscontrati su campioni di terreni similari e con quelli medi che caratterizzano le piroclastiti del napoletano (cfr. A. Pellegrino – 1967: Proprietà fisico-meccaniche dei terreni vulcanici nel napoletano. Atti del VII Conv. Naz. di Geotecnica, Cagliari).

In ogni caso, rimandando anche in questo caso per una più dettagliata lettura degli esiti delle prove effettuate ai certificati rilasciati dalla Isogea s.r.l., i dati più rappresentativi riguardanti proprio coesione ed angolo d'attrito interno vengono riassunti, insieme a quelli dei già riferiti assortimenti granulometrici, nella successiva Tabella 2.

Tabella 2

Sond.	Prof. (m)	Litotipo	C' (KPa)	ϕ' (°)
S.2/C.1	3.00 ÷ 3.50	Sabbia limosa ghiaiosa	2.5	31.50
S.2/C.2	7.50 ÷ 7.90	Limo sabbioso debolmente ghiaioso	5.0	29.50

8. CARATTERISTICHE SISMICHE

Al territorio comunale di Napoli, già dichiarato sismico con grado di sismicità $S = 6$ dal D.M.LL.PP. 3 giugno 1981 e riclassificato sismico di seconda categoria ($S=9$) dalla Deliberazione della Giunta della Regione Campania n° 5447 del 7 novembre 2002, l'O.P.C.M. 12 giugno 1988 n° 2788 ha attribuito una intensità sismica massima osservata pari a 8 ed un indice di rischio i_r uguale a 0.0188 alquanto inferiore al valore della media nazionale pari a 0.0455.

Dovendo pertanto provvedere a caratterizzare dal punto di vista sismico la porzione di territorio indagato, si è proceduto, nell'ottica della prevenzione dal rischio sismico ed in riferimento alle norme contenute sia nella legislazione regionale (L.R. Campania n° 9/83) che in quella nazionale (D.M.LL.PP. 16.01.1996 - O.P.C.M. n. 3274/03 e successive proroghe, modifiche ed integrazioni), ad ulteriori esami del sottosuolo in questione attraverso una prospezione sismica - **D-H1** - eseguita, con la metodologia "down - hole", nel perforo **S. 4** appositamente predisposto.

Mediante le specifiche indagini, affidate alla Isogea s.r.l., sono stati calcolati, oltre alle velocità delle onde di compressione e di taglio, i principali parametri elastici dinamici quali il coefficiente di Poisson (ν), i moduli di incompressibilità (**K**), di Young (**E**), e di taglio (**Gd**): il tutto viene di seguito rappresentato sia numericamente che graficamente.

DATI SPERIMENTALI					
Profondità misure dal p.c. m	Tempi Onde Vp Sperimentali msec	Tempi Onde Vp Corretti msec	Tempi Onde Vs Sperimentali msec	Tempi Onde Vs Corretti msec	Peso Volume bibl. gr/cmc
0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
1,0	7,4	3,31	14,3	6,4	1,60
2,0	9,0	6,36	17,2	12,2	1,60
3,0	10,3	8,57	19,8	16,5	1,80
4,0	12,4	11,09	24,0	21,5	1,80
5,0	14,3	13,28	27,7	25,7	1,80
6,0	16,4	15,56	31,7	30,1	1,80
7,0	18,6	17,88	35,8	34,4	1,80
8,0	20,8	20,18	40,0	38,8	1,80
9,0	23,0	22,45	44,1	43,0	1,80
10,0	24,8	24,32	47,5	46,6	1,80
11,0	26,6	26,12	50,8	50,0	1,80
12,0	28,2	27,82	54,0	53,3	1,80
13,0	29,9	29,55	57,2	56,5	1,80
14,0	31,6	31,28	60,3	59,7	1,80
15,0	33,2	32,91	63,5	62,9	1,80
16,0	34,9	34,63	66,8	66,3	1,80
17,0	36,6	36,35	70,0	69,5	1,80
18,0	38,2	37,97	73,1	72,7	1,80
19,0	39,9	39,68	76,3	75,9	1,80
20,0	41,4	41,19	79,2	78,8	1,80
21,0	43,0	42,81	82,3	81,9	1,80
22,0	44,7	44,52	85,7	85,3	1,80
23,0	46,3	46,13	88,8	88,5	1,80
24,0	48,0	47,83	91,9	91,6	1,80
25,0	49,7	49,54	95,2	94,9	1,80
26,0	51,4	51,20	98,5	98,2	1,80
27,0	52,9	52,76	101,4	101,1	1,80
28,0	54,5	54,36	104,6	104,3	1,80
29,0	56,0	55,87	107,4	107,1	1,80
30,0	57,6	57,47	110,4	110,2	1,80

corso garibaldi, 254 - tel. 48 96 66 - 80055 portici (na)

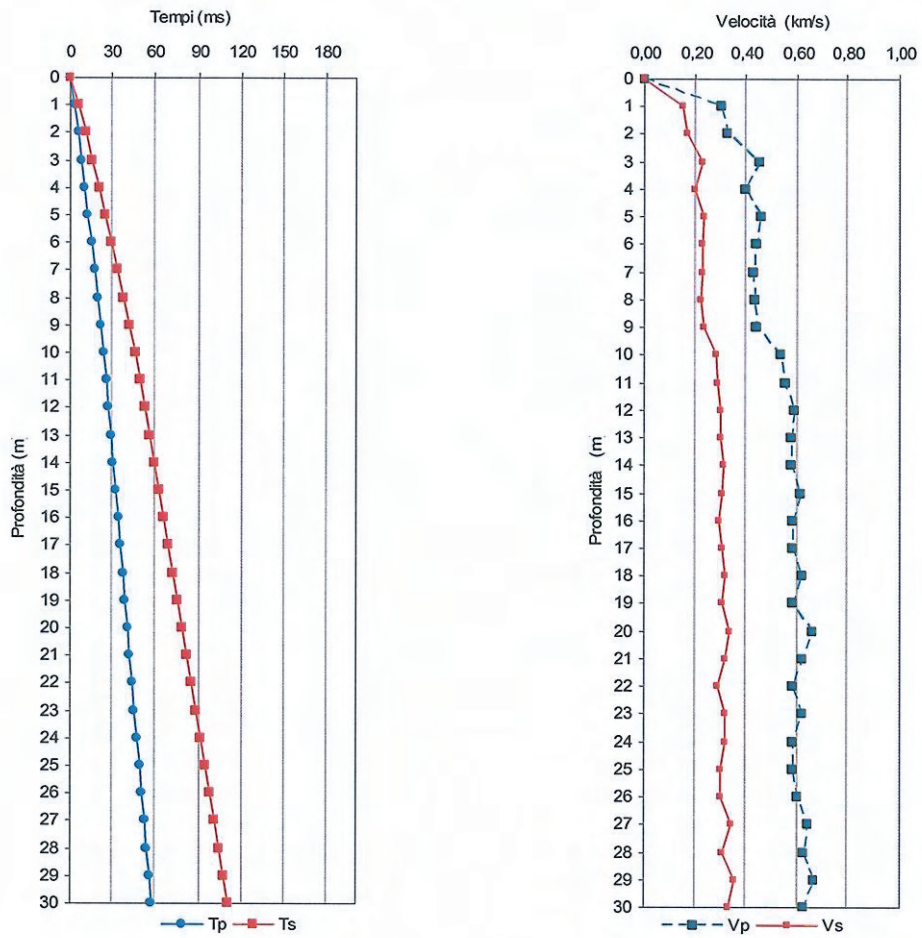
codice fiscale RGG MST 40D25 H955T - part. Iva 00923991210

VALORI CALCOLATI					
Velocità Onde Vp km/sec	Velocità Onde Vs km/sec	Coeff. di Poisson n	Modulo di Incompress. K kg/cmq	Modulo di Young E kg/cmq	Modulo di Taglio Gd kg/cmq
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0,16	0,32	957,49	1050,53	398,79
0,33	0,17	0,31	1094,18	1279,95	490,39
0,45	0,23	0,32	2454,34	2610,24	986,67
0,40	0,20	0,33	1905,71	1957,11	736,40
0,46	0,24	0,32	2485,80	2679,33	1014,62
0,44	0,23	0,31	2235,74	2537,03	967,69
0,43	0,23	0,30	2098,30	2521,43	969,99
0,44	0,23	0,31	2211,42	2504,63	955,06
0,44	0,24	0,30	2192,19	2646,08	1018,64
0,54	0,28	0,31	3303,22	3850,31	1474,39
0,55	0,29	0,30	3529,57	4134,65	1584,45
0,59	0,30	0,32	4122,27	4485,18	1700,66
0,58	0,31	0,30	3799,85	4475,34	1716,39
0,58	0,32	0,29	3678,66	4728,02	1838,56
0,61	0,31	0,33	4619,36	4633,43	1738,20
0,58	0,30	0,32	3998,25	4336,62	1643,62
0,58	0,31	0,30	3875,04	4567,17	1751,80
0,62	0,32	0,32	4523,67	4930,78	1870,08
0,58	0,31	0,30	3894,66	4591,16	1761,05
0,66	0,34	0,32	5150,04	5645,65	2142,90
0,62	0,32	0,32	4553,69	4962,62	1882,11
0,58	0,29	0,33	4180,92	4185,72	1569,87
0,62	0,32	0,32	4566,68	4976,14	1887,20
0,59	0,32	0,29	3768,72	4856,37	1889,29
0,59	0,30	0,32	4065,93	4407,70	1670,44
0,60	0,30	0,33	4453,70	4457,30	1671,66
0,64	0,34	0,30	4688,60	5622,35	2162,21
0,62	0,31	0,33	4741,20	4744,51	1779,35
0,66	0,36	0,30	4996,81	6030,75	2321,58
0,62	0,33	0,30	4421,41	5270,92	2025,23

corso garibaldi, 254 - tel. 48 96 66 - 80055 portici (na)

codice fiscale RGG MST 40D25 H955T - part. Iva 00923991210

rappresentazione grafica delle dromocrone e delle velocità intervallo in funzione della profondità



Sulla base dei dati riportati precedentemente è stato approntato uno studio di microzonazione sismica mediante la teoria proposta da Rapolla. et Alii (cfr. Carrara, Roberti, Rapolla – Indagini Geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi elettrici e sismici – Ristampa 2004).

Utilizzando tale teoria, per i terreni investigati é stato valutato, a partire da 2 m dall'attuale livello del suolo il seguente valore di **Rigidità (R)** al quale, utilizzando la correlazione proposta dagli stessi autori, viene associato il **fattore di incremento del coefficiente di intensità sismica locale(f_c)**.

	Rigidità (R)	Incremento sismico locale (f_c)
D-H 1 (S4)	0.51	1.1

Moltiplicando il coefficiente sismico previsto dalla normativa vigente relativo al comune di Napoli ($S = 9 \Rightarrow c = 0,07$) per il fattore di incremento si ottiene il coefficiente di intensità sismica corretto uguale a 0,077 a cui corrisponde un grado di sismicità corretto S' pari a 9.7

Nel rispetto del D.M. 14.1.2008, inoltre, è stata calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 36 metri, avendo preso in considerazione i valori delle V_s calcolati ed evidenziati nelle tabelle e grafici di riferimento.

Il valore di tale parametro è stimato dal calcolo della seguente espressione:

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

in cui:

h_i = spessore dello strato i -esimo

V_i = velocità dell'onda di taglio i -esima

N = numero degli strati

Tenendo presenti i dettagli numerici, misurati ogni metro, la risoluzione della precedente equazione fornisce valori delle V_{S30} pari a circa **273 m/s**.

Tali valori rientrano nei ranges stabiliti dall'Ordinanza 3274/03 definendo, per la zona esaminata, una categoria di **suolo di tipo C** "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (N_{SPT} compreso tra 15 e 50 e c_u pari a 70 - 250 kPa)" a cui assegnare un unico **Fattore di incremento pari a 1.25** (cfr. TAV. 4 - CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA)

8.1 Effetti sismici: suscettibilità dei terreni alla liquefazione

Ai fini delle norme vigenti in materia, il termine liquefazione denota “una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidezza causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno”.

Poiché il meccanismo della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche relative al sisma, da quelle del terreno, è noto che in genere risultano maggiormente vulnerabili i terreni saturi superficiali e quelli mono-granulari (cioè con buona classazione del sedimento) aventi dimensioni comprese fra 1 mm e 0.01 mm, bassa densità relativa e bassa resistenza penetrometrica.

In effetti, vista la notevole profondità della falda freatica rispetto all’attuale livello del suolo, considerati sia gli elevati valori del numero di colpi/piede N_{SPT} risultanti dalle prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. sia l’assortimento granulometrico, spostato verso le frazioni meno fini, si ritiene di poter omettere inutili verifiche numeriche e grafiche, escludendo consapevolmente qualsiasi pericolo di liquefazione dei terreni costituenti il sottosuolo in esame.

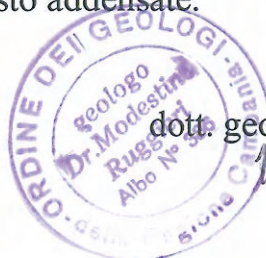
9. SOMMARIO E CONCLUSIONI

La presente relazione si riferisce alle risultanze di uno studio sulle caratteristiche strutturali dei terreni ricadenti all'interno di un'area sita in Napoli alla Via Nazionale delle Puglie n. 300, interessata da un Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata.

Sulla scorta delle indagini di cui si è riferito nei paragrafi precedenti può concludersi che l'area in esame soddisfa sufficientemente ai requisiti richiesti dalla legislazione vigente (Leggi Regione Campania n°14/ 82 e n° 9/83, D.M.LL.PP. 11.3.88 oltre che D.M. 14.1.2008) in ordine alle esigenze di carattere geologico, geotecnico e geosismico finalizzate alla prevenzione del rischio sismico.

In linea di principio, infatti, non si intravedono particolari problemi ostativi alla approvazione del Piano urbanistico, vista la complessiva stabilità geostatica dei luoghi, l'assenza di falda d'acqua episuperficiale e le buone caratteristiche dei terreni di fondazione rappresentati, ad esclusione dei materiali di riporto che in ogni caso presentano spessori non rilevanti e potranno essere ignorati ai fini progettuali, da piroclastiti piuttosto addensate.

Napoli, luglio 2010



dott. geol. Modestino Ruggieri

A handwritten signature in blue ink that reads 'Modestino Ruggieri'.