



COMUNE DI TERNI
Direzione Lavori Pubblici
III^a Unità Operativa

P.zza M. Ridolfi, 1
05100 Terni

Tel. +39 0744.549.579
Fax +39 0744.549.658
monica.finotto@comune.terni.it

COMUNE DI TERNI - DIREZIONE LAVORI PUBBLICI - III^a U.O.
D.G. n. 311 del 15.11.2011

PROGETTAZIONE
GEOM. MARCO CANNATA
ARCH. ANDREA CECILIA
ING. NAZARENO CLAUDIANI
GEOL. PAOLO PACCARA
GEOM. FILIPPO PIACENTINI
GEOM. GIORGIO PODDI

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI
D.D. n. 3337 del 18.12.2012

PROGETTAZIONE
ING. GABRIELE SALVATONI (capogruppo)
ING. LUIGI BERTI
ARCH. ROBERTA BONCIO
ARCH. LUIGIA LUISELLA PENNATI
ING. ROBERTO POMPOLI
ING. ALICE RUBIU

II R.U.P.
ARCH. MONICA FINOTTO

IL DIRIGENTE
DOTT. LUCIANO SDOGATI

Il Verificatore
ING. NAZARENO CLAUDIANI

Rev:	Data:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
05					
04					
03					
02					
01	31/07/2013	Verifica ai sensi Capo II, art. 45 DPR 207 / 2010			
00	22/07/2013	EMISSIONE			

Oggetto: TEATRO COMUNALE GIUSEPPE VERDI RESTAURO, ADEGUAMENTO FUNZIONALE E IMPIANTISTICO PRIMO STRALCIO COMPONENTE STRUTTURALE		
PROGETTO DEFINITIVO		Scala:
Descrizione: COMPONENTE ARCHITETTONICA Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Geologico-Tecnica		Elaborato: ED01

COMUNE DI TERNI

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA IDROGEOLOGICA E GEOLOGICO-TECNICA

**Progetto di ampliamento del Teatro Verdi, consistente
nell'esecuzione di una scala antincendio e di un locale disposto su
tre piani, da realizzarsi tra Vico Sant'Agape e Via dell'Ospedale
di Terni**

RELAZIONE

L'istruttore tecnico

Dott.ssa Geologo Raffaella Petralla

Il Funzionario Tecnico

Dott. Geologo Paolo Paccara



Giugno 2010

COMUNE DI TERNI

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica viene eseguita per il progetto Esecutivo inerente la realizzazione dell'ampliamento del Teatro Verdi di Terni, consistente nella realizzazione di una scala antincendio appoggiata sul lato del teatro prospiciente a Vico Sant'Agape e nella realizzazione di un locale composto da tre livelli, di cui uno interrato, sul lato del teatro che si affaccia a Via dell'Ospedale.

Le indagini geognostiche sono state così realizzate:

- un sondaggio geognostico (S1) eseguito a rotazione e carotaggio continuo spinto fino alla profondità di – 15 m dal p.c.;
- un sondaggio geognostico (S2) che, vista la vicinanza con il sondaggio S1, è stato eseguito a distruzione di nucleo per i primi 15 m di profondità e quindi, a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di – 30 m dal p.c.. Durante la perforazione sono state eseguite prove penetrometriche SPT in foro ed è stato prelevato un campione indisturbato con successiva analisi di laboratorio.

I dati ottenuti sono stati sintetizzati nella presente relazione in modo da fornire ai progettisti strutturali il modello geologico e le caratteristiche geotecniche degli orizzonti litologici e sismo stratigrafici per l'area interessata dall'intervento.

2 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area in oggetto è ubicata nella centro della città, in destra idrografica del F. Nera.

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata dalla sequenza alluvionale recente che costituisce i sedimenti alluvionali della Conca Ternana. La successione litostratigrafica, meglio descritta nello schema stratigrafico sintesi dei dati provenienti dai sondaggi geognostici effettuati, vede un primo strato costituito in genere da riporti antropici, costituiti da materiale eterogeneo limo-sabbioso con pezzame di murature di natura antropica.

Segue uno strato di limi e sabbie travertinose e calcaree, giallo-avana, sciolte o poco addensate, a cui sono intercalate, localmente, ghiaie minute in matrice sabbiosa o livelli nerastri limoargillosi relativi a paleosuoli, poco consistenti. I dati di perforazioni indicano una potenza per questi limi sabbiosi di circa 14-15 m.

La sequenza prosegue in profondità con un potente corpo ghiaioso, con clasti calcarei evoluti in matrice sabbiosa, contenente limi e sabbie in livelli intercalati. Questo intervallo ghiaioso è sede dell'acquifero che caratterizza l'intera conca ternana, molto sfruttato per uso agricolo, potabile e industriale. Lo spessore di questo secondo orizzonte ghiaioso può essere solo stimato in oltre 30 m. Nella zona non sono presenti elementi geomorfologici di rilievo. Il piano campagna è praticamente pianeggiante e compreso tra 127.5 e 128 m s.l.m.

3-IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'idrografia che caratterizza l'area in studio è costituita dal Fiume Nera e dal Torrente Serra, che hanno depositato i terreni costituenti il sottosuolo della conca ternana e la cui evoluzione idrografica è condizionata dall'intervento antropico che ha confinato gli alvei fluviali entro argini in muratura su entrambe le sponde.

In merito al rischio idraulico va precisato che l'area in esame è esterna alle aree di potenziale inondazione indicate dall'Autorità di Bacino del Tevere nel PAI.

La piana di Terni è sede di un acquifero contenuto nei sedimenti alluvionali (presente per lo più nel termine ghiaioso) e con livello impermeabile costituito dalle intercalazioni di natura argillosa; dal punto di vista idrodinamico l'acquifero in questione è una falda libera, capace di fluire all'interno della formazione acquifera ghiaioso-sabbiosa e quindi con pelo libero superiore in equilibrio con l'atmosfera.

Le caratteristiche granulometriche di queste sabbie e limi e anche delle ghiaie sabbiose sottostanti sono tali da determinare permeabilità elevate e pari a 10^{-1} m/s.

Gli apporti che alimentano l'acquifero alluvionale provengono principalmente dalla circolazione idrica profonda di origine carsica e di fratturazione che caratterizza i massicci carbonatici dei M.ti Martani e dei Sabini settentrionali, apporti che si generano attraverso contatti profondi tra strutture calcaree e depositi fluvio-lacustri del Bacino Tiberino. Altri apporti diretti sono riferibili alle infiltrazioni efficaci delle precipitazioni meteoriche dirette nella zona di pianura e agli apporti diretti di subalveo dal parte del Nera.

Le piezometrie in questa zona della pianura ternana si attestano a circa 110 m s.l.m., con spessori medi del non saturo comprese tra 15 e 17 m (Matinelli S., Santucci A.; Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 1995, Pitagora Ed.).

L'elevata permeabilità, unita alla morfologia pianeggiante, è condizione favorevole alla percolazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, tuttavia la consolidata urbanizzazione dell'area determina in convogliamento di esse attraverso la rete fognaria verso il reticolo idrografico principale.

4-CARATTERI FISICO - MECCANICI DEI TERRENI

I parametri meccanici dei terreni interessati dall'intervento sono stati valutati grazie all'esecuzione di numero due (2) sondaggi geognostici, la cui ubicazione è visibile nella carta planimetrica allegata e grazie all'esecuzione di prove penetrometriche standard nel corso del sondaggio S.2 nonché ai risultati dell'analisi di laboratorio effettuate sul campione indisturbato prelevato nel corso del carotaggio.

L'esecuzione dei sondaggi, eseguiti con carotaggio continuo, ha permesso inoltre di descrivere la successione litostratigrafica locale e quindi di desumere il modello geologico dei terreni che saranno interessati dall'intervento di progetto, così come previsto dalla normativa tecnica di settore (D.M. 14 Gennaio 2008).

Con lo schema di seguito riportato, vengono sinteticamente descritte le diverse litologie presenti nell'area d'intervento:

- a - Terreni di riporto, costituiti da materiale arido.
- b - Sabbie fini e limi calcarei bianchi e beige, leggeri, poco addensati, con locali livelli di ghiaia.
- c - Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa, con locali livelli di limo e sabbie.

Si tralascia il commento sui materiali di riporto, le cui caratteristiche fisiche, meccaniche e di addensamento, sono variabili da luogo a luogo e comunque poco prestanti e comunque sconsigliati terreni di fondazione.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei limi e delle sabbie fini (strato b), essi mostrano una genesi di ambiente fluviale, e la loro natura travertinosa determina condizioni di addensamento medio- basso.

Il loro comportamento, comunque, è di tipo granulare con angoli di attrito compresi tra 24° e 30° , il peso dell'unità di volume naturale γ_n si può considerare variabile tra 1,5 e 1,7 g/cmc. Le densità

relative sono basse, essendo materiali alluvionali poco addensati, con valori di D_r compresi tra 15 % e 30 - 40 % e indice dei vuoti "e" maggiore di 1. I colpi N_{spt} delle prove penetrometriche SCPT sono comprese tra 3 e 22.

La ghiaie sabbiose dello strato C mostrano parametri fisici e meccanici più performanti: l'angolo di attrito ϕ' è valutato in un ampio spettro di valori, compresi tra 32° e 42°, con comportamento francamente granulare. La densità relativa, ottenuta da prove penetrometriche, è sempre > del 40 %. In alcuni casi la matrice sabbiosa è prevalente sullo scheletro calcareo. Il γ_{sat} è compreso tra 2 e 2,2 g/cmc, mentre il γ_n è compreso tra 1,9 e 2 g/cmc.

Lo strato C ospita l'acquifero alluvionale sopra citato.

5 - SISMICITÀ

In base alla recente ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 il Comune di Terni è stato inserito tra le località sismiche con classe di sismicità 2 (**Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n.72**).

Nella fase di progetto si potrà tenere conto del nuovo vincolo sismico e della nuova legislazione vigente in materia di progettazione. Per completezza dei riferimenti normativi, si ricordano comunque le ulteriori disposizioni emanate successivamente al DPCM 3274/2003:

- "Nuova Normativa Antisismica – Ordinanza n° 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"

- "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003" Ordinanza n° 3431.

Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 Settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per il Comune di Terni la normativa 3274/2003 assegna un valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A pari a 0.25 g .

In riferimento alla nuova normativa antisismica (D.M. 14/1/2008), redatta sulla base dell'Eurocodice 8, **la categoria di suolo presente** (già indicate nella OPCM 3274), è **la B**, ovvero "*depositi di terreni a grana grossa ben addensati o a grana fine ben consistenti*", caratterizzati da velocità delle onde sismiche di taglio V_s compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Quanto agli aspetti morfologici, in considerazione della topografia pianeggiante, non è stato considerato alcun incremento del coefficiente di amplificazione sismica da motivi topografici (categoria topografica T1 ovvero con pendenze minori a 15° sull'orizzontale).

Per l'attribuzione della categoria di suolo ci si è basati sul confronto dei dati stratigrafici ottenuti dalle perforazioni per questa perizia, dalle prove SPT in foro sugli stessi sondaggi e alcune prove Down - Hole eseguite nel medesimo contesto geologico del centro città di Terni.

La prima sismostratigrafia di riferimento è quella riferita alla prova Down Hole presso la scuola Anita Garibaldi in via 1° Maggio (messi gentilmente a disposizione dalla Direzione LL.PP. Edilizia Pubblica), la seconda è una prova Down Hole eseguita nell'aprile 2001 all'interno del cortile del palazzo Bazzani sede della Provincia di Terni (messi gentilmente a disposizione dagli uffici Prot. Civile della Provincia di Terni).

Rimandando in coda alla presente il dettaglio dei report della velocità delle onde di taglio V_s per i siti sopra menzionati, vale qui sottolineare come le velocità riscontrate siano in entrambe i casi

comprese tra i 500 e i 600 m/s , indice di una buona densità dei terreni, specie negli intervalli di terreno a partire da -5 m dal p.c. In particolare per la down-hole eseguita presso la scuola Garibaldi le velocità delle onde di taglio riscontrate per tutti e tre gli strati (sia nella direzione x che nella direzione y) sono risultati compresi tra valori minimi di 481 m/s e 595 m/s al massimo. Il valore medio di velocità delle onde di taglio Vs18 m, nei primi 30 m di sottosuolo, è risultato essere di circa 522 m/s, per cui si determinano condizioni di sottosuolo di categoria B.

Analogamente alla prova Down-hole eseguita nel 2001 presso la provincia di Terni le velocità delle onde S è stata di circa 600 m/s, se si esclude un primo tratto di circa 220 m/s nei primi metri di terreno più superficiale.

5.1 - DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SIMICA DI RIFERIMENTO

Per il Comune di Terni la normativa 3274/2003 assegna un valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A pari a 0.25 ag/g; nel proseguito del paragrafo verrà determinata l'accelerazione sismica di progetto per la categoria di suolo e per la categoria d'uso della struttura in progetto ovvero la determinazione dello spettro di risposta sismica di progetto nelle sue componenti orizzontali e verticali, mediante il software messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici *Spettri-NTCver.1.0.3*

In merito ai risultati ottenuti dal programma di calcolo nella prima fase di elaborazione si sono calcolati gli spettri di risposta elastici per diversi tempi di ritorno specifici per il sito in questione.

Di seguito vengono riportati i valori dei parametri ag (accelerazione orizzontale di picco al suolo), Fo (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale), Tc (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale) per i tempi di ritorno Tr di riferimento:

coordinate utilizzate: lat. 42,562709; long, 12,650394

Tr (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
30	0.057	2.504	0.269
50	0.071	2.489	0.281
72	0.081	2.498	0.288
101	0.095	2.45	0.295
140	0.107	2.438	0.302
201	0.124	2.414	0.308
475	0.168	2.448	0.321
975	0.21	2.479	0.333
2475	0.273	2.502	0.348

Nella seconda fase di elaborazione è stata fissata la vita nominale dell'edificio ovvero 50 anni e la classe d'uso della struttura. Il programma calcola poi in automatico i 4 periodi di ritorno corrispondenti ai quattro stati limite.

STATO LIMITE	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
SLO	30	0.058	2.504	0.269
SLD	50	0.071	2.49	0.281
SLV	475	0.167	2.448	0.321
SLC	975	0.21	2.479	0.333

Nella terza fase infine è stato definito lo spettro di risposta nelle sue componenti orizzontali e verticali per lo stato limite del danno SLD; i risultati e i parametri utilizzati, la cui scelta ultima spetta all'Ing. Progettista, sono visibili tra gli allegati in coda al testo.

6 - INDAGINI GEOGNOSTICHE (AI SENSI DELLE NTC 2008)

In ottemperanza delle recenti NTC 2008 (DM 14.01.2008) è stata eseguita nel Maggio 2010 una campagna geognostica, consistita in due sondaggi con prove SPT in foro e prelievo di campioni per le analisi di laboratorio geotecnico; i dati provenienti da tale campagna sono stati integrati con i dati provenienti dalle indagini condotte per gli interventi di miglioramento sismico della scuola A. Garibaldi, situata in una zona limitrofa a quella di attuale intervento e comunque in un'area il cui modello geologico è strettamente affine, per genesi e natura, a quello oggetto dell'attuale studio. I dati di cui si era a disposizione consistevano in un sondaggio fino a -30 m di profondità ed esecuzione di una prova di misurazione delle velocità delle onde sismiche P ed S di tipo down-hole.

Il sondaggio S1, spinto fino alla profondità di 15 m dal piano campagna, è stato ubicato sul lato del teatro Verdi che si affaccia su Vico Sant'Agape, ove è in progetto la realizzazione di una scala antincendio.

Il sondaggio S2, spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c., è stato eseguito sul lato del teatro che si affaccia su Via dell'Ospedale, ove è in progetto l'ampliamento pluripiano, comprensivo di un piano interrato. Il sondaggio S2, visto la breve distanza che lo separa dal sondaggio S1, è stato eseguito a distruzione di nucleo per i primi 15 m metri, mentre si è proceduto al carotaggio continuo solo da 15 m fino a - 30 m di profondità.

6.1 - STRATIGRAFIA Sondaggio S.1 Esecuzione Maggio 2010

La falda idrica è stata intercettata a - 16 m dal p.c.

- Da -0.0 a -2.5 m terreno di riporto costituito da sabbie e limo di colore marrone in frequenti inclusi clastici di natura antropica.
- Da -2,5 a -3,5 m sabbie di taglia granulometrica medio-fine con rari inclusi clastici-carbonatici.
- Da -3,5 a -4,5 m sabbie limose, a luoghi con prevalenza della componente limosa, plastiche.
- Da -4,5 a -6,5 m sabbie di colore giallo medio grossolane, con scarsa frazione limosa.
- Da -6,5 a -7,0 m sabbie limose giallo grigiastre.
- Da -7,0 a -8.4 m sabbie fini.
- Da -8,4 a -8,6 m livello competente costituito da sabbie cementate.
- Da -8,6 a -12,5 m sabbie giallastre medio-fini umide, contenenti aggregati di argille residuali.
- Da 12,5 a 13,3 m livello limo argilloso di colore marrone scuro (paleosuolo) con comportamento plastico.
- Da 13.3 a 14,5 m sabbie limose fini con comportamento plastico.
- Da 14.5 a 15.0 m ghiaie in matrice sabbio-limosa, ben addensate.

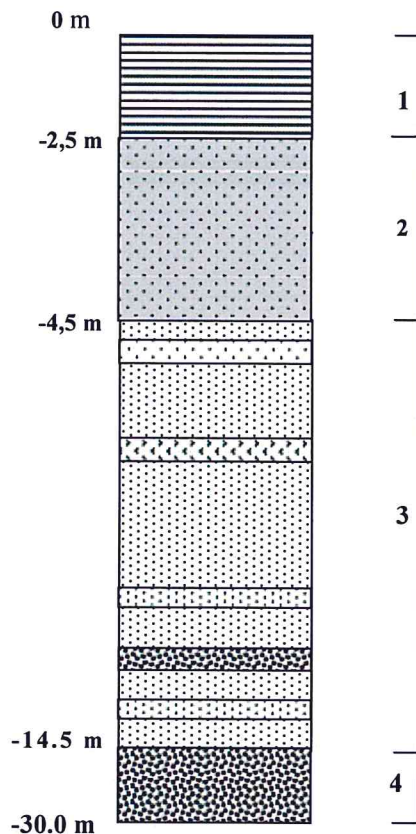
6.2 - STRATIGRAFIA Sondaggio S.2 Esecuzione Maggio 2010

La falda idrica è stata intercettata a - 16 m dal p.c.

La stratigrafia di riferimento dal piano campagna (quota 0) a - 14 m è quella del sondaggio S.1 da - 14 a -30 m ghiaie in matrice sabbiosa a livelli la matrice diviene sabbio limosa, con clasti ben evoluti e delle dimensioni di qualche centimetro (5-6 cm). La ghiaie si presentano ben addensate. Da - 20 a -22 m dal p.c. si segnala un livello più francamente sabbioso con inclusi clasti carbonatici ben evoluti.

Di seguito si riporta la ricostruzione sintetica della stratigrafia, dove sono stati accorpati gli orizzonti con caratteristiche litologiche e di addensamento simili:

(piano campagna)



(1) Terreno di riporto.

(2) Sabbie limose e sabbie fini da poco a mediamente addensate.

(3) Sabbie da fini a medie da mediamente a molto addensate con lenti di sabbie limose e un livello di sabbia centata (-8,4 a -8,6).

(4) ghiaie in matrice sabbiosa o sabbio-limosa molto addensate.

Disegno non in scala FALDA idrica a -16 m circa

7 - MODELLO GEOTECNICO

I materiali intercettati si caratterizzano per un comportamento geotecnico misto di tipo granulare con prevalenza della resistenza a taglio con il solo angolo di attrito.

La determinazione numerica dei valori di resistenza a taglio dei terreni interessati dall'intervento è stata effettuata sia sulla base delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio, ma anche dalle prove di laboratorio geotecnico (le prove di laboratorio su un campione prelevato dal sondaggio S2 sono in fase di completamento, non appena disponibili verranno allegate ai documenti di progetto).

Le prove SPT in foro sono state realizzate con attrezzatura e specifiche di conduzione standard di tipo internazionale, quindi con massa battente costituita da un maglio con massa di 63.5 Kg, altezza di caduta e sganciamento automatico pari a 76 cm di altezza, punta conica con angolo di 60° e registrazione del numero di colpi ogni 15 cm di avanzamento della punta per 3 tratti successivi.

Dall'analisi speditiva dei risultati delle prove effettuate nei fori di sondaggio si evince che la resistenza all'avanzamento della punta aumenta con la profondità, ovvero con il grado di addensamento dei materiali intercettati.

Dal punto di vista della correlazione N_{spt} – parametri geotecnici, la procedura di determinazione è la seguente: la somma dei colpi registrati tra il 2° e 3° tratto viene utilizzata per entrare negli abachi di correlazione geotecnica che consente di determinare la Densità relativa D_r e l'angolo di attrito Φ' .

Qui sotto è riportata una tabella riassuntiva del numero di colpi registrati, loro profondità e sondaggio di riferimento:

Profondità prova SPT	N° di colpi registrato	Litologia terreno
-4.20/-4.55 m (S2)	6/3/3; 3+3 = 6	Sabbie limose
-5.80/-6.15 m (S2)	8/16/22; 16+22 = 38	Sabbie medie-grossolane consistenti
-7.80/-8.25 m (S2)	6/9/19; 9+19 = 28	Sabbie fini mediamente consistenti
-10.80/-11.25 m (S2)	7/12/9; 12+9 = 21	Sabbie limose fini con aggregati plastici di argille residuali

La densità relativa D_r , ovvero lo stato di addensamento in sito ed il relativo angolo di attrito Φ' , sono stati determinati direttamente dal numero di colpi (N_{spt}) utilizzando gli abachi che seguono, con curva di riferimento di Meyerhof, per la presenza di sabbia e limi > del 5%.

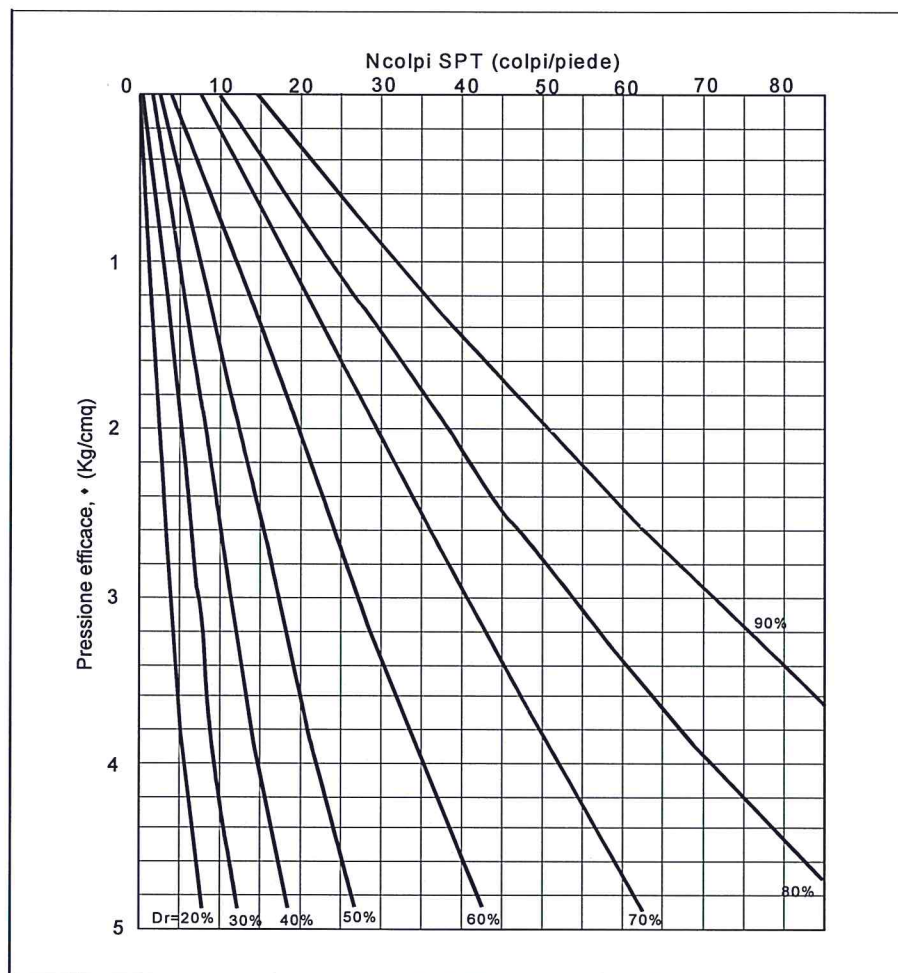


Fig. 1.13 - Metodo di Gibbs e Holtz per la valutazione della densità relativa.

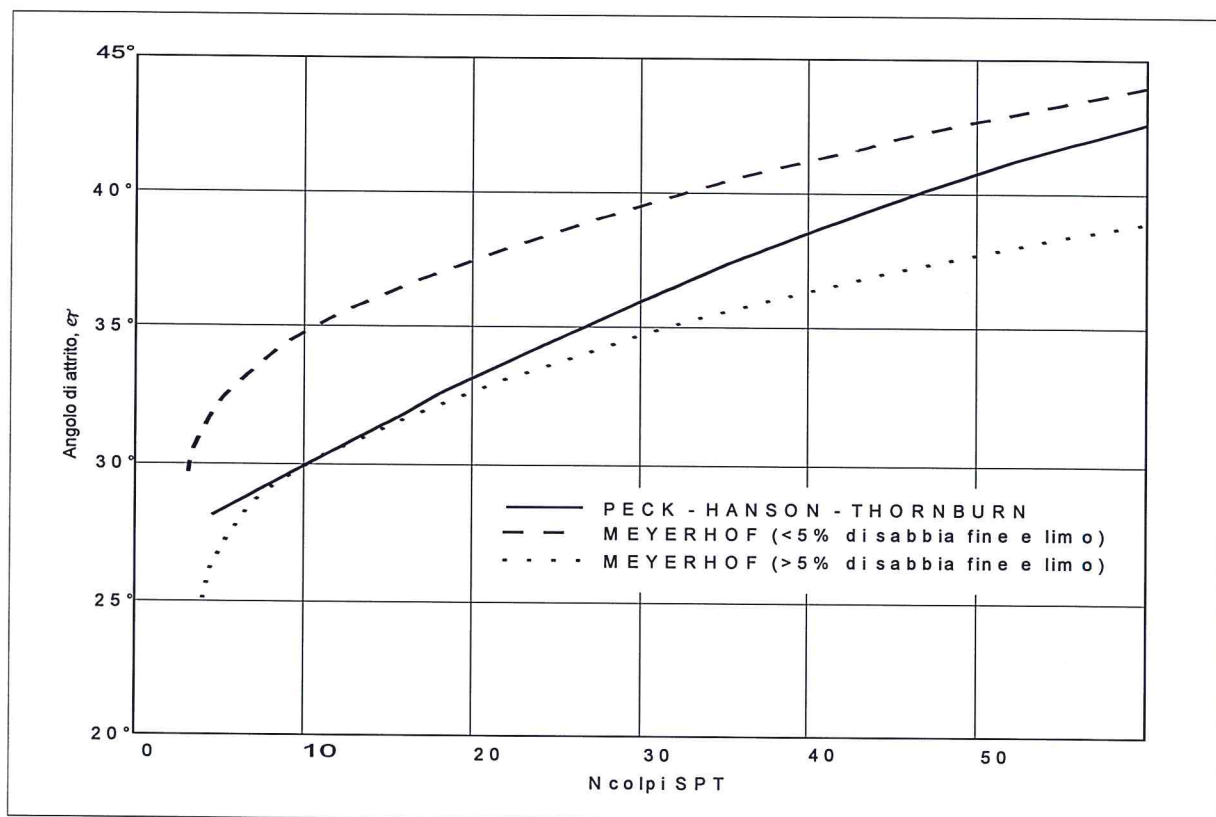


Fig. 1.12 - Correlazione tra Ncolpi SPT e Angolo di attrito
(Metodi di Peck-Hanson-Thornburn e Meyerhof)

D_R (%)	Stato di addensamento
0-15	Molto sciolto
15-35	Sciolto
35-65	Medio
65-85	Denso
85-100	Molto denso

Stato di addensamento in funzione della densità relativa

La valutazione della Densità Relativa è importante per valutare lo stato fisico di addensamento del terreno ed inoltre consente di risalire all'angolo di attrito efficace ϕ' attraverso appositi abachi correlativi (Schulze & Metzembach, De Mello ed altri), oppure è possibile ottenere direttamente l'angolo di attrito con la relazione della *Road Bridge Specification* americana, dove l'angolo di attrito ϕ è ottenuto dalla seguente relazione:

$$\phi (^{\circ}) = [(\sqrt{15 \times N_{spt}})] + 15 \quad (1)$$

dove N_{spt} è il numero di colpi misurato nel corso dei sondaggi (2° e 3° tratto di misura)

Quindi utilizzando la formula (1) si ha:

- | | |
|---|--|
| 1. S.2 (-4.2/ -4.55 m) $N_{spt} = 6$ | $D_r = 50$ % mediamente denso $\phi' = 24.5^{\circ}$. |
| 2. S.2 (-5.8 / -6.15 m) $N_{spt} = 38$ | $D_r = >90\%$ molto denso $\phi' = 38.8^{\circ}$. |
| 3. S.2 (-7.8/ -8.25 m) $N_{spt} = 28$ | $D_r = 70/80$ % denso $\phi' = 35.5^{\circ}$. |
| 4. S.2 (-10./11.25 m) $N_{spt} = 21$ | $D_r = 60-70$ % denso $\phi' = 32.7^{\circ}$. |
| 5. S.2 (-20.00/ -20.45m) $N_{spt} = 50$ | $D_r = >90$ % molto denso $\phi' = 42^{\circ}$. |

In base alla normativa antisismica N.T.C. 2008 (DM 14.01.2008) recentemente in vigore dal 1/7/2009, per ciascuno dei parametri geotecnici devono essere attribuiti ai diversi orizzonti stratigrafici oltre al valore di resistenza caratteristico di ogni strato anche il valore medio e il valore minimo. Quelli riportati a lato della stratigrafia di riferimento esprimono dunque il valore caratteristico di ogni parametro per ogni strato a diversa natura litologica; per completezza dei dati esposti a seguire sono riportati anche i valori medi, minimi e quelli caratteristici per ciascuno dei parametri sopra elencati.

Riporti antropici spessore 2.5 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.9	1.8	1.7
ϕ' (°)	27	24	22
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cm ²)	100	80	30
Coeff. di poisson μ	0.4	0.35	0.3

Sabbie limose poco addensate, spessore 2 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.8	1.7	1.55
ϕ' (°)	27	25	23
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cm ²)	200	120	100
Coeff. di poisson μ	0.37	0.33	0.3

Sabbie limose da mediamente a ben addensate, spessore 10 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.8	1.7	1.55
ϕ' (°)	35	32	27
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cm ²)	300	200	180
Coeff. di poisson μ	0.32	0.29	0.25

Ghiaie sabbiose addensate, spessore 16 m e oltre

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	2.3	2.1	1.9
ϕ' (°)	40	36	32
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cm ²)	600	450	350
Coeff. di poisson μ	0.28	0.25	0.2

CONCLUSIVE

L'assetto stratigrafico e geotecnico sopra descritto è riassumibile come una successione di sedimenti da mediamente addensati fino ad addensati, di natura limo-sabbiosa, origine travertinosa (tra -2.5 e -14.5 m); i sedimenti alluvionali risultano gradualmente più addensati con la profondità. Da -14.5 m a -30 m sono presenti ghiaie sabbiose e sabbie ben addensate. Le indagini strumentali eseguite ai sensi delle recenti norme tecniche di costruzione in zona sismica (NTC 2008) hanno consentito inoltre di misurare in situ le densità attraverso prove penetrometriche condotte con attrezzatura standard (Nspt). Dalla correlazione con la stratigrafia ottenuta per questa indagine, confrontata con le stratigrafie delle prove Down-hole dell'Anita Garibaldi e del palazzo Bazzani, si ottiene sostanzialmente la medesima stratigrafia, così riassunta:

- Dal piano campagna a circa -2.0/-2.5 m sono presenti riporti antropici
- Da -2.5 m a -14.5 m sabbie limose travertinose, giallastre, dapprima poco addensate quindi velocemente più addensate, con orizzonti cementati a travertini, livelli ghiaiosi o sabbiosi grossolani.
- Da 14.5 m a -30 m, attraverso un livello argilloso marrone di circa 50-70 cm di potenza, si passa a ghiaie e sabbie addensate o molto addensate, con valori di Nspt spesso a rifiuto. Sono presenti orizzonti di argille e limi grigi molto consistenti intercalate nelle ghiaie, i quali, tuttavia, nelle perforazioni del Verdi, non sono stati intercettati.

I profili stratigrafici così simili sono quindi stati utili nel definire la presenza dello stesso contesto stratigrafico e geologico, così che fosse possibile confrontarne anche i profili di velocità delle onde di taglio Vs eseguite su strutture pubbliche nel centro città. I riferimenti sono le prove down-hole eseguite in via 1° Maggio presso la Scuola Anita Garibaldi (anno 2009 – distante appena 458 m in linea d'aria) ed anche la prova down hole eseguita presso il cortile interno del Palazzo Bazzani della Provincia di Terni (anno 2001 – distanza dal teatro Verdi 570 m). In entrambi i casi si sono ottenute velocità medie delle onde di taglio Vs maggiori di 520 m/s, tali che è possibile l'assegnazione alla categoria di suolo B.

Per il dettaglio dei dati esposti e citati come riferimento si rimanda in coda alla presente.

Il modello di resistenza a taglio dei sedimenti qui presenti è un modello di tipo granulare, in condizioni efficaci, con l'angolo di attrito come principale parametro di resistenza a taglio. La falda idrica, la cui oscillazione è di circa 1-2 m al massimo, è modesta e si colloca a circa -16 m dal pc. Per il dettaglio dei parametri geotecnici si rimanda ai paragrafi 6 e 7.

Per le opere fondali e di contenimento laterale in fase di scavo si consiglia, demandando all'Ingegnere Progettista il dimensionamento e la scelta ultima della tipologia delle opere, la realizzazione preliminare di una tura di pali come presidio delle opere e delle strutture edilizie limitrofe (per i locali destinati ai nuovi camerini) e dove è possibile anche considerare fondazioni di tipo superficiale (plinti o graticci di travi rovesce), analogamente alla scala antincendio lato Vico S. Agape.

L'istruttore tecnico

Dott.ssa Geologo Raffaella Petralla

Il Funzionario Tecnico

Dott. Geologo Paolo Paccara



Allegati: planimetria aerea



● Sondaggio S1: -15 m

● Sondaggio S2: -30 m











Alle pagine seguenti: Spettri di risposta sismici SLD

Estratti: dall'indagine sismica e prove down-hole per il progetto Definitivo di adeguamento sismico , impianti, prevenzione incendi, e abbattimento barriere architettoniche plesso scolastico "Anita Garibaldi", via 1° Maggio – TR.





Estratti: Prova Down-hole eseguita nel 2001 dalla Trivel – geo srl presso il giardino di palazzo Bazzani per conto della Provincia di Terni.

LEGENDA

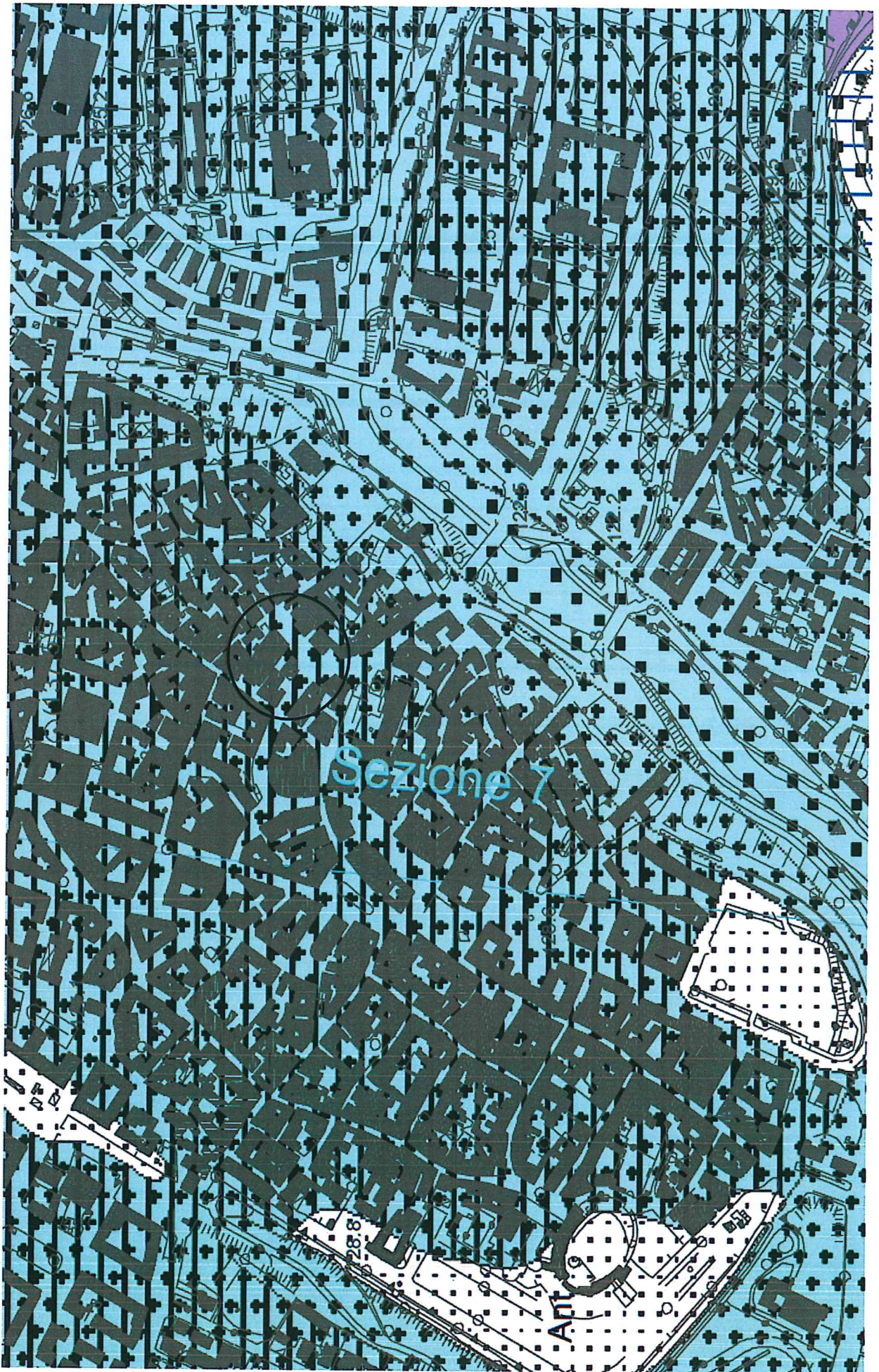
ELEMENTI GEOLOGICI

	ant	Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)
	col	Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)
	ter	Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammistti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)
	aA	Alluvioni: Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiale e ghiate sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie (aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene) (aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene) (ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia né la dinamica attuale (Pleistocene)
	aB	
	ale	
	dpl	
	dra	Detriti di versante Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolana mente stratificati (dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene) (drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene) (dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)
	drr	
	dran	

Sovrassimboli depositi alluvionali




	Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi
	Depositi prevalentemente Ghiaiosi
	Depositi prevalentemente Ghiaiosi e Limo-sabbiosi
	Depositi prevalentemente Limo-argillosi




Carta Geologica - estratto dalla Sezione
346040 TERNI degli studi geotematici per
il PRG del comune di Terni
Estratto in scala 1/5.000



LEGENDA

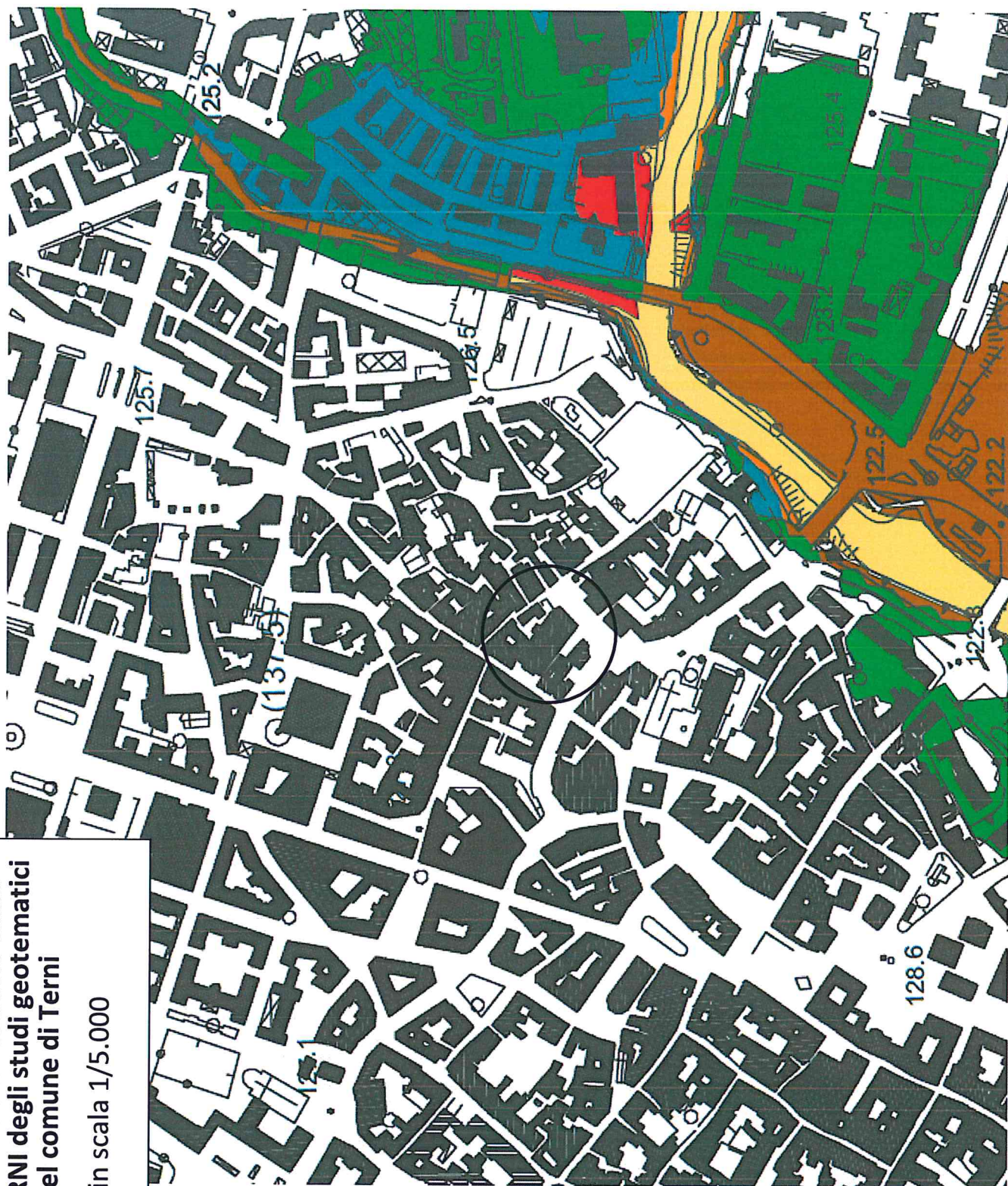
Rischio idraulico reticolo principale

-  FASCIA A - Aree a rischio molto elevato
-  FASCIA B - Aree a rischio elevato
-  FASCIA C - Aree a medio rischio

-  RISCHIO R2
-  RISCHIO R3
-  RISCHIO R4

**Carta delle aree esondabili - estratto dalla
Sezione 346040 TERNI degli studi geomatici
per il PRG del comune di Terni**

Estratto in scala 1/5.000



LEGENDA

COMPLESSI IDROGEOLOGICI



Alluvionale



Bacino Tiberino



Carbonatico



Complesso



Detritico



Travertini



Continente (di origine palustre - Lago di Piediluogo)

PERMEABILITA' DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI



Litologie aventi permeabilità alta



Litologie aventi permeabilità media



Litologie aventi permeabilità bassa

ELEMENTI IDROGEOLOGICI



Captazioni ad uso idropotabile



Captazioni ad uso non idropotabile



Isopieze in quote assolute



Isopieze in quote assolute nelle formazioni carbonatiche



Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali



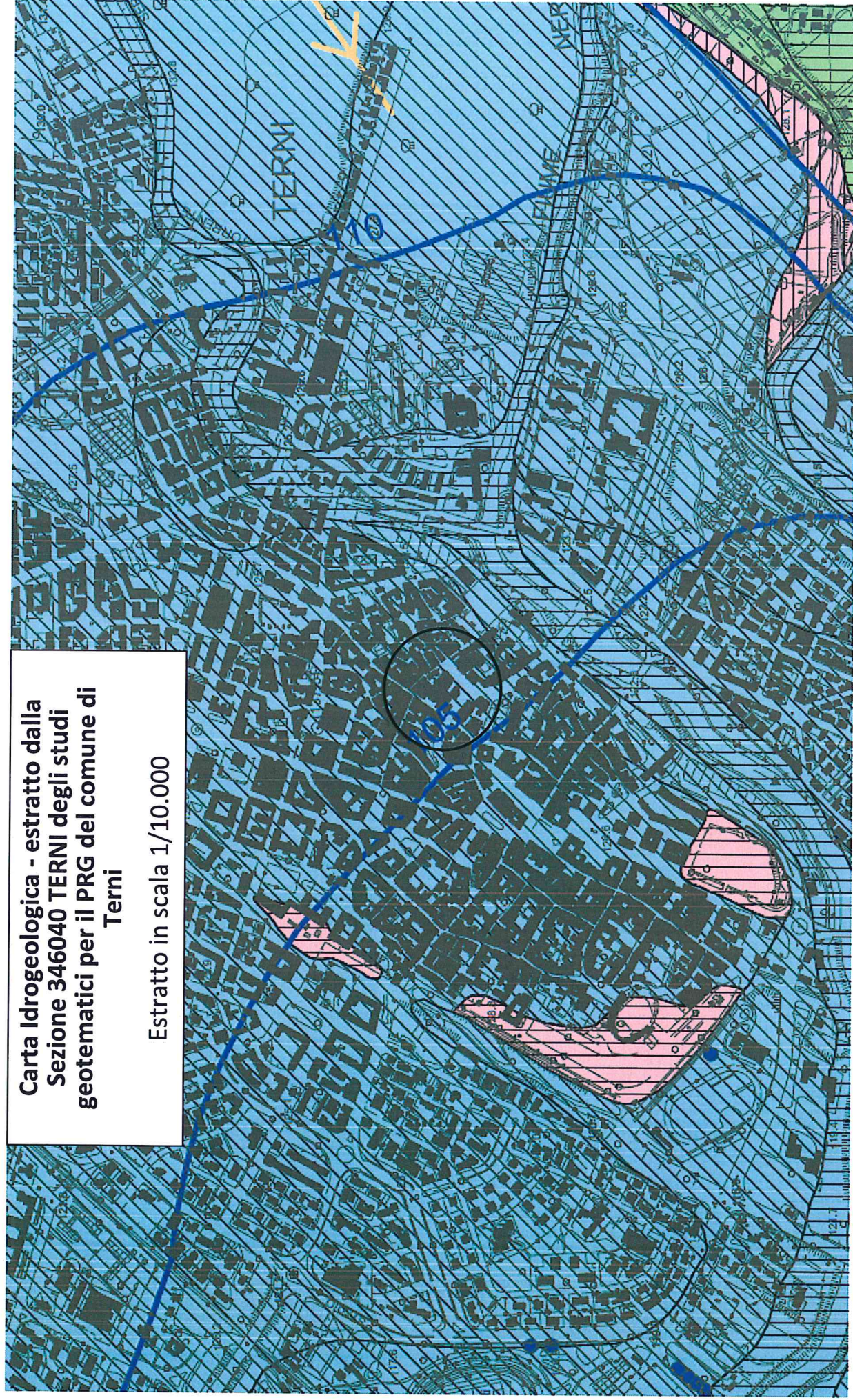
Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali

Certa

Probabile











Carta Idrogeologica - estratto dalla
Sezione 346040 TERNI degli studi
geotematici per il PRG del comune di
Terni

Estratto in scala 1/10.000



LEGENDA

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

	1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
	2	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
	3	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
	4	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
	5	Zona di ciglio con H>10 metri (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, di natura antropica)
	6	Zona di crinale affilato (a) o cocuzzolo (b)
	7	Zona di fondovalle
	8	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
	9	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-mec caniche molto diverse
		Traccia della sezione interpretativa

INTRO

D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

Spettri di risposta ver. 1.0.3

Il documento Excel **SPETTRI-NTC** fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte dell'utente:

FASE 1. Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 - INGV);

FASE 2. Scelta della strategia di progettazione;

FASE 3. Determinazione dell'azione di progetto.

La schermata relativa a ciascuna fase è suddivisa in sotto-schermate: l'utente può intervenire nelle sotto-schermate con sfondo grigio scuro mentre quelle con sfondo grigio chiaro consentono un immediato controllo grafico delle scelte effettuate. In ogni singola fase l'utente può visualizzare e stampare i risultati delle elaborazioni -in forma sia grafica che numerica- nonché i relativi riferimenti alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n.29 del 04.02.2008 Suppl. Ord. n.30 e scaricabile dal sito www.cslp.it

Programma ottimizzato per una visualizzazione schermo 1024 x 768

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

12,65039

LATITUDINE

42,56271

☐ Ricerca per comune

REGIONE

Umbria

PROVINCIA

Terni

COMUNE

Terni

Elaborazioni grafiche

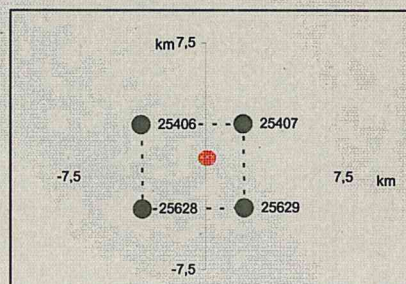
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- ☐ Sito esterno al reticolo
- ☐ Interpolazione su 3 nodi
- ☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

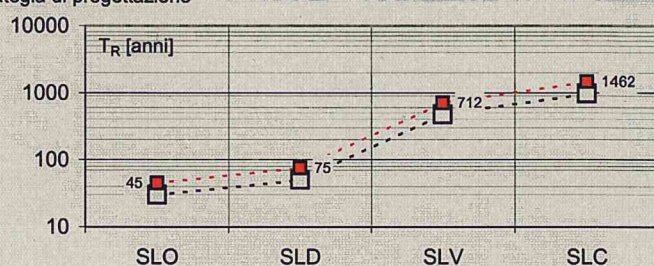
Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- - □ - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - ■ - - Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLD** ▼ info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** ▼ info

$S_S = 1,200$

$C_C = 1,410$ info

Categoria topografica **T1** ▼ info

$h/H = 0,000$

$S_T = 1,000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5**

$\eta = 1,000$ info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 **3**

Regol. in altezza **sì** ▼ info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1,5**

$\eta = 0,667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

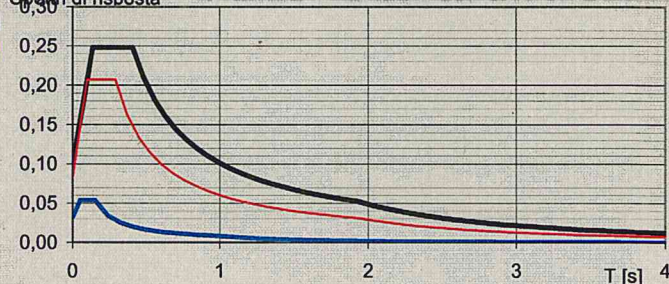
$S_{d,o}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3