Comune di Terni

OGGETTO:

Piano Attuativo di iniziativa privata per la ristrutturazione di un edificio in Via del Teatro Romano a Terni

RELAZIONE GEOLOGICA

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
DOTT. GEOLOGO
PIASCO GIAN LUCA
215

COMMITTENTE: Sandro e Marco Corradi

PROGETTISTA: Ing. **Sandro Corradi**, Ph. D.
STUDIO CORRADI - INGEGNERIA E RICERCA
Via del Teatro Romano 24/26, 05100 TERNI, ITALIA
Tel. +39 0744 402303
e-mail: sandro@studiocorradi.it
sito: www.studiocorradi.it

Dicembre 2019

INDICE

1.0 - INTRODUZIONE

2.0 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.0 - ASPETTI GEOMORFOLOGICI
3.1 - OROGRAFIA DEI LUOGHI
3.2 - CARATTERI IDROGRAFICI DELL'AREA
3.3 - STABILITÀ DELL'AREA

4.0 -ASPETTI GEOLOGICI
4.1 - INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA
4.2 - GEOLOGIA DI DETTAGLIO
4.3 - IDROGEOLOGIA

5.0 - ANALISI GEOTECNICA DELL'UNITA' DI SEDIME

6.0 - TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

7.0 PORTANZA DEL PIANO DI FONDAZIONE

8.0 - SISMICITÀ DELL'AREA
8.1 – MACROSISMICITÀ - CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE DELL'AREA
8.2 - MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO
8.3 - MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO
8.4 - MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO
8.4 - PARAMETRI SISMICI DI PROGETTO

9.0 CONCLUSIONI

1.0 INTRODUZIONE

Il presente rapporto tecnico riferisce i risultati e le conclusioni di un'indagine generale e di dettaglio finalizzata alla valutazione della fattibilità geologica e geotecnica di un progetto volto al restauro e risanamento conservativo della parte posteriore di un edificio sito in via del Teatro Romano n. 24/26, prospicente Palazzo Gazzoli, nella città di Terni.

La finalità della presente relazione geologico-tecnica consiste nell'accertare la compatibilità dell'intervento in progetto nel contesto della realtà geomorfologica e geologica del territorio rilevato, nonché la verifica della fattibilità geotecnica dello stesso intervento, in relazione alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Si procederà quindi alla descrizione sintetica dei caratteri geomorfologici dell'area in cui è inserito il sito in esame, con particolare riferimento alla orografia, alla idrografia superficiale e alla stabilità globale e locale del suddetto ambito d'interesse.

Quindi, dopo un inquadramento generale dei lineamenti geologico-strutturali dell'area rilevata, nonché dei principali caratteri idrogeologici, si definirà, nel dettaglio, la situazione litologica del sito.

Si procederà infine alla indicazione dell'unità litotecnica interessata dall'intervento in progetto, alla caratterizzazione geomeccanica, alla parametrizzazione geotecnica, nonché alla definizione dei parametri di protezione sismica da adottare in fase di progettazione.

In accordo con le vigenti direttive comunitarie e norme nazionali (*Direttiva 80/181/CEE e Norma UNI CEI ISO 1000:2004*), nel presente elaborato geologico e geotecnico tutte le grandezze fisico-geotecniche sono state dettagliate utilizzando il Sistema Internazionale di Unità di misura (S.I.), eccezion fatta per quelle angolari che sono state espresse in gradi sessagesimali (°). Tuttavia nei vari tabulati riassuntivi tutti i valori sono stati anche convertiti e riproposti nelle classiche unità di misura utilizzate più comunemente dalla geotecnica e dall'ingegneria civile.

2.0 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto consiste nel restauro e risanamento conservativo della parte posteriore di un edificio sito in via del Teatro Romano n. 24/26, prospicente Palazzo Gazzoli, in origine destinato a scuderia.

Questa parte è oggi priva di copertura e in stato di completo abbandono.

Nella planimetria sotto riportata è raffigurata l'area oggetto di studio.

VISTA AEREA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

Area rilevata

LOCALIZZAZIONE CATASTALE

Foglio 115 Particella 688 via del Teatro Romano N.26/24, Terni.

Nella sotto riportata carta della Idoneità geologico ambientale alla destinazione urbanistica, si evidenzia che il sito oggetto di studio è inserito nella zona edificabile in classe A.

CARTA DELLA IDONEITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE ALLA DESTINAZIONE URBANISTICA

CLASSE A: ZONA EDIFICABILE
Aree nelle quali sono assenti elementi morfogenetici di dissesto e/o di erosione; le caratteristiche morfologiche dei versanti e le proprietà litotecniche dei terreni sono tali da non ingenerare situazioni di instabilità diffusa.
Aree individuate nella carta inventario dei fenomeni franosi del PAI quali dissesti di tipo inattivo o presunto.
Aree individuate a rischio di inondazione nel PAI, Fascia C del fiume Nera.

Area Piano Attuativo Via del Teatro Romano

3.0 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

I caratteri fisiografici dell'area rilevata, descritti in dettaglio nelle sezioni seguenti per quanto concerne l'orografia, l'idrografia superficiale e la stabilità locale, possono essere inquadrati nel sottostante stralcio della cartografia topografica Regionale (CARTA REGIONALE CTR Foglio 346040 – Scala 1:10.000).

Stralcio della **CARTA REGIONALE CTR** Foglio 346040 – Scala 1:10.000

Area rilevata

3.1 - OROGRAFIA DEI LUOGHI

Il sito oggetto di indagine si colloca all'interno della depressione neotettonica Ternana, in un'ampia area fondovalliva subpianeggiante, caratterizzata da aspetto fisiografico pressoché tabulare, privo di asperità morfologiche, con elevazione assoluta di circa 125 m slm.

La forte antropizzazione dell'intera area in esame, che si inserisce nel centro cittadino, consente di escludere la presenza di fenomeni erosivi lineari e/o concentrati a causa della presenza di fabbricati e strade che proteggono ormai quasi completamente lo strato pedogenico più superficiale costituito dai sedimenti terrigeni alluvionali Olocenici che rappresentano il naturale substrato dell'area in esame.

3.2 - CARATTERI IDROGRAFICI DELL'AREA

Il sito rilevato si colloca sulla destra idrografica del Fiume Nera, principale elemento idrografico dell'intera depressione neotettonica Ternana e motore principale di un lungo ciclo deposizionale continentale, che, dal Pleistocene in poi (1,5 Ma), ha determinato il trasporto e la messa in posto di sedimenti fluvio-lacustri ed alluvionali, eterogenei ed eterogranulari che, ad oggi, costituiscono il substrato di una gran parte delle aree urbane centrali della città di Terni.

Il sito suddetto si colloca alla distanza di circa 900 m lineari dall'alveo del Fiume Nera, che defluisce ad Est del sito in direzione circa meridiana nell'ambito cittadino in esame.

Nell'area urbana gli argini fluviali sono artificiali e costituiti da muri ad *opera incerta*, dimensionati per il deflusso di portate ben più consistenti rispetto a quelle che caratterizzano gli usuali regimi di piena e morbida del Fiume Nera.

Il sito in esame si colloca peraltro a quote più elevate rispetto a quelle attuali di imposta del Fiume Nera nel tratto di interesse, in una posizione strutturalmente protetta da eventuali esondazioni a seguito di eventi alluvionali.

Il sotto riportato stralcio della Cartografia di Rischio Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Tevere Nera indica che l'area in esame è esente da rischio di inondazione.

CARTA RISCHIO IDROGEOLOGICO – RISCHIO ALLUVIONE
PAI - Piano Assetto Idrogeologico – scala 1:5.000

Area Piano Attuativo Via del Teatro Romano

3.3 - STABILITÀ DELL'AREA

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio ha consentito di escludere la presenza di fenomeni erosivi areali e lineari in un ambito che, come detto, si presenta fortemente antropizzato per la presenza di coperture stradali in conglomerato bituminoso, edifici pubblici e privati che impediscono di fatto il "diluvium" dei sedimenti pedogenizzati più superficiali.

Le condizioni statiche dei fabbricati più vecchi sono tali da escludere la presenza di fenomeni di subsidenza e/o di cedimento differenziale legato a processi di consolidazione primaria.

L'area inoltre, in virtù delle sue caratteristiche geomorfologiche pressoché pianeggianti, può ritenersi strutturalmente stabile.

4.0 ASPETTI GEOLOGICI

L'inquadramento geologico generale è stato redatto sulla base dell'insieme delle conoscenze dirette (rilievi di superficie, sondaggi geognostici) e indirette (prospezione geofisica, estrapolazioni e interpretazioni dati) acquisite ad oggi sull'area Ternana e descrive la realtà geologico-strutturale e stratigrafica della suddetta area, tenendo in considerazione l'attuale cartografia geologica (Fg. 138 - TERNI - della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000).

4.1 - INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Il sito rilevato si pone nella zona mediana dell'ampia depressione neotettonica, creatasi nel tardo Miocene–inizio Pliocene (5.2 Ma) per azione su sedimenti litoidi carbonatici di copertura, essenzialmente pelagici, (sequenza Meso-Cenozoica Umbra) di dislocazioni rigide ad alto angolo, disposte reciprocamente a formare strutture tipo "*domino*". Tali dislocazioni rigide rappresentano la risposta fragile, superficiale, della copertura litoide carbonatica all'instaurarsi di un campo regionale di sforzi distensivi a partire dall'inizio del Pliocene (circa 5,2 Ma); a scala regionale si individua una famiglia principale di dislocazioni rigide ad alto angolo, rappresentata dal set N10°E (lineazione della Valserra) e dal set N300°E (faglia bordiera dei Monti Martani). L'azione combinata delle suddette famiglie di dislocazioni rigide portava alla formazione della depressione neotettonica Ternana (nota come *Conca Ternana*), che assumeva già nel tardo Pliocene un assetto morfologico probabilmente molto simile a quello attuale, con una forma planimetrica ellissoidale, ad elongazione circa E-O e margini esterni individuati dai relitti degli orogeni Meso-Cenozoici (Monti Martani a Nord, Catena Narnese-Amerina ad Est-Sud Est e Dorsale Sabina a Sud). Nel Pliocene Medio-Sup. la depressione neotettonica in esame costituiva la naturale sede per la formazione di un ampio bacino lacustre (meglio conosciuto in letteratura geologico-regionale come "*Bacino Tiberino*"), responsabile della deposizione delle sequenze di depositi terrigeni che, con variabili caratteri tessiturali e strutturali, costituiscono ad oggi i substrati di tutte le aree collinari della area in questione.

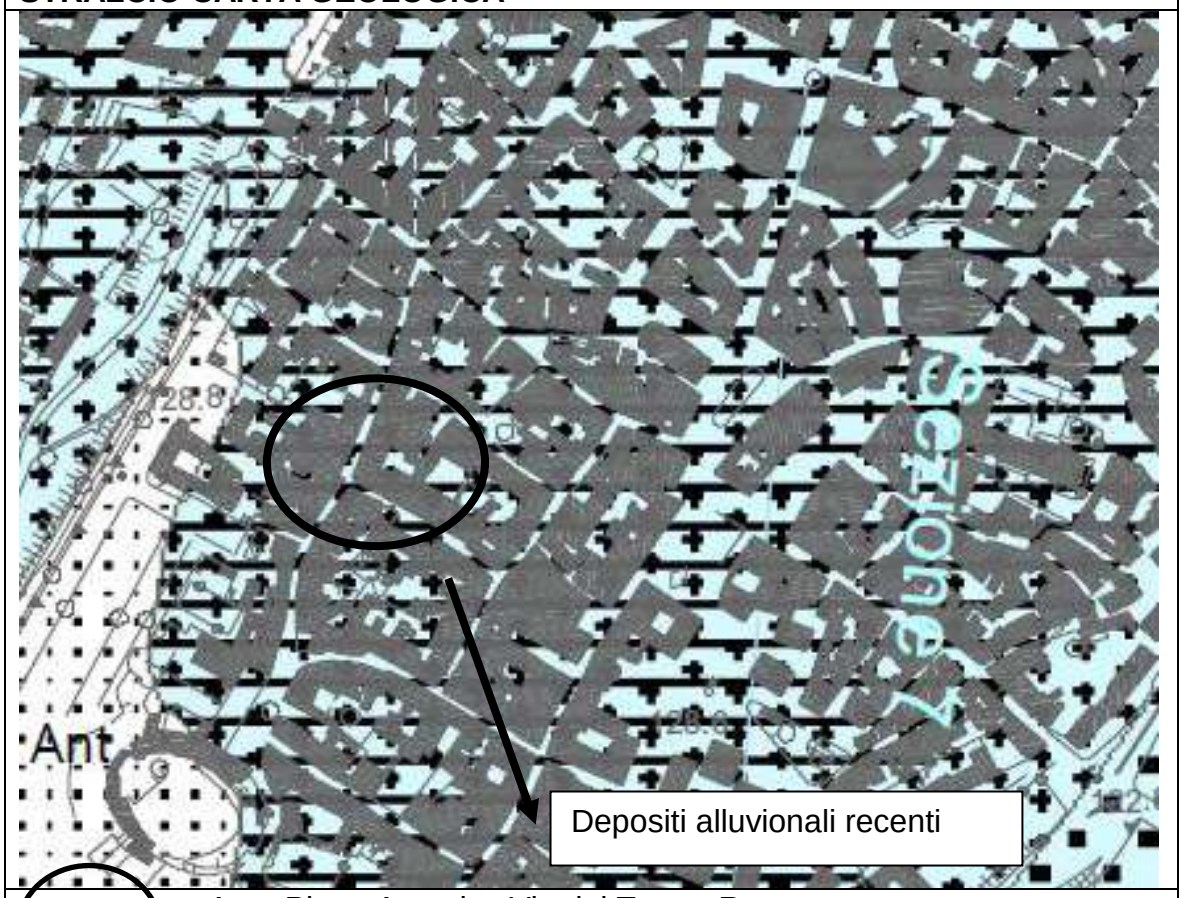
In età Olocenica si verificava invece la messa in posto delle alluvioni terrazzate e di fondovalle costituite in prevalenza da limi e sabbie calcaree avana, prodotte dallo smaltellamento della placca travertinosa presente nella piana Reatina.

Nelle zone di passaggio agli orogeni sono presenti invece corpi detritici pedemontani in falde (fascia pedemontana dei Monti Martani) e conoidi, costituiti da sedimenti terrigeni eterogenei, eterogranulari, caratterizzati da mediocre maturità fisica.

4.2 - GEOLOGIA DI DETTAGLIO

Il sito in esame si colloca quindi nella parte mediana di un'ampia piana alluvionale posta in destra idrografica del Fiume Nera, al colmo di una potente sequenza deposizionale di natura terrigena ed età Olocenica, dominata da strutture sedimentarie riconducibili a processi acquei misti, per corrente trattiva e per decantazione. La sequenza alluvionale terrigena è formata dalla sovrapposizione di bancate decimetriche di limi calcarei avana alternati a limitate stratificazioni sabbiose; la potenza complessiva della copertura alluvionale in oggetto è valutabile da un minimo di circa 10-12 m ad un massimo di 25-28 m nelle zone centrali della città, pressoché coincidenti con il centro della depressione neotettonica in esame.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA



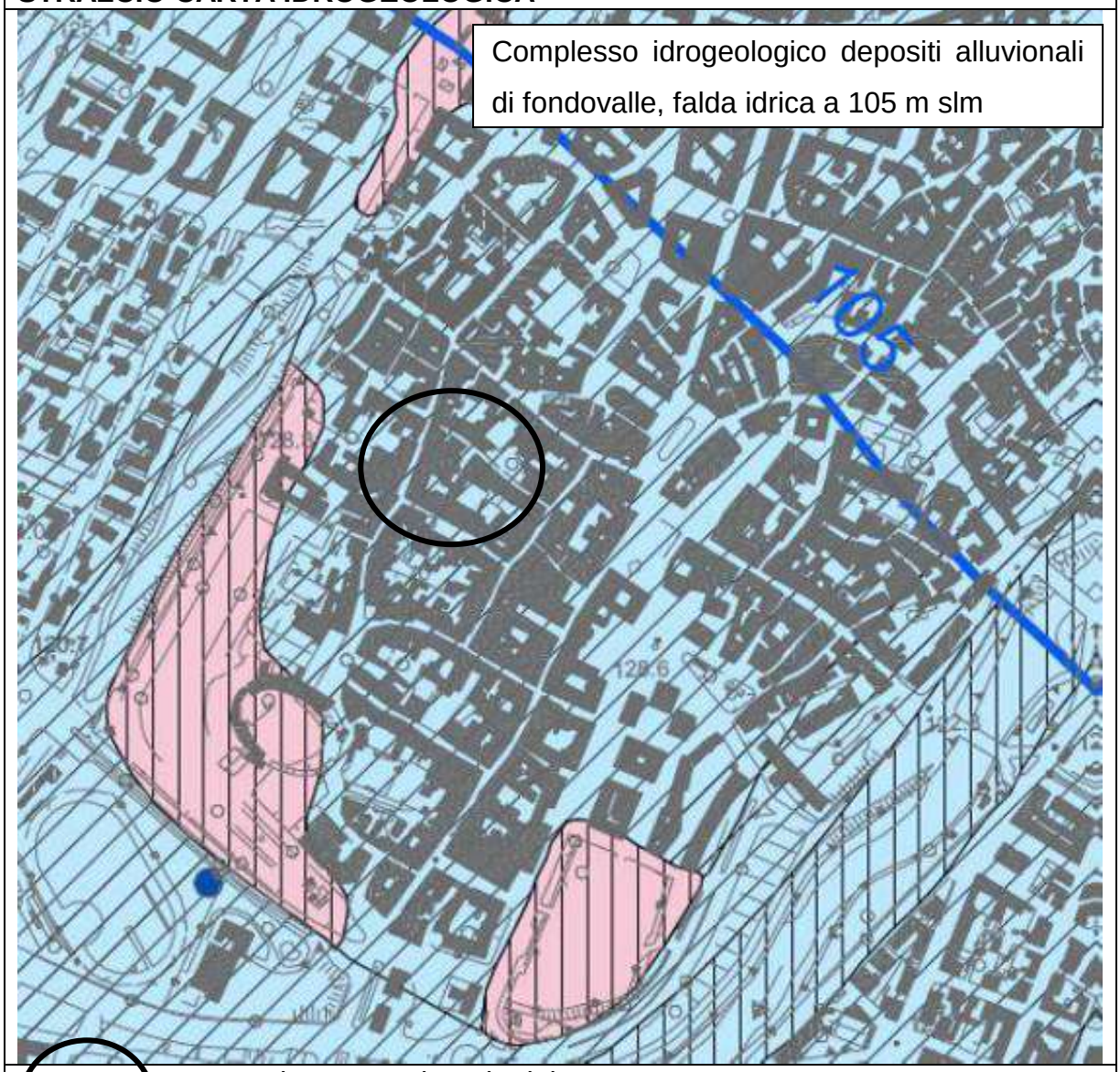
Area Piano Attuativo Via del Teatro Romano

4.3 - IDROGEOLOGIA

La depressione neotettonica di Terni è sede di un acquifero multifalda a serbatoio delimitato nei sedimenti alluvionali (sedimenti a tessitura ruditica) 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 fluttuare all'interno della formazione acquifera ghiaioso-sabbiosa e quindi con pelo libero superiore in equilibrio con la pressione atmosferica.

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.

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA



Gli apporti idrici 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.

I livelli di falda in questa zona della depressione 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.).

5.0 ANALISI GEOTECNICA DELL'UNITA' DI SEDIME

La sequenza sedimentaria alluvionale Olocenica, che costituisce il substrato della struttura in progetto, può essere considerata, alla megascala, come un'unità litotecnica coerente, mediamente addensata, normalconsolidata (NC) e dotata di comportamento geomeccanico di tipo granulare-attritivo ma viene considerato operativo un contributo lieve di coesione fittizia dovuto all'interlock granulare indotto da adensamento sedimentologico tipico di tali terreni. Tale comportamento può essere considerato operativo sia nel breve che nel lungo periodo, in virtù della permeabilità medio-alta dell'unità litotecnica nel suo complesso.

In considerazione della ridotta entità delle tensioni di progetto ($q<0,8$ kg/cm^2), nonché del modesto scarico tensionale indotto dal limitato sbancamento prevedibile in fase di intercettazione del piano di fondazione, le analisi geotecniche che verranno proposte, volte al calcolo della portanza del piano di appoggio e/o alla verifica della stabilità locale dell'insieme terreno-fondazione, potranno essere sviluppate utilizzando le comuni metodologie di calcolo basate sul principio dell'equilibrio limite (teoria di Terzaghi).

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE
TERRENO DI FONDAZIONE: limi calcarei avana mediamente addensati
CONDIZIONI DI CONSOLIDAZIONE: unità litotecnica normalconsolidata (NC)
RAPPORTO DI CONSOLIDAZIONE: OCR=1
CONDIZIONI DEL SISTEMA TERRENO: consolidate/drenate (CD)

PARAMETRI GEOTECNICI DELL'UNITA DI SEDIME

- peso unitario di volume	$\gamma_n = 18,0$	kN/m^3	(1,8 t/m^3)
- coesione (CD)	c' = 5.0	kPa	(0.05 kg/cm^2)
- angolo di resistenza al taglio[1] (CD)	$\varphi' = 32$	°	
-permeabilità (coeff. di Darcy)	k > 10^{-3} cm/s		

[1] Il parametro in oggetto deve essere interpretato come pendenza media della curva inviluppante i punti a rottura sul piano di Mohr ($\sigma-\tau$) e non come coefficiente d'attrito tra i granuli del deposito fluviale clastico-terrigeno Olocenico.

6.0 TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

La presenza di un terreno di sedime di natura terrigena, dal comportamento geomeccanico di tipo granulare-attritivo, dotato di buone caratteristiche geotecniche, consentirà al progettista di poter adottare una qualsivoglia tipologia di fondazione superficiale (D/B ≤ 4).

I carichi della nuova struttura verranno scaricati in fondazione senza interessare le murature esistenti tramite nuove colonne in acciaio gravate da carichi verticale pari 4050 kg ciascuna.

Le fondazioni delle 10 colonne HEB 120 saranno costituite da cordolo continuo 30x40 cm in ca gettato in aderenza alle murature periferiche esistenti. Il singolo appoggio è realizzato con 4 bulloni HYLTHI. La pressione max. sul terreno esistente è di 0,6 Kg/cmq.

7.0 PORTANZA DEL PIANO DI FONDAZIONE

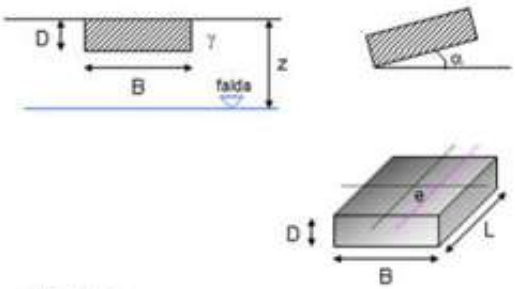
Il piano di fondazione è costituito, come detto, dall'unità litotecnica formata dalle alluvioni Oloceniche del Fiume Nera (limi calcarei avana mediamente addensati) e caratterizzata da comportamento geomeccanico di tipo granulare-attritivo.

La figura sotto riportata sintetizza le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

Calcolo della Capacità Portante di una fondazione superficiale

Caratteristiche e tipologia fondale:

B =	0,40	[m]
L =	4,00	[m]
D =	0,30	[m]
R =	0,00	[m]
e =	0,00	[m]
α =	0,00	[°]



Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione:

γ =	18,00	[kg / m³]
ϕ =	32	[°]
δ =	21	[°]
c =	0,05	[kg / cm²]
Kp =	3,255	
ca =	0,00	[kg / cm²]

Presenza della falda: NO

Z = 0 [m]

Fattore di sicurezza = 3

Il calcolo della capacità portante (q_d) e del carico ammissibile (q_a) del piano d'appoggio è stato eseguito, utilizzando la soluzione generale, fornita da Terzaghi (local shear, 1968) per fondazioni superficiali rettangolari (B x L) di incastro D all'interno del terreno di sedime.

La geometria delle strutture di fondazione sono quelle desstaglate nel precedente capitolo.

I parametri geotecnici utilizzati per i calcoli di portanza sono quelli attribuiti all'unità litotecnica alluvionale Olocenica, in quanto tale unità costituirà, come detto, il piano di appoggio per le fondazioni della struttura in progetto.

Il calcolo di portanza è stato condotto in termini di sforzi efficaci (condizioni consolidate-drenate) in quanto l'elevata permeabilità dell'unità di sedime (10^{-1} cm/s > k > 10^{-3} cm/s) consente di escludere l'eventuale presenza e/o azione di pressioni neutre sia nel breve che nel lungo termine a seguito di variazioni dello stato tensionale del sistema terreno-fondazione.

L'immagine sotto riportata riferisce i valori della capacita portante ammissibile (qamm) calcolata con vari metodi (Terzaghi, Meyerhoff, Brinch-Hansen, Eurocodice 7), da cui si evince che le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione sono idonee a sostenere i carichi imposti dall'intervento ingegneristico di restauro e risanamento conservativo della parte posteriore dell'edificio sopra citato.

· *Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione:*

γ =	18,00	[kg / m^3]
ϕ =	32	[°]
δ =	21	[°]
c =	0,05	[kg / cm^2]
Kp =	3,255	
ca =	0,00	[kg / cm^2]
β =	0,00	[°]

Falda Z = 0 [m]

Presenza della falda: **NO**

Fattore di sicurezza = 3

· *Metodo di calcolo proposto da* ***Terzaghi*** *(1943):* Fond. Tipo: **Nastriforme**

Nq =	28,517	Q =	35.687,66	[kg]	*capacità portante*
Nc =	44,036	Qult =	2,23	[kg / cm^2]	
Nγ =	36,888	Qamm =	0,74	[kg / cm^2]	

· *Metodo di calcolo proposto da* ***Meyerhof*** *(1963):*

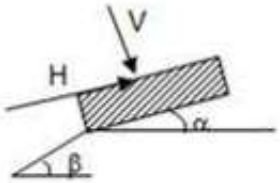
Nq =	23,177	Q =	38.806,99	[kg]	*capacità portante*
Nc =	35,490	Qult =	2,43	[kg / cm^2]	
Nγ =	22,022	Qamm =	0,81	[kg / cm^2]	

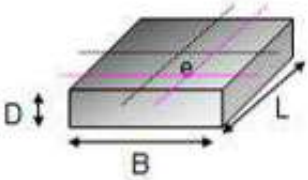
· *Metodo di calcolo proposto da* ***Brinch - Hansen*** *:*

Nq =	23,177	Q =	37.215,45	[kg]	*capacità portante*
Nc =	35,490	Qult =	2,33	[kg / cm^2]	
Nγ =	30,215	Qamm =	0,78	[kg / cm^2]	

· *Metodo di calcolo secondo l'****Eurocodice 7*** *(* ***Metodo EC7****):*

Nq =	23,177	Q =	46.252,82	[kg]	*capacità portante*
Nc =	35,490	Qult =	2,89	[kg / cm^2]	
Nγ =	27,715	Qamm =	0,96	[kg / cm^2]	



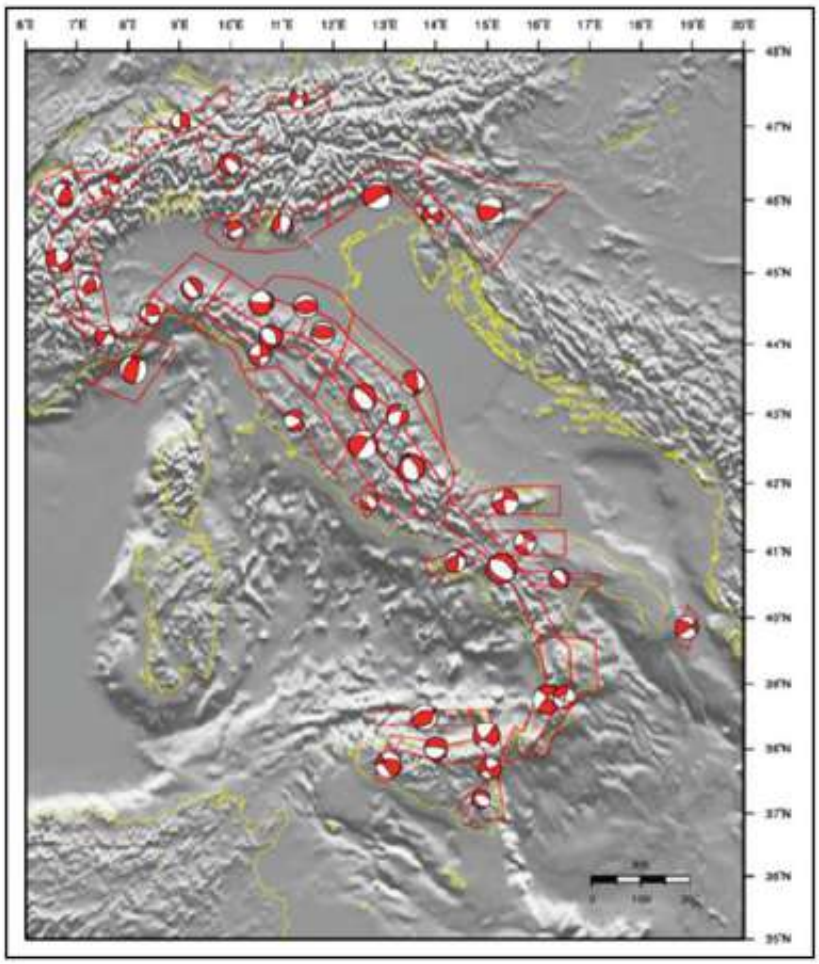


Si ricorda che il carico ammissibile (q_a) è stato ottenuto applicando alla capacità portante (q_d) un coefficiente di sicurezza pari a 3, in accordo al valore minimo prescritto dalla vigente normativa.

8.0 SISMICITÀ DELL'AREA

8.1 – MACROSISMICITÀ - CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE DELL'AREA

L'area in oggetto risulta inserita all'interno delle imponenti strutture sismo genetiche dell'Appennino centrale. L'attività sismica negli Appennini umbro-marchigiani manifesta un accoppiamento sincrono (o dualità) tra regimi distensivi e compressivi. I meccanismi focali dei terremoti in prossimità della costa adriatica mostrano tutti una componente compressiva preponderante (legata alla fase di migrazione verso est del wedge appenninico, ancora in atto) mentre i terremoti nella parte interna della catena, tra 50 e 150 km ad O della costa adriatica, sono di natura spiccatamente distensiva. L'Umbria in particolare risulta inserita nella fascia intermedia delle strutture appenniniche. I meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza di cinematismi di tipo dip-slip (distensivo) e anche con cinematica trastensiva (obliqua), ovvero distensiva ma con una componente trascorrente.

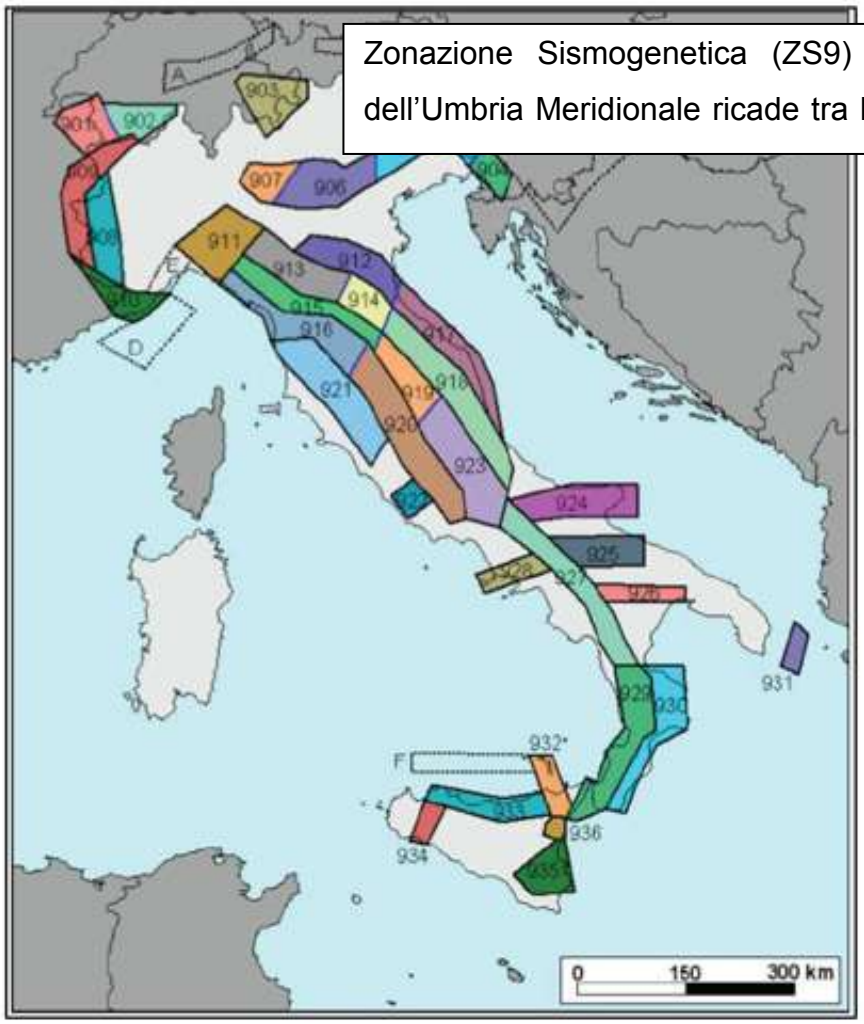


L'area oggetto di studio risulta inserita nella Zonazione sismo genetica ZS9 (Appennino settentrionale e centrale, ZS dalla 911 alla 923). La fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise veniva indicata in ZS4 come l'area con il maggior rischio di rilascio di energia dell'Appennino centro-settentrionale. Essa corrisponde al settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Tali faglie immergono verso NE nel settore compreso tra la Toscana settentrionale e l'Umbria settentrionale e verso SW nel settore che si estende dall'Umbria centrale fino a tutto l'Abruzzo. Questa fascia è stata suddivisa in tre zone (920, 919 e 923) che includono le Sorgenti sismo genetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici e paleosismici. Rispetto a ZS4, il nuovo assetto che deriva da questa proposta privilegia la continuità longitudinale delle strutture estensionali primarie.

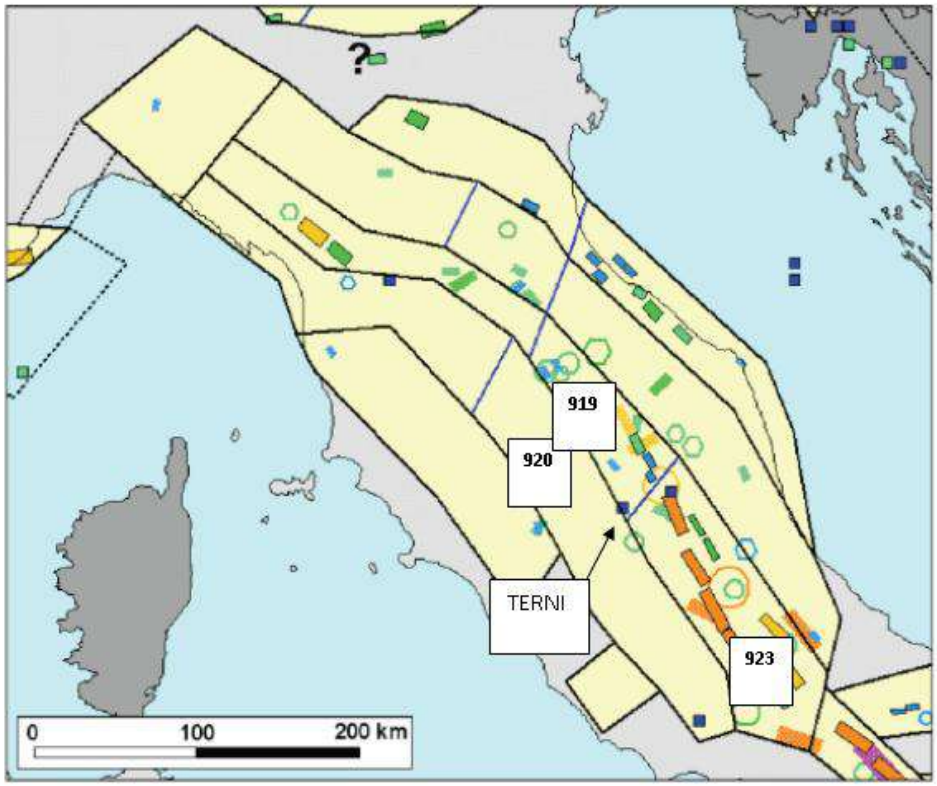
La suddivisione in tre zone è stata dettata da osservazioni prevalentemente di tipo sismologico. Nella zona più meridionale (923, a sud della Valnerina, che delimita difatto il confine tra la 919 e la 923) sono infatti presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654* e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono state ancora in grado di definire in modo univoco le corrispondenti sorgenti sismogenetiche.

In particolare nella zona 919 (Appennino Umbro) sono previste magnitudo (MW Magnitudo momento sismico) massime attese (cautelative) pari a 6,37 e nella zona 920 (Val di Chiana-Ciociaria) pari a 6,14. Marginalmente interessata, ma non per questo meno importante, è fra le altre la zona 923 (Appennino Abruzzese) ove la Magnitudo massima attesa (cautelativa) raggiunge valori di 7.06.

L'area del comune di Terni, rientra tra le zone 920 e 919; è comunque assai vicina alla zona 923, zona alla quale è attribuita, come detto, la massima pericolosità sismica dell'Italia Centrale.

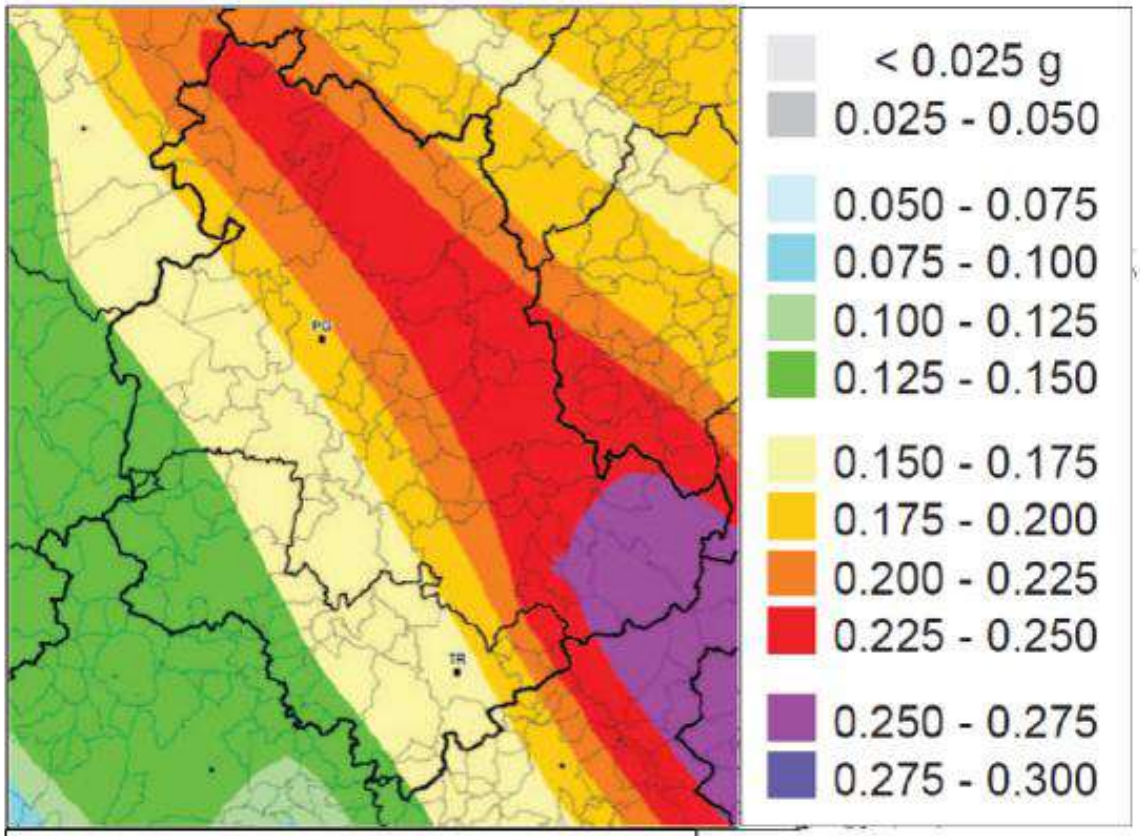


Zonazione Sismogenetica (ZS9) in Italia. L'area dell'Umbria Meridionale ricade tra le zone 918, 919,



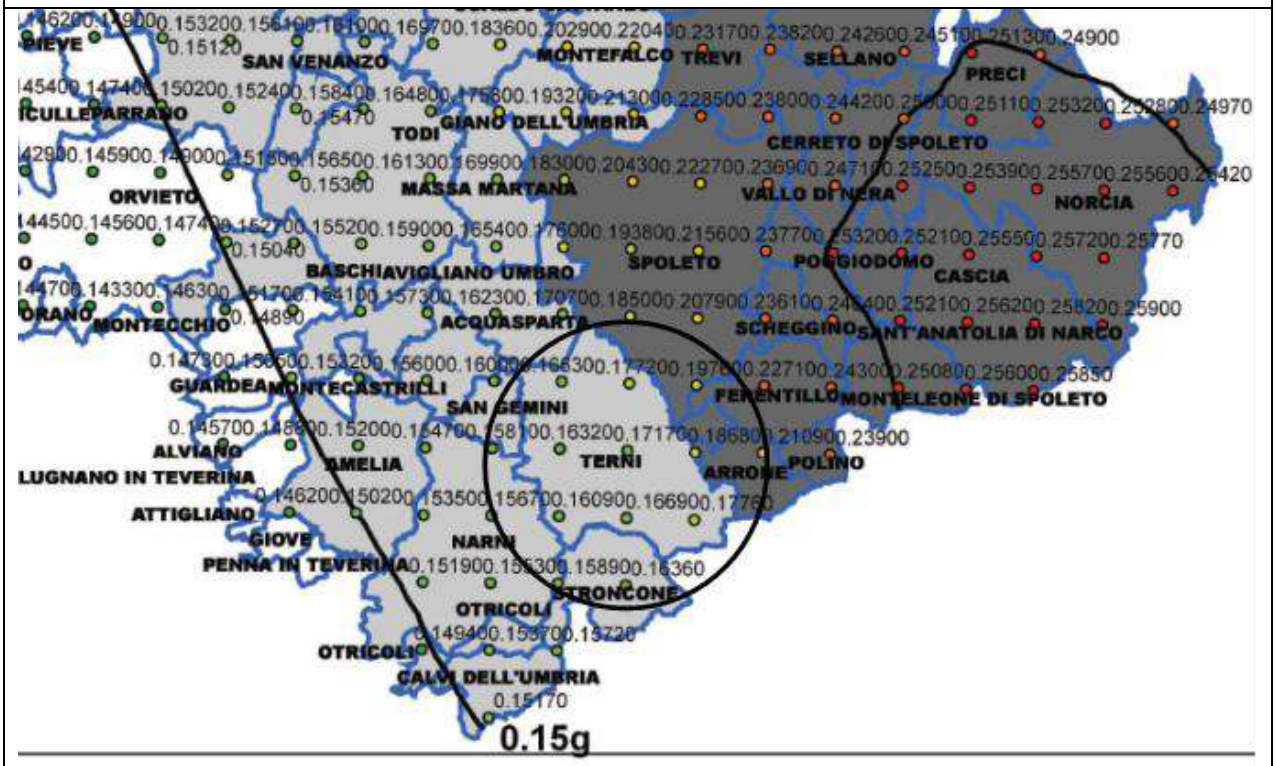
La Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale", espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a max), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi (Vs > 800 m/s, Cat. A). Su tale mappa (identica per l'Umbria a quella dell'OPCM n. 3274/03 e sotto riportata), l'isolinea della soglia d'ingresso in zona 2 (Ag475 > 0,15g) è unidirezionale, con orientamento N/NO-S/SE ed è posizionata immediatamente ad Ovest della Catena Narnese-amerina e del gruppo del Monte Peglia; invece l'isolinea d'ingresso in zona 1 (Ag475 > 0,25 g) è curvilinea, ha un andamento a semicerchio concavo verso S/SE ed è posizionata ad E/SE dell'allineamento F. Vigi - F. Nera.

APPENNINO SETTENTRIONALE E CENTRALE
DETTAGLIO DELLA ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9



Mappa di pericolosità sismica regionale

APPENNINO SETTENTRIONALE E CENTRALE
ZONAZIONE DELLE ACCELERAZIONI AL SUOLO ATTESE



8.2 - MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO

La zona è ubicata nel centro della città. La zona, dal punto di vista delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) e relative disposizioni del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, è definibile come “zona stabile suscettibile di amplificazione sismica per effetto litostratigrafico”.

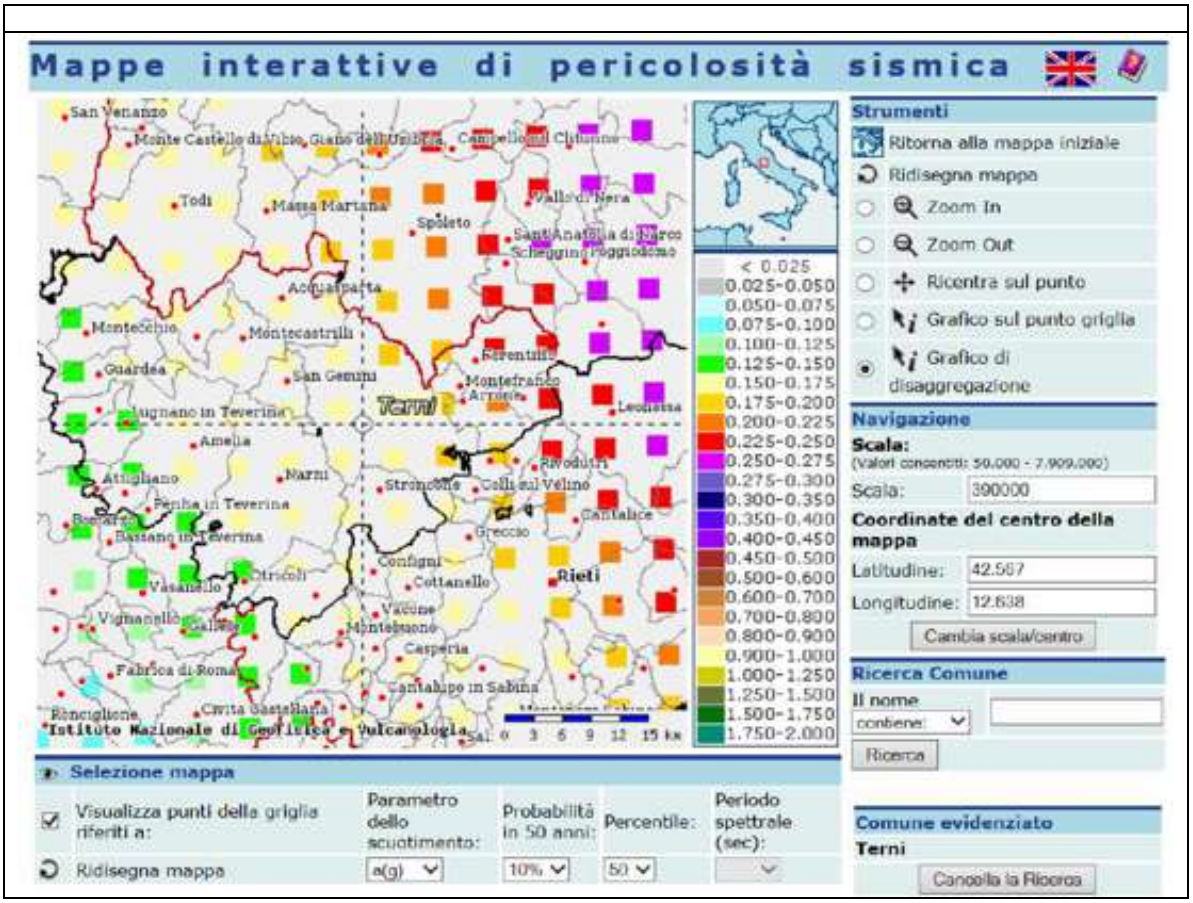
La geologia e l’assetto stratigrafico, infatti, vede una potente successione di sedimenti alluvionali recenti fino a circa -40 m dal p.c., ricoperti da uno spessore assai variabile di riporti antropici più superficiali.

Gli altri aspetti geologici, sia di natura idrogeologica, sia geomorfologica, vedono l’assenza di ulteriori condizioni negative. La falda idrica è posta a circa -16 m dal pc, con il corpo ghiaioso superiore come acquifero di riferimento per questa falda idrica freatica.

8.3 - MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO

La pericolosità sismica del sito è stata valutata sulla base di dati derivati da disaggregazione di pericolosità sismica, ottenuti dal i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desumibili ad esempio dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano (http://esse1-gis.mi.ingv.it), dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare il contributo di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito; fornisce, in termini di Magnitudo - R (distanza), il sisma che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) e tale terremoto è quello inteso come evento di magnitudo M e a distanza R che più contribuisce alla pericolosità sismica del sito in questione.



Il procedimento della disaggregazione sismica eseguito per la località Terni ha fornito i seguenti valori di Magnitudo attesa: M = 5.35, e distanza R = 12.5 Km, quindi la massima pericolosità è determinata da un potenziale terremoto con tempo di ritorno 50 Anni, con magnitudo **M = 5.35 e da una sorgente sismica a distanza R = 12.5 Km.**

8.4 - MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO

I parametri che quantificano la variazione del moto sismico in superficie sono stati determinabili con metodi semplificati. Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. Le amplificazioni sono espresse attraverso due fattori di amplificazione (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV). Nel seguito viene descritta una applicazione della metodologia riportata nel capitolo 2.5 delle linee guida del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, parte III (sett. 2008). Gli abachi allegati sono realizzati sintetizzando i risultati di analisi numeriche mono-dimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio effettuate con il programma SHAKE91 (Idriss e Sun, 1992). Tali analisi sono di tipo non lineare equivalente e sono condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente, poggianti su un semispazio.

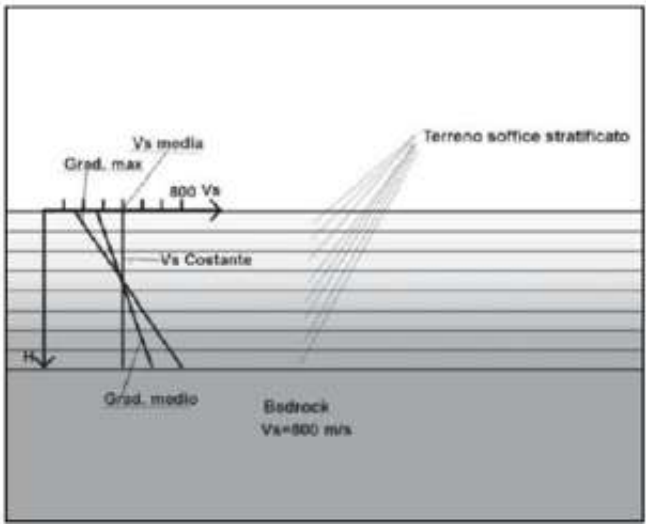


Figura 3.2.1 - Modello del sottosuolo e profili di velocità considerati.

8.4.1 - MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello di sottosuolo si riferisce a un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido avente Vs = 800 m/s (bedrock sismico). Il deposito, qualunque sia lo spessore complessivo, è stato diviso in 50 sublayer di spessore costante (es. se lo spessore totale del deposito è 25 m, lo spessore di ciascun sublayer è di 0.50 m; se lo spessore del deposito è di 100 m, lo spessore dei sublayer è di 2 m). Questa suddivisione consente di descrivere con sufficiente dettaglio la variazione del profilo di rigidezza dei terreni soffici lungo la verticale nel campo di profondità indagato per la redazione degli abachi. Tale condizione replica con buona fedeltà le condizioni stritimetriche e strutturali della depressione neotettonica ternana.

8.4.2 - SPESSORE DEL DEPOSITO

Lo spessore totale del deposito di terreni soffici (H) nell'area centrale della depressione tettonica Ternana varia nei calcoli da 5 a 150 m, per un totale di 19 valori:

H = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 m.

<u>Velocità media del deposito e profili di velocità</u>

La velocità equivalente del deposito di terreni soffici (VsH) copre l'intervallo tra 100 e 700 m/s per un totale di 10 valori:

VsH = 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700 m/s.

Per ognuno dei suddetti valori di velocità equivalente VsH, sono stati considerati 3 diversi profili di velocità per lo spessore del deposito (Figura 3.2.1):

•Profilo 1 - velocità costante (VsH) lungo tutto lo spessore del deposito

•Profilo 2 - velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo compatibile con i seguenti limiti:

− la Vs alla base del deposito non deve superare gli 800 m/s

− la Vs in superficie non deve essere inferiore a 50 m/s

Al fine di verificare che il gradiente determinato porti effettivamente alla velocità equivalente scelta, è stata utilizzata la seguente espressione che mette in

relazione la Vi (velocità dell'iesimo strato) con la VsH (velocità equivalente del deposito)

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,50} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

H è lo spessore totale del deposito e *hi* indica lo spessore (in metri) dello strato i-esimo, variabile come già scritto.

Un procedimento iterativo permette di risolvere l'equazione e di determinare quindi i valori di *Vi*.

• **Profilo 3 - profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i 2 precedenti.**

Per costruire il profilo 3 si determina la velocità del primo strato (*Vs*1,3) come media fra la velocità equivalente *VsH* e la velocità nel primo strato corrispondente al gradiente massimo, come desunta dal profilo 2 (*Vs*1,2).

$$V_{s1,3} = \frac{V_{sH} + V_{s1,2}}{2}$$

Si procede analogamente per l'ultimo punto del deposito determinando la velocità alla base Vs50,3. Si verifica quindi quale sia il valore della velocità equivalente VsH corrispondente al profilo ottenuto congiungendo il punto Vs1,3 con il punto Vs50,3.

Si ottiene in genere uno scarto che consente di stabilire se il valore di Vs50,3 debba essere aumentato o diminuito.

Si innesca quindi un ciclo iterativo che viene arrestato quando lo scarto fra due valori successivi di velocità equivalente è inferiore alla tolleranza assunta (0.25 m/s).

Velocità del bedrock sismico

La velocità del bedrock sismico è fissata sempre uguale a 800 m/s.

Peso per unità di volume

Il peso per unità di volume è stato considerato costante per il deposito e per tutto lo spessore è pari a 18.00 kN/m^3 , mentre è pari a 20 kN/m^3 per il bedrock sismico.

Litotipi e curve di decadimento

Per il deposito sono stati considerati, 3 litotipi diversi (argille, sabbie e ghiaie), a ciascuno dei quali sono state associate curve di decremento del modulo di rigidezza a taglio (G/G0) con la deformazione (γ) e curve di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione (γ) tratte dalla letteratura. In particolare, per le argille sono utilizzate le curve di Vucetic e Dobry (1991), relative ad argille con indice di plasticità del 50%; per le sabbie si utilizzano le curve "medie" di Seed et al. (1986); per le ghiaie le curve di Rollins et al. (1998).

Valore efficace della deformazione di taglio γ

Ai fini dell utilizzo delle curve di decadimento è stata assunta una deformazione efficace pari al 60% del valore di picco.

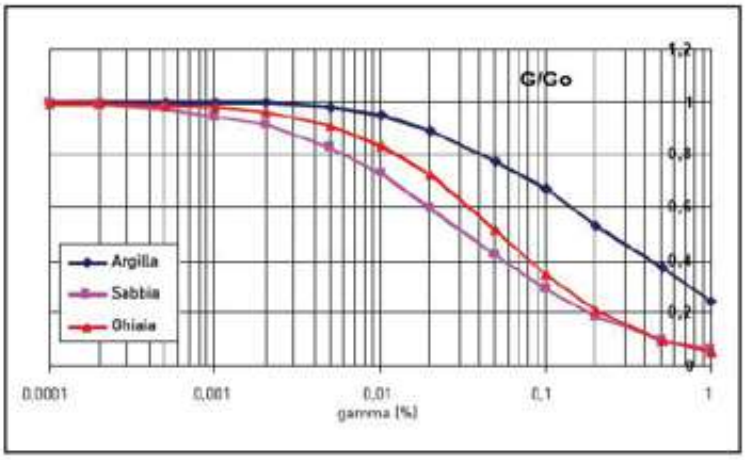


Figura 3.2-2 - Curve normalizzate di decadimento del modulo di taglio con la deformazione.

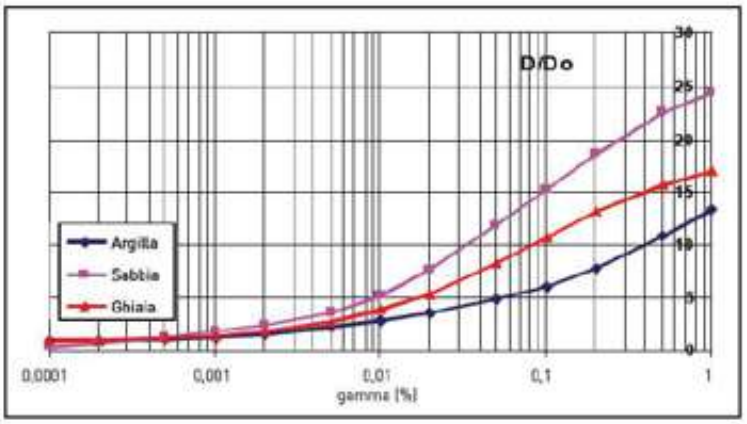


Figura 3.2-3 - Curve di variazione dello smorzamento relative al critico.

Come input per le simulazioni si sono utilizzati 7 accelerogrammi artificiali spettro-compatibili con spettri medi derivati da studi di pericolosità e riferiti a 3 livelli di sismicità con accelerazioni di picco al suolo di 0.06g (bassa sismicità), **0.18g (media sismicità)** e 0.26g (alta sismicità).

Per il l'area interessata dal progetto si sono utilizzati gli abachi di riferimento per la determinazione dei fattori di amplificazione orizzontale e verticale (vedi gli abachi di riferimento per il sito in esame, come sotto riportati).

I dati di imput secondo i quali si operata la successiva scelta dell'abaco di riferimento sono i seguenti.

Dati di imput

- Categoria di suolo di riferimento C (da NTC 2008)
- Situazione stratigrafica: depositi di limi calcarei avana mediamente addensati di età Pliocene Superiore – Pleistecene inferiore, **spessore di prima ipotesi 150 m**, poggiante su bedrock.
- Velocità media del deposito 400 m/s
- • Profilo 3 - profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra il profilo di velocità costante e il profilo a velocità massima.

$V_{sH =}$ H/hi/Vsi = 40 m/40/400 = 400 ms

Dove H spessore totale del deposito 0 150

Hi spessore dello strato iesimo (pari a = 15 m)

Vsi velocita dello strato iesimo = 400 m/s

- Velocità del bedrock sismico 800 m/s.
- Vs_{30} di prima ipotesi 400 m/s (Vs_{30} come da NTC 2008).
- Peso unità di volume: costante per il deposito di limi (pari a 18.00 kN/m^3) e per tutto lo spessore, mentre è pari a 20 kN/m^3 per il bedrock sismico.
- Litotipi e curve di decadimento, Valore efficace della deformazione di taglio γ come sopra indicato.
- livelli di sismicità con accelerazioni di picco al suolo pari a **0.18g (media sismicità), come per il comune di Terni.**

Fattore di amplificazione	**Tipo di terreno**	**a_g (g)**	**Profilo di velocità**
FA	Limo	0.18g	Lineare pendenza intermedia

		V_{sh} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.47	1.91	1.70	1.51	1.30	1.16	1.09	1.05	1.02	1.01
	10	-	2.39	2.14	1.79	1.56	1.38	1.26	1.18	1.08	1.03
	15	-	2.22	2.19	1.99	1.78	1.58	1.43	1.30	1.14	1.05
	20	-	1.90	2.08	1.99	1.80	1.65	1.50	1.38	1.19	1.07
	25	-	1.63	1.87	1.90	1.77	1.65	1.51	1.41	1.23	1.09
	30	-	1.57	1.68	1.73	1.71	1.61	1.51	1.40	1.22	1.10
	35	-	-	1.62	1.65	1.59	1.57	1.47	1.38	1.22	1.09
	40	-	-	1.60	1.59	1.53	1.47	1.43	1.35	1.21	1.09
	50	-	-	1.47	1.52	1.46	1.38	1.33	1.27	1.17	1.07
	60	-	-	1.37	1.47	1.42	1.35	1.29	1.23	1.13	1.04
	70	-	-	1.25	1.34	1.38	1.32	1.27	1.21	1.10	1.01
	80	-	-	1.13	1.26	1.29	1.29	1.23	1.19	1.08	1.00
	90	-	-	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.17	1.07	0.99
	100	-	-	1.02	1.13	1.19	1.19	1.19	1.15	1.06	0.98
	110	-	-	0.98	1.11	1.15	1.17	1.14	1.13	1.04	0.97
	120	-	-	0.92	1.06	1.11	1.11	1.12	1.09	1.03	0.96
	130	-	-	0.87	1.00	1.08	1.09	1.09	1.06	1.02	0.95
	140	-	-	0.85	0.96	1.04	1.06	1.07	1.05	0.99	0.94
	150	-	-	0.80	0.92	1.00	1.02	1.04	1.02	0.97	0.93

del deposito 150 m, profilo di velocità lineare a pendenza intermedia, Vs_h = 400 m/s, si ottengono per i soli effetti litostratigrafici un valore di Fattore di Amplificazione Fa orizzontale di 1.02 e dalla tabella successiva il valore di Fattore di amplificazione verticale Fv = 1.41.

Fattore di amplificazione	**Tipo di terreno**	**a_g (g)**	**Profilo di velocità**
FV	Limo	0.18g	Lineare pendenza intermedia

		V_{sh} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.25	1.10	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.73	1.22	1.12	1.08	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.36	1.73	1.36	1.18	1.12	1.08	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.70	2.15	1.66	1.38	1.21	1.14	1.10	1.05	1.02
	25	-	2.72	2.36	1.94	1.58	1.37	1.22	1.15	1.07	1.03
	30	-	2.67	2.51	2.07	1.74	1.50	1.33	1.21	1.10	1.04
	35	-	-	2.50	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.12	1.04
	40	-	-	2.44	2.25	1.93	1.66	1.47	1.33	1.15	1.05
	50	-	-	2.34	2.19	1.98	1.78	1.59	1.42	1.20	1.08
	60	-	-	2.19	2.11	1.95	1.76	1.61	1.47	1.23	1.09
	70	-	-	2.14	2.00	1.89	1.75	1.60	1.46	1.24	1.10
	80	-	-	1.99	1.96	1.81	1.69	1.58	1.46	1.26	1.11
	90	-	-	1.87	1.89	1.75	1.63	1.54	1.45	1.25	1.11
	100	-	-	1.85	1.81	1.72	1.59	1.50	1.41	1.25	1.11
	110	-	-	1.83	1.72	1.66	1.56	1.47	1.38	1.24	1.10
	120	-	-	1.81	1.69	1.63	1.53	1.43	1.36	1.21	1.08
	130	-	-	1.76	1.67	1.55	1.50	1.41	1.33	1.20	1.06
	140	-	-	1.73	1.67	1.55	1.45	1.40	1.30	1.18	1.06
	150	-	-	1.71	1.65	1.53	1.41	1.36	1.28	1.16	1.05

Tabella 3.2 2 - Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

	V_{sH} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.6	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

E' inoltre possibile verificare le categorie di sottosuolo in funzione di Vs30, per il profilo a pendenza intemedia scelto per questo caso di analisi (vedi tab. 3.2.4 a seguire)

Tabella 3.2 4 - Categorie di sottosuolo in funzione dei valori di V_{s30} definiti nella Tabella 3.2 2 (profilo con pendenza intermedia).

	V_{sH} (m/s)									
H	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	D	C	C	C	C	B	B	B	B	B
40	D	C	C	C	C	B	B	B	B	B
50	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
60	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
70	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
80	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
90	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
100	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
110	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
120	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
130	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
140	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B
150	D	D	D	C	C	C	B	B	B	B

I valori dei fattori di amplificazione sopra determinati sono ovviamente da considerarsi di primo riferimento, considerando che sono state fatte assunzioni sugli spessori e velocità del deposito limoso che può ovviamente variare in funzione dello stato di addensamento.

8.5 - PARAMETRI SISMICI DI PROGETTO

La Deliberazione della Giunta Regionale n°. 1111 (Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria) del 18 settembre 2012 ha confermato il territorio comunale di Terni in "ZONA 2".

L'intervento in progetto comporterà, come già evidenziato, la rimozione di una modesta massa terrigena e la realizzazione delle strutture di fondazione delle nuove colonne portanti della parte di edificio da risanare.

La protezione sismica dovrà tenere in considerazione i seguenti parametri:

AZIONI SISMICHE		
Accelerazione orizzontale massima:		a_g = 0,25 g
Fattore di Amplificazione Fa orizzontale = 1.02 Fattore di amplificazione verticale Fv = 1.41		
CATEGORIE DI SOTTOSUOLO		
Categoria suolo di fondazione:	**C**	depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza
CONDIZIONI TOPOGRAFICHE		
T2 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≥ 15°		

9.0 CONCLUSIONI

Lo studio geomorfologico del sito rilevato ha consentito di escludere la presenza di elementi fisiografici che possano ostacolare o sconsigliare l'intervento in progetto. L'area in cui si inserisce il sito in esame appare subpianeggiante, stabile e priva di fenomeni erosivi di tipo areale e/o lineare.

L'indagine geotecnica parimenti ha evidenziato la presenza di terreni di sedime di natura alluvionale (limi calcarei avana, mediamente addensati), a comportamento granulare-attritivo, dotati di buone caratteristiche geotecniche, idonei, in ogni caso, a sostenere sollecitazioni ben più spinte rispetto a quelle previste dal progetto in questione.

Lo scrivente pertanto esclude la presenza di elementi geomorfologici, geologico-strutturali e geotecnici che possano ostacolare la realizzazione dell'opera in progetto.