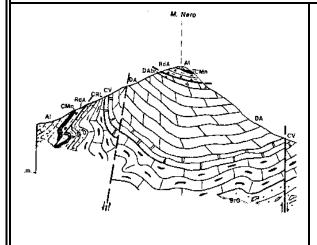
REGIONE UMBRIA PROVINCIA DI TERNI COMUNE DI TERNI

MICROZONAZIONE SISMICA AD INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

A CORREDO DI UN PIANO ATTUATIVO PER LA REALIZZAZIONE DI FABBRICATI IN LOCALITA' TOANO ZONA C – VERDE URBANO B (CB)





Dott. F.Sabatini & Dott. T.Uffreduzzi
TERNI 05100 - Via Francesco Rismondo 19
tel. +39074458096 - CF e PI 00637290552

sga@geoass.eu sga@professionistipec.it www.geoass.eu

Maggio 2014

IL TECNICO

I COMMITTENTI

Dott. Geol. Tonino Uffreduzzi

Schiarelli Luana De Rinaldis Irma Troncalupi Primo



INDICE

1.	PREMESSA	. 2
2. 9	SISMICITA' DELL'AREA	.3
:	2.1. Sismicità storica	3
:	2.2. Zonazione sismica	3
:	2.3. Stima della magnitudo attesa	3
:	2.4. Pericolosità sismica di sito	. 4
3.	MICROZONAZIONE SISMICA	3 3 3 3 4 5 6 6 per il sito in oggetto 7 1 9 2 11 6 11 6 22ione sismica locale Fa ed Fv con 12 6 12 7 14 7 16 7 16 7 16 7 17 7 1 9
;	3.1. Microzonazione sismica pregressa per il sito in oggetto	7
;	3.2. Microzonazione sismica di livello 1	. 9
;	3.3. Microzonazione sismica di livello 2	11
	3.3.1. Profili sismostratigrafici	11
	3.3.2. Valutazione dei Fattori di amplificazione sismica locale Fa ed Fv con	
	l'uso degli abachi	12
	3.3.3. Carta delle Microzone - livello 2	12
;	3.4. Microzonazione sismica di livello 3	13
	3.4.1. Analisi lineare monodimensionale e codici di calcolo	14
	3.4.2. Moto di input	16
	3.4.3. Profili sismostratigrafici e curva di decadimento	19
	3.4.4. Risultati della modellazione	21



1. PREMESSA

Per conto dei Sig.ri Schiarelli Luana, De Rinaldis Irma e Troncalupi Rino è stato effettuato lo studio geologico e geomorfologico di un'area sita in loc. Toano nel territorio del Comune di Terni (Tr), all'interno del Foglio catastale n. 73 particelle nn.1067, 1069, 1071, 1264, 1338 e 1340, ove è in atto un Piano Attuativo per la realizzazione di alcuni fabbricati in zona C - Verde urbano B (CB).

Lo studio è stato finalizzato alla redazione di una "Integrazione alla Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica" già redatta in data Novembre 2010, ai fini dell'acquisizione del parere previsto dall'Art.24 della L.R. 11 del 22/2/2005.

L'integrazione si è resa necessaria per soddisfare quanto previsto con l'entrata in vigore della D.G.R. n.377 del 8/03/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica".

Il presente elaborato è da considerarsi a complemento e completamento di quanto già contenuto nella Relazione Geologica redatta in data Novembre 2010 il cui contenuto è integralmente richiamato e ad essa va fatto riferimento per quanto qui non riportato.

Pagina 2 di 24 Microzonazione PA Toano



2. SISMICITA' DELL'AREA

2.1. Sismicità storica

Da uno studio storico della sismicità dell'area, si può dedurre che essa è inserita in un settore sottoposto ad un'attività sismica abbastanza frequente.

Essa si trova, infatti, compresa tra zone definite sismogenetiche (Valnerina, piana di Rieti-valle del Velino), essendo stata interessata principalmente da terremoti appartenenti al VI° grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), subordinatamente da terremoti che hanno raggiunto intensità superiori.

Nel catalogo sismico, sono riportati terremoti avvenuti con epicentro nella zone di Piediluco, Leonessa, Sellano aventi VIIIº grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg).

2.2. Zonazione sismica

Per quanto riguarda le prescrizioni per le zone sismiche e l'applicazione delle norme e dei requisiti costruttivi previsti dalla normativa vigente, si ricorda che il territorio del Comune Terni è classificato avente grado di sismicità S=9 in base ai Decreti fino al 1984 ed in zona 2 in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.

2.3. Stima della magnitudo attesa

In base alla procedura, di cui al paragrafo 2.8.2. degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile", considerando la zona sismogenetica più vicina al sito in esame, utilizzando il database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) 3.1.1, è rappresentata da quella del Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037), dove l'evento sismico atteso risulta avere una Magnitudo max pari a 6.2, con una distanza epicentrale dal centro della zona sismogenetica di c.a. 19.20 km, l'accelerazione massima al suolo è pari a 0.128, e la magnitudo attesa per il sito in

Pagina 3 di 24 Microzonazione PA Toano



oggetto stimata mediante la formula (Sabetta e Pugliese, 1987) Ms=1+3log(R) è pari a 4.85.

2.4. Pericolosità sismica di sito

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR) nella vita di riferimento (VR) della costruzione; essa è rappresentata da:

- accelerazione orizzontale di picco attesa, ag, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale;
- spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido (suolo A) con superficie topografica orizzontale.

In Italia la "pericolosità sismica di base" è stata definita su tutto il territorio nazionale dall'INGV attraverso un reticolo di riferimento con maglia avente passo < 10 km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi inclusi.

Il calcolo è stato svolto utilizzando il classico metodo probabilistico di *Cornell* (1968) con un approccio ad "albero logico" a 16 rami assumendo:

- distribuzione di Poisson per descrivere processo di accadimento temporale dei terremoti;
- catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04;
- zonazione sismogenetica ZS9 con sorgenti sismiche a tasso di sismicità uniforme;
- relazioni di attenuazione: Sabetta e Pugliese (1996),
 Ambraseys et al. (1996) e due leggi regionali.

La pericolosità sismica di "base" è definita al sito specifico, nel § 3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al D.M. 14/01/2008 attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

 accelerazione orizzontale di picco attesa ag in condizioni di campo libero su suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A);



 parametri F0 e TC* dello spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

Sito in esame	latitudine		longitudine	Classe	Vita nominale
Sito ili esaille	42,	,582988	12,672406	2	50
	N°	ID	latitudine	longitudine	distanza
	1	25406	42,5815	12,6073	5331,3
Siti di riferimento	2	25407	42,5820	12,6752	2546.3
	3	25185	42,6320	12,6746	5455,1
	4	25184	42,6315	12,6067	7619,3

Parametri sismici	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Prob. sup. (%)	81	63	10	5
Tr (anni)	30	50	475	975
Ag (g)	0,060	0,074	0,175	0,219
Fo	2,500	2,480	2,442	2,478
Tc* (s)	0,270	0,281	0,324	0,336

Pagina 5 di 24 Microzonazione PA Toano



3. MICROZONAZIONE SISMICA

La microzonazione sismica a supporto della pianificazione urbanistica è stata introdotta per i comuni umbri con il DGR 226/2001, che obbligava alla redazione di studi di microzonazione sismica a corredo dei Piani Regolatori Generali, in particolare a supporto del PRG strutturale, dovevano essere redatte, per i comuni a medio-basso livello di pericolosità sismica:

- a) cartografie generali, per tutto il territorio comunale (Carta Geologica, Carta Geomorfologica, Carta Litotecnica, Carta delle zone suscettibili di amplificazioni o instabilità dinamiche locali);
- approfondimento di indagine nelle aree da urbanizzare (zone C, zone D e nelle aree destinate ad edifici di interesse pubblico/strategici) anche con l'esecuzione di indagini in sito ad hoc;
- c) MZS con modellazione a supporto dei Piani Attuativi.

La DGR 377/2010 della Regione Umbria ha ridefinito gli studi di Microzonazione Sismica, recependo le Linee Guida redatte della Protezione Civile ed approvate dalla Conferenza Stato-Regioni, stabilendo tre livelli di microzonazione, progressivi:

- LIVELLO 1 qualitativo, prevalente cartografico con dati di bibliografia;
- LIVELLO 2 quali-quantitativo, cartografico con il supporto di indagini geofisiche e valutazioni numeriche dell'amplificazione sismica;
- LIVELLO 3 quantitativo, è di fatto la valutazione della Risposta Sismica Locale del sito prevista dalle Norme Tecniche Costruzioni del 2008.

Pagina 6 di 24 Microzonazione PA Toano



3.1. Microzonazione sismica pregressa per il sito in oggetto

L'analisi degli strumenti di microzonazione sismica, disponibili e già approvati, ha messo in evidenza la presenza delle carte di suscettibilità in prospettiva sismica elaborate dalla Regione Umbria, dei cui contenuti si è debitamente tenuto conto nell'ambito del presente lavoro, seppure si ritiene che essi non siano conformi con quanto previsto dalle Linea Guida della Protezione Civile contenenti gli Indirizzi e Criteri per gli Studi di Microzonazione Sismica.

Nell'ambito del vigente PRG di Terni sono stati eseguiti studi di microzonazione sismica di cui ai precedenti punti, i principali risultati sono illustrati nelle cartografie: Elaborato 4.6c – Carta di suscettibilità sismica e/o di instabilità dinamiche locali, C.T.R. 347010, ed Elaborato 4.6e – Carta della pericolosità sismica, C.T.R. 347010, i cui stralci sono riportati nell'elaborato allegato.

Dal punto di vista della suscettibilità sismica l'area del Piano Attuativo ricade in "ZONA STABILE O NON SUSCETTIBILE"; nella carta delle pericolosità a tale area viene associata una classe di amplificazione sismica locale bassa o nulla (A).

Come di evince dalla cartografia di pericolosità sismica di cui sopra il P.A. ricade in adiacenza ad un settore denominato "Terni Est" già oggetto di studi specifici di microzonazione sismica da parte della Regione Umbria completi di modellazione sismica; tali studi sono stati poi assimilati dalla D.G.R. n.377 del 8/03/2010, al livello 3 di Microzonazione Sismica.

Da tale modellazione, che si riporta in stralcio, e dalla relazione ad esso allegata si evince che:

- l'intera area del Piano Attuativo ricade nel settore orientale (destra orografica del Fiume Nera) dell'area di modellazione denominata "Terni Est";
- In tale area sono state modellate 11 sezioni verticali corrispondenti a diverse situazioni litostratigrafie tra le quali quella denominata San Bartolomeo (SB) presenta forti

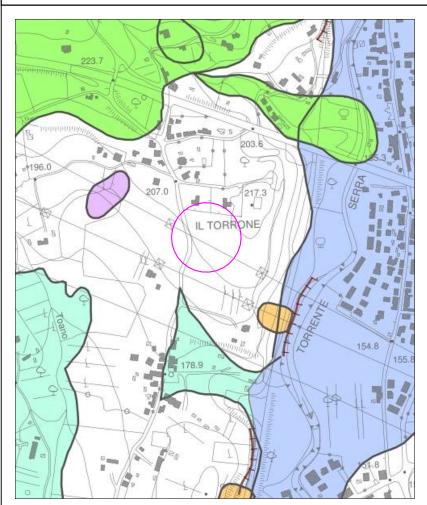


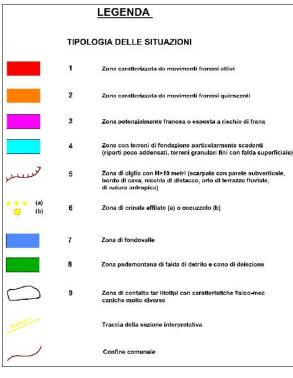
- analogie con il modello sismostratigrafico attribuibile all'rea del Piano Attuativo.
- le risultanze emerse dalla modellazione per la verticale San Bartolomeo (SB) sono valori del Fa per l'intervallo di periodo di 0.1-0.5s pari a 1.22 e valore di Fa per l'intervallo di periodo di 0.1-2.5s pari a 1.66.

Per quanto sopra descritto ed in base alle risultanze delle indagini geognostiche e sismiche eseguite, si è ritenuto non possibile ascrivere l'area del piano attuativo alla modellazione già eseguita in quanto il modello simostratigrafico locale è risultato diverso, si è ritenuto pertanto necessario redigere nell'ambito del presente lavoro ulteriori studi di approfondimento della Microzonazione sismica, in particolare di livello 2 e 3, ai sensi della D.G.R. n.377 del 8/03/2010.

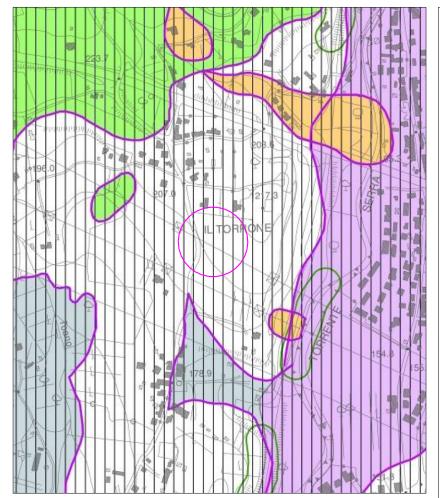
Piano Attuativo - Località Toano - Comune di Terni

STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA - studi pregressi





Stralcio Elaborato 4.6c - Carta della Suscettibilità sismica - Studi di Microzonazione sismica PRG





Fattori di Amplificazione Fa - AREA TERNI EST - settore orientale Studi di Microzonazione sismica PRG - Modellazione sismica Regione Umbria - LIVELLO 3

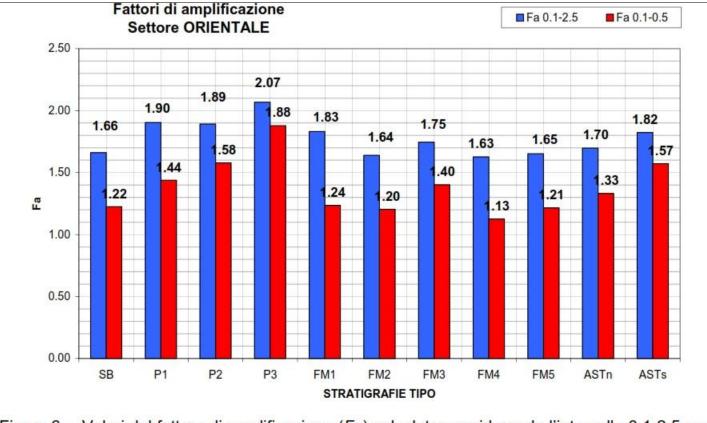


Figura 6 – Valori del fattore di amplificazione (Fa) calcolato considerando l'intervallo 0.1-2.5 s e l'intervallo 0.1-0.5 s per il settore orientale di TERNI EST

Stralcio Elaborato 4.6e - Carta della Pericolosità sismica - Studi di Microzonazione sismica PRG

Elaborato 1

SGA Geologi Associati

scala varia

Dott. F.Sabatini & Dott. T.Uffreduzzi
TERNI 05100 - Via Francesco Rismondo 19
tel. +39074458096 - CF e PI 00637290552
sga@gecoass.cu sga@professionistipec.it www.gecoass.cu



3.2. Microzonazione sismica di livello 1

Pur tenendo conto delle cartografia di pericolosità sismica esistenti, già descritte nel precedente capitolo, si è ritenuto utile redigere una cartografia delle microzone omogenee ad un scala di maggior dettaglio.

La Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è stata redatta per l'intera area interessata e si avvale sia delle informazioni tratte dalle fonti bibliografi che di quelle descritte nei paragrafi precedenti.

Inoltre sono state consultate su aspetti specifici fonti istituzionali quali il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, per quanto riguarda le instabilità dei versanti e il database Ithaca per ciò che concerne la presenza di faglie attive e capaci.

All'interno del settore studiato non sono state individuate zone stabili (S), cioè costituite dalla presenza in affioramento di substrato sismico.

Nelle aree esaminate sono state individuate due zone suscettibili di amplificazioni locali (SA), di seguito descritte:

- **ZSA1**: corrispondente al settore SudOvest dell'area di piano, con una situazione stratigrafica di "Sabbia e sabbia limosa con ciottoli" di spessore medio di 1.0 metri, poggiante su "Conglomerato alterato", di spessore medio di 4.0 metri, poggianti a loro volta su "Conglomerato integro", con spessore di c.a. 15 metri, mentre in profondità il conglomerato si presente maggiormente cementato e ne è stat accertata la presenza sino a c.a. 85 metri di profondità dal piano campagna.
- ZSA2: corrispondente al settore NordEst dell'area di piano, con una situazione stratigrafica di "Sabbia e sabbia limosa con ciottoli" di spessore medio di 1.0 metri, poggiante su ""Conglomerato integro", con spessore di c.a. 18 metri, mentre in profondità il conglomerato si presente maggiormente cementato e ne è stata accertata la presenza



sino a c.a. 85 metri di profondità dal piano campagna.

Nell'area indagata e per un significativo intorno, non sono state riscontrate:

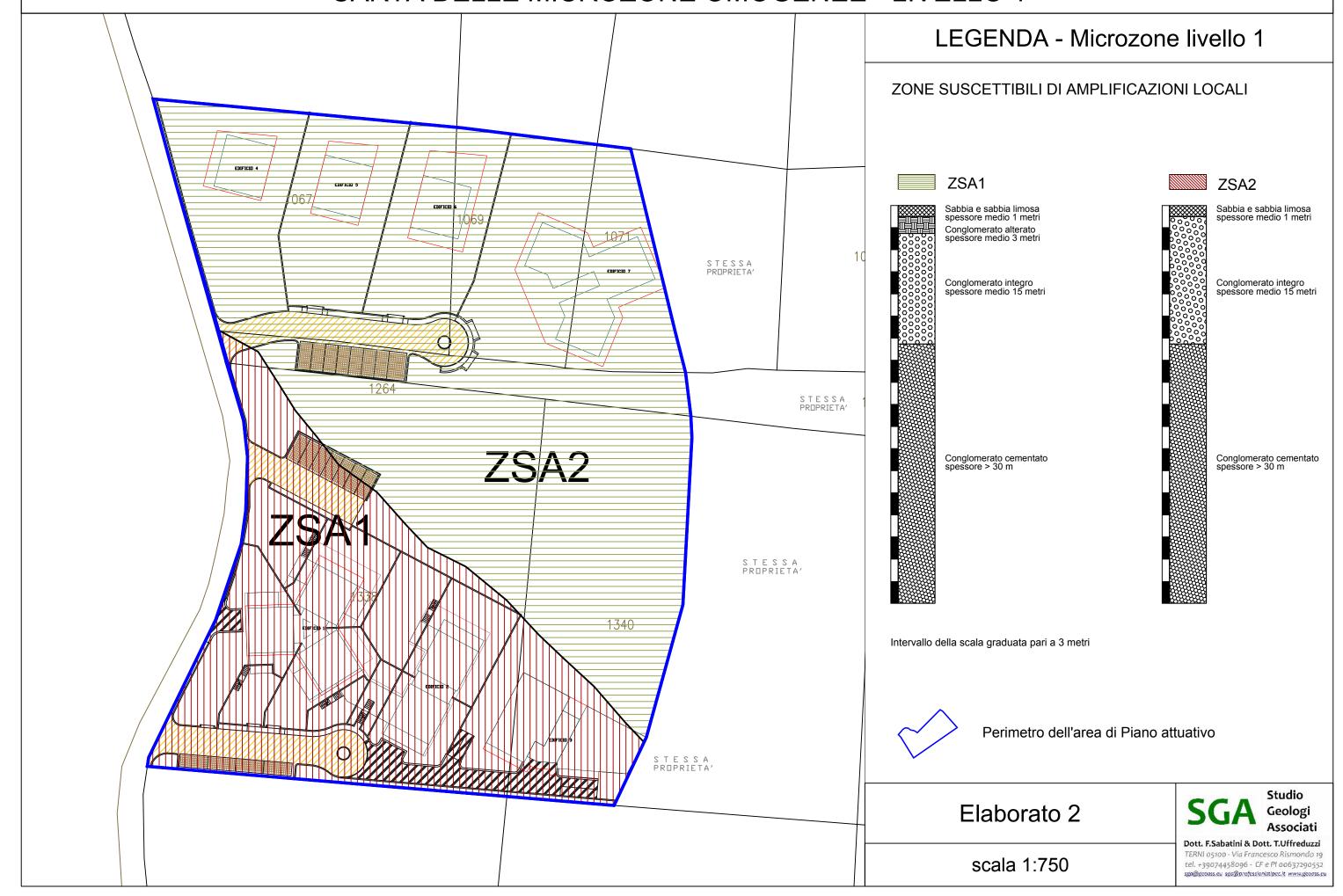
- zone suscettibili di instabilità (aree interessate da instabilità di versante);
- forme di superficie in grado di avere un effetto di amplificazione sismica cioè scarpate morfologica con altezza compresa tra 10 e 20 metri o maggiore di 20 metri;
- "faglie attive e capaci", in base a quanto emerso dalla consultazione del database Ithaca, in quanto la più vicina si trova a Sud del piano attuativo ad una distanza dal punto più vicino di c.a. 115 metri.

Nell'elaborato "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - livello 1" è riportatala suddivisione in MOPS ed i relativi profili stratigrafici.

Pagina 10 di 24 Microzonazione PA Toano

Piano Attuativo - Località Toano - Comune di Terni

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE - LIVELLO 1





3.3. Microzonazione sismica di livello 2

Ai fini della corretta esecuzione delle valutazioni di microzonazione sismica di livello 2, sono stati utilizzati i dati derivanti dalle indagini sismiche appositamente eseguite nell'area dallo Scrivente; si tratta di indagini di tipo geofisico comprendenti prove di sismica attiva e misure di sismica passiva.

Nell'elaborato Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - livello 2, sono riportati i due profili sismostratigrafici elaborati, con l'attribuzione delle velocità delle onde sismiche S per ciascun strato di terreno e perimetrate le Microzone omogenee di livello 2.

3.3.1. Profili sismostratigrafici

In base alle conoscenze di dettaglio acquisite con le indagini appositamente eseguite sono stati elaborati due profili sismostratigrafici, a cui possono essere schematicamente ricondotte tutte le situazioni sismostratigrafiche dell'area ricompresa nel piano attuativo.

Profilo sismostratigrafico A (psA)						
Profondità (m)	Litologia	Spessore (m)	γ (kN/m3)	Vs (m/sec)		
0 - 1.0	Sabbia e sabbia limosa	1.0	16	100		
1.0 - 4.0	Conglomerato alterato	3.0	19	400		
4.0 - 19.0	Conglomerato integro	15.0	21	550		
19.0 - 85	Conglomerato cementato	66.0	22	750		
85 in poi	Substrato sismico	-	24	1300		

Profilo sismostratigrafico B (psB)					
Profondità (n	n) Litologia	Spessore (m)	γ (kN/m3)	Vs (m/sec)	
0 - 1.0	Sabbia e sabbia limosa	1.0	16	100	
1.0 - 19.0	Conglomerato integro	18.0	21	550	
19.0 - 85	Conglomerato cementato	66.0	22	750	
85 in poi	Substrato sismico	-	24	1300	

Pagina 11 di 24 Microzonazione PA Toano



La posizione del substrato è stata cautelativamente posta ad 85 metri dal p.c. profondità indagata dal sondaggio disponibile che intercetta conglomerato sino a fondo foro; nella microzonazione Regione Umbria-Comune di Terni il substrato viene posto per tutto il settore a c.a. 130 metri di profondità, ma tenuto conto dei valori di Vs del conglomerato cementato prossimi agli 800 m/s, ai fini della modellazione tale profondità non risulta influente.

Per i punti di misura delle Vs, in carta è stata riportata la Vs30 come valutazione generale, in quanto la Vsh, dove h è la profondità del substrato sismico, vista la presunta ed elevata profondità di quest'ultimo, non è stata valutata.

3.3.2. Valutazione dei Fattori di amplificazione sismica locale Fa ed Fv con l'uso degli abachi

In accordo con quanto previsto dalle LGMS-DPC per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica locale si sarebbero dovuti utilizzare gli abachi.

Gli abachi sono di difficile utilizzo in alcune condizioni stratigrafiche dove le velocità sono crescenti negli strati più profondi con un eccessivo o basso gradiente.

Lo scrivente ritiene quindi più corretto che per la determinazione dei Fattori di Amplificazione si esegua una modellazione sismica tipica del livello 3 di microzonazione.

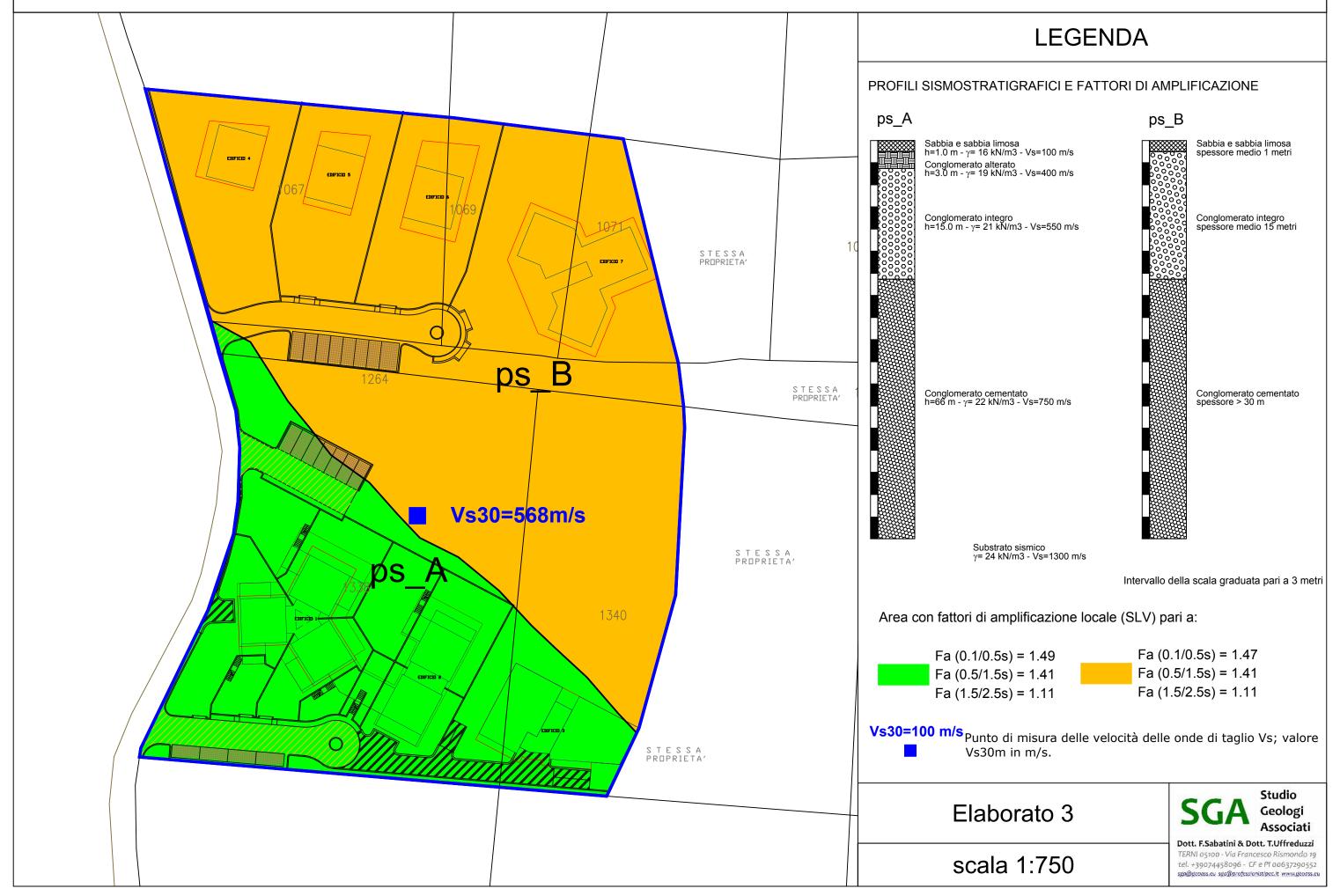
3.3.3. Carta delle Microzone - livello 2

La carta delle microzone sismiche di livello 2, individua aree ascrivibili ad analoghe condizioni di amplificazione sismica locale, intese in senso quantitativo, mediante la valutazione eseguita con i valori di Fa sono quelli che derivano dalla modellazione sismica numerica di livello 3 descritta nel prossimo paragrafo; in quanto si rientra nelle condizioni limite di applicabilità degli abachi nazionali della Protezione Civile.

Le aree in oggetto sono quindi zonate in funzione della loro appartenenza a profili simografici omogenei ed attribuiti dei set di valori di Fa.

Piano Attuativo- Località Toano - Comune di Terni

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE-LIVELLO 2 (Profili sismostratigrafici e fattori di amplificazione sismica locale da modellazione)





3.4. Microzonazione sismica di livello 3

La modellazione sismica di livello permette di definire la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito.

Essa si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito (outcrop) e quello che si osserverebbe, per lo stesso evento sismico, su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale (bedrock).

Per ottenere risultati significativi dall'analisi numerica è necessario realizzare una ricostruzione geometrica del sottosuolo, effettuata sulla base delle conoscenze geologiche dell'area e da specifiche indagini, quali rilevamento di superficie, indagini geognostiche dirette (sondaggi stratigrafici) o indirette (sismiche).

Tali conoscenze permettono di definire la geometria del sottosuolo, da cui è possibile individuare il modello geometrico mono, bi o tridimensionale da usare nelle analisi, e la profondità del substrato roccioso a cui applicare il moto di input.

Successivamente va definito il moto di input, che rappresenta il segnale sismico al bedrock, la cui ampiezza e il cui contenuto in frequenza dipendono dalle caratteristiche del meccanismo della sorgente sismica, dalla magnitudo e dal percorso sorgente-sito compiuta dalle onde sismiche.

La definizione dei parametri geotecnici (proprietà fisicomeccaniche dei materiali presenti nell'area di studio) sono state ottenute attraverso prove in sito e prove di laboratorio per le quali si rimanda.

Per eseguire modellazioni numeriche la scelta del programma di calcolo è di fondamentale importanza e deve essere commisurata al grado di dettaglio acquisito in merito ai cosiddetti parametri di input dell'analisi (geometria e stratificazione del sottosuolo, proprietà dei materiali e moto sismico).

Al termine del procedimento possono aversi due tipologie di risultati:



- una funzione che rappresenti istante per istante il moto sismico al suolo, come lo spettro di risposta di accelerazione, in funzione di un dato valore dello smorzamento strutturale;
- una grandezza scalare che quantifichi l'effetto di amplificazione locale presente al sito, inteso come il rapporto tra lo spettro di risposta in accelerazione al suolo ed il corrispondente spettro del segnale di input, calcolata per predeterminati intervalli di periodo di vibrazione.

3.4.1. Analisi lineare monodimensionale e codici di calcolo

I programmi di calcolo 1D sono validi per modellare situazioni piano-parallele a uno o più strati, considerando una colonna verticale monodimensionale e ipotizzando lateralmente omogenea la stratigrafia presente ai lati della verticale di analisi; per tali situazioni è lecito pertanto considerare la sola dimensione della profondità, trascurando le altre due dimensioni.

Le situazioni riconducibili a uno schema monodimensionale, sono le aree centrali di estese valli alluvionali superficiali (con rapporto H/L < 0.25 ove H è la profondità massima e L è la distanza dal centro a uno dei due bordi, nell'ipotesi di valle simmetrica). Le principali cause dell'amplificazione del moto sismico sono il contrasto di impedenza fra i vari strati del terreno, tra essi e il basamento roccioso e il fenomeno della risonanza, determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito.

Con la procedura di calcolo è possibile "trasferire" l'accelerogramma di input, dal bedrock in superficie infatti la deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica.

I codici di calcolo commerciali consentono di effettuare analisi numeriche a differente grado di complessità. Si parte da analisi semplici come quelle monodimensionali di tipo lineare equivalente (effettuate, ad esempio, con il codice di calcolo SHAKE e suoi



derivati tipo EERA, NERA, STRATA, etc) fino ad arrivare a codici che implementano approcci più complessi, che consentono al limite di effettuare analisi tridimensionali, modellando l'interazione tra le diverse fasi del terreno ed il complesso comportamento tensio-deformativo dello scheletro solido in campo ciclico e dinamico (non linearità, isteresi, accoppiamento volumetrico-distorsionale, ecc.).

Il programma di calcolo utilizzato nel presente lavoro è STRATA (versione alpha rev.369) elaborato da Albert R. Kottke ed Ellen M. Rathje, dell' University of Texas, Austin, nell'ambito del programma ricerca del Pacific Earthquake Engineering Research (PEER); esso utilizza il metodo di analisi lineare e non sviluppato da Schnabel et al 1972, Idriss e Sun, 1992, utilizzato per la prima volta in SHAKE.

Pagina 15 di 24 Microzonazione PA Toano



3.4.2. Moto di input

Le analisi dinamiche finalizzate alla modellazione sismica consentono l'utilizzo di registrazioni di eventi naturali a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base a:

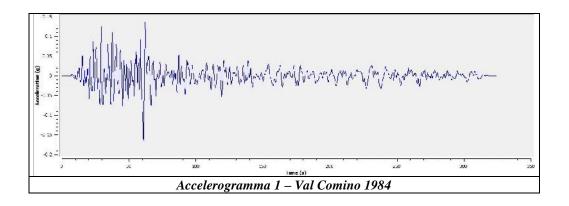
- caratteristiche sismogenetiche della sorgente;
- condizioni del sito di registrazione;
- valore della magnitudo;
- distanza dalla sorgente;
- massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

Gli accelerogrammi naturali, inoltre, devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame.

Per le analisi dinamiche dei "sistemi geotecnici" (terrenofondazione), per le analisi di risposta sismica locale e per l'instabilità del versante, dovranno essere utilizzati non meno di 5 accelerogrammi.

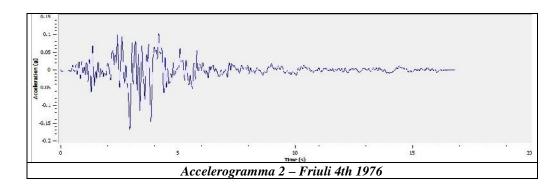
La ricerca degli accelerogrammi di input è stata eseguita con il programma REXEL (computer aided record selection for code-based seismic structural analysis di Iunio Iervolino, Carmine Galasso ed Edoardo Cosenza), imponendo i criteri di ricerca desunti dai dati di pericolosità di base sopra descritti.

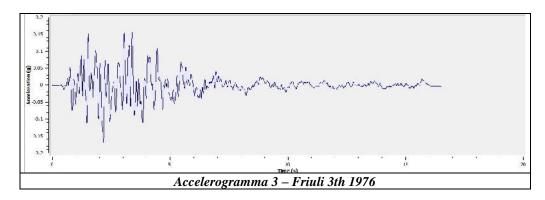
Gli accelerogrammi naturali utilizzati come input, vengono di seguito graficamente riportati:

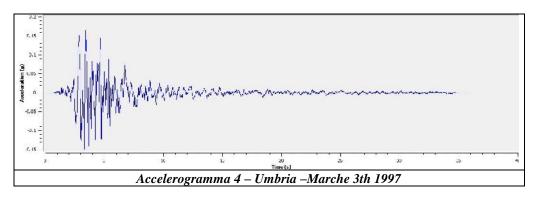


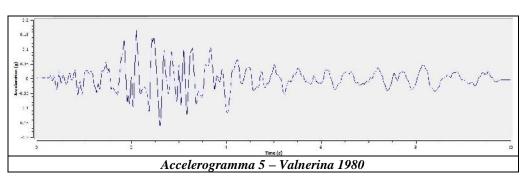
Pagina 16 di 24 Microzonazione PA Toano







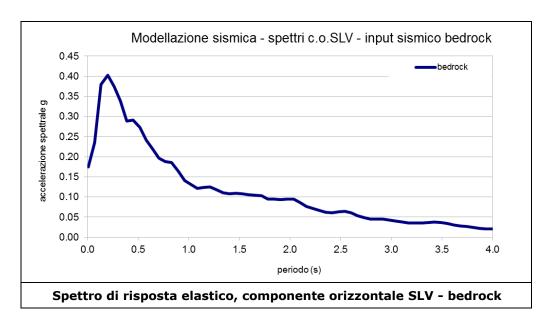




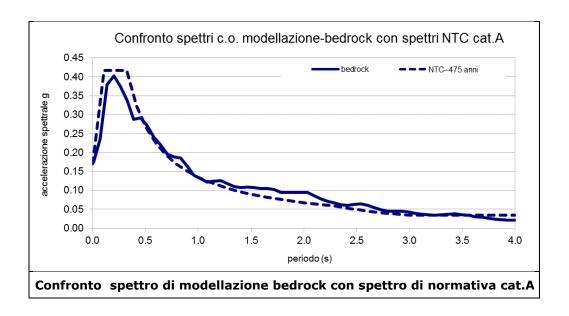
Pagina 17 di 24 Microzonazione PA Toano



Si riportano di seguito gli spettri di risposta elastica, per la componente orizzontale, relativi al bedrock, ottenuti per il tempo di ritorno corrispondente allo SLV (475 anni).



In un primo confronto, utile a valutare la compatibilità degli accelerogrammi di input sismico utilizzati, è stato riportato lo spettro ottenuti dalla modellazione riferito al bedrock in relazione allo spettro di sito di normativa relativo alla categoria A (bedrock).



La elevata compatibilità tra i due spettri testimonia la spettrocompatibilità degli accelerogrammi e quindi spettro di input, scelti per la modellazione, così come prevedono le NTC.

Pagina 18 di 24 Microzonazione PA Toano



3.4.3. Profili sismostratigrafici e curva di decadimento

Le indagini in sito hanno permesso la definizione della stratigrafia dell'area fino alla profondità di almeno 30 metri, caratterizzando i diversi strati di terreno intercettati nel corso delle indagini ed analizzati mediante le prove in sito.

Le indagini di sismica attiva MASW hanno permesso l'individuazione delle velocità sismiche Vs da attribuire ai i diversi strati di terreno.

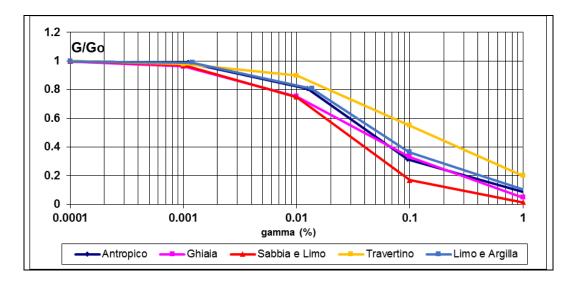
Dal modello geologico descritto è stato ricostruito, in base ai risultati dell'indagini sismiche sopra descritte, una schematizzazione del modello sismico, nel quale sono stati suddivisi i vari strati con le rispettive velocità delle onde di taglio S (Vs).

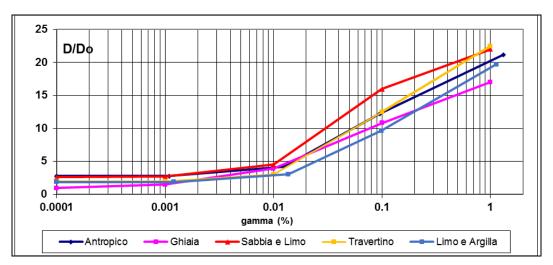
I profili sismostratigrafici utilizzati per la modellazione sono stati quelli già descritti nei paragrafi precedenti; in particolare sono state eseguite due distinte modellazioni, denominate A e B.

Per quanto riguarda le curve di decadimento della rigidezza e le curve di incremento dello smorzamento da associare ai litotipi stratigrafici presenti, sono generalmente selezionate sulla base di relazioni note in letteratura (Seed et al., 1986; Vucetic e Dobry, 1991; Rollins et al., 1998; Naso et al. 2005; Regione Lombardia, 2006); come indicato negli I.C.M.S. del P.C.M.-D.P.C.; in particolare nelle banche dati, viene consigliato l'utilizzo di quelle di Vucetic - P.I. 50 per i terreni argillosi e plastici, quelle di Seed Idriss – Media, per i terreni limosi e sabbiosi e quelle di Rollins et al. 1998 per i terreni sabbiosi.

Nel caso in questione si è ritenuto più corretto utilizzare le curve di decadimento indicate nella microzonazione eseguita dalla Regione Umbria-Comune di Terni nel territorio limitrofo e riportata nella relazione tecnica del lavoro.







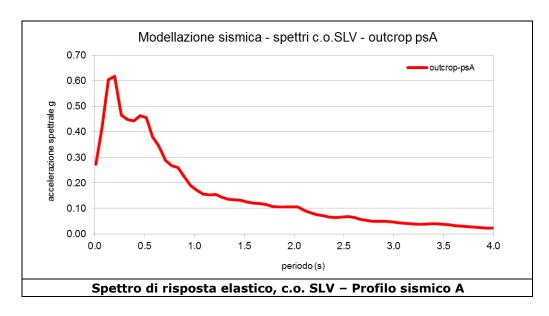
Lo scrivente ha inteso utilizzate le curve di decadimento della studio Regione Umbria-Comune di Terni per ogni litotipo; in particolare è stata utilizzata la curva della "Ghiaia" per gli strati conglomeratici e quella della "Sabbia e limo" per lo strato sabbioso di copertura; ritenute le maggiormente compatibili con la litologia presente.

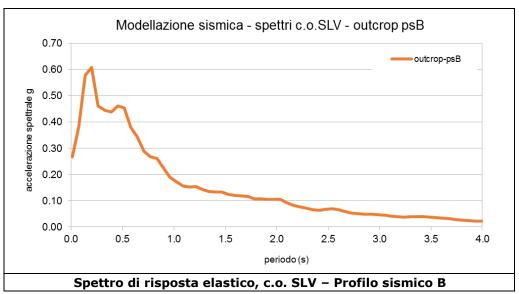
Pagina 20 di 24 Microzonazione PA Toano



3.4.4. Risultati della modellazione

Gli spettri di risposta elastica, per la componente orizzontale, relativi alla superficie (outcrop), ottenuti con la procedura di modellazione, relativi ai tre profili sismici, vengono di seguito riportati in forma grafica per facilitarne la lettura.

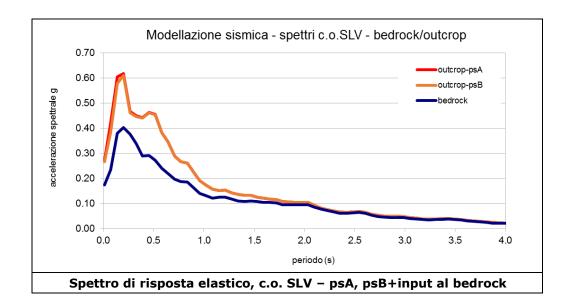




Pagina 21 di 24 Microzonazione PA Toano



Allo scopo di confrontare i risultati dei due profili e l'input sismico al bedrock, si riassumono nel seguente grafico.



Dall'analisi di quanto sopra emerge che gli spettri di risposta di sito (per tutti e due i modelli analizzati) presentano, per vari range di periodo, valori dell'accelerazione superiori a quelli dell'input sismico evidenziando pertanto valori di amplificazioni maggiori di 1.

La valutazione quantitativa dell'effetto medio di amplificazione locale presente al sito è affidata al rapporto tra il valore integrale di output e di input, calcolati su determinati spettri di risposta; tra questi i più usati sono i rapporti degli indici di Housner tra il moto in superficie e quello di riferimento; possono essere considerati come rapporti medi degli spettri in alcuni campi di frequenza.

L'indice di Housner è calcolato mediante l'integrale dello spettro di risposta di pseudo velocità, PSV, nell'intervallo di periodi di interesse Ti-Tf.

$$H_{x} = \int_{T_{i}}^{T_{f}} PSA_{x} \frac{T}{2\pi} \cdot dT$$

$$FA = \frac{H_{output}}{H_{input}}$$

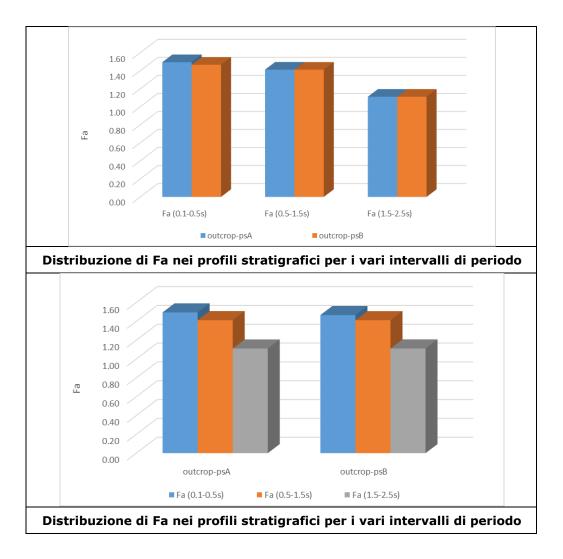
L'intervallo d'integrazione Ti-Tf, nella definizione originaria di Housner vale 0.1-2.5 s, ma è più corretto far riferimento a più valori a seconda delle tipologie di costruzioni previste nel sito in studio ad esempio intervalli di 0.1-0.5s, 0.5-1.5s e 1.5-2.5s, dove l'intervallo



0.1-0.5s viene riferito spesso ad edifici più rigidi come quelli in muratura, 0.5-1.5s o 1.5-2.5s per strutture isolate, etc.

Per il caso in oggetto, la seguente tabella riassume i valori numerici del fattore di Amplificazione per vari intervalli di periodo, riferiti allo stato limite della vita.

Fa	outcrop-psA	outcrop-psB
Fa (0.1-0.5s)	1.49	1.47
Fa (0.5-1.5s)	1.41	1.41
Fa (1.5-2.5s)	1.11	1.11



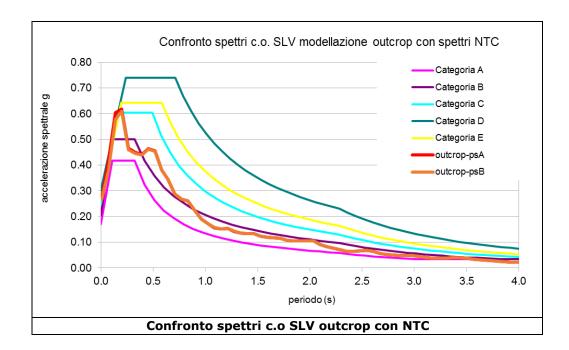
I valori del Fa sono risultati molto simili nei due profili sismostratigrafici analizzati, con valori compresi tra 1.47-1.49, per l'intervallo di periodo 0.1-0.5s, con valore di Fa pari ad 1.41 per l'intervallo 0.5-1.5s e valore Fa di 1.11 per l'intervallo superiore ad

Pagina 23 di 24 Microzonazione PA Toano



1.5s; denotando comunque una media amplificazione locale seppure con la presenza di terreni abbastanza rigidi e coperture soffici di spessore limitato.

Una ultima analisi ha riguardato il confronto degli spettri risultanti dalla modellazione sismica con gli spettri di normativa per il sito in esame, riassunti nel grafico di seguito riportato.

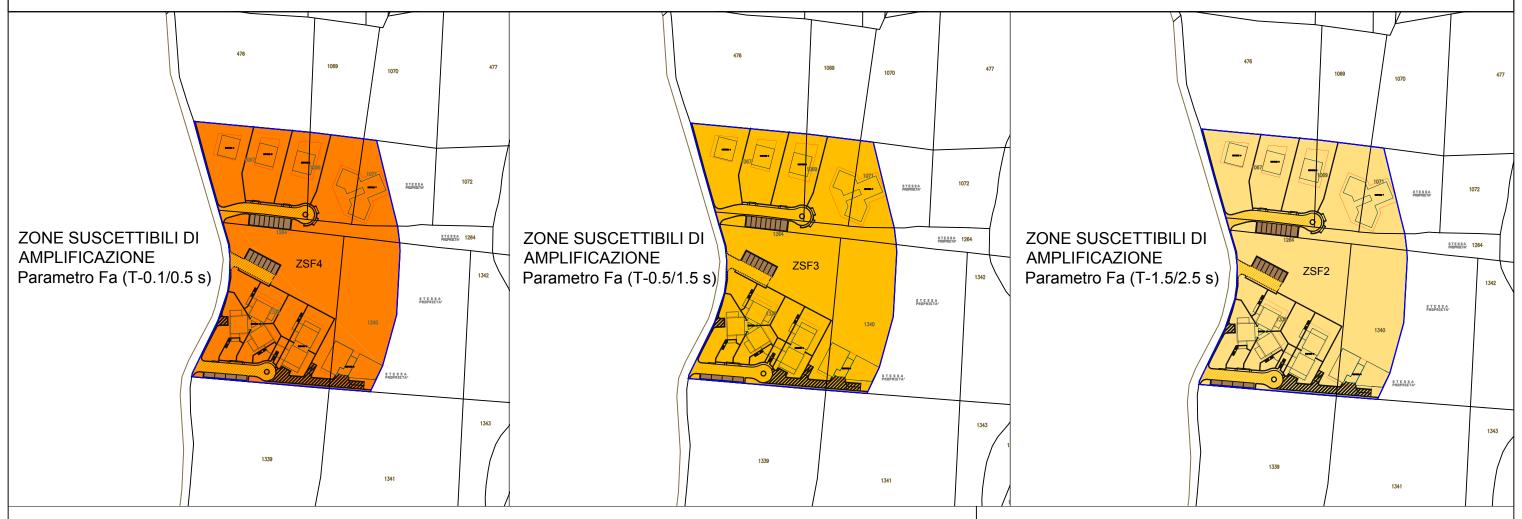


Da un primo confronto emerge che gli spettri di modellazione, valutati per i due modelli sismostratigrafici proposti, che sono sostanzialmente simili, presentano valori dell'accelerazione, compatibili con lo spettro di normativa relativo alla categoria E.

Pagina 24 di 24 Microzonazione PA Toano

Piano Attuativo - Località Toano - Comune di Terni

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE - LIVELLO 3

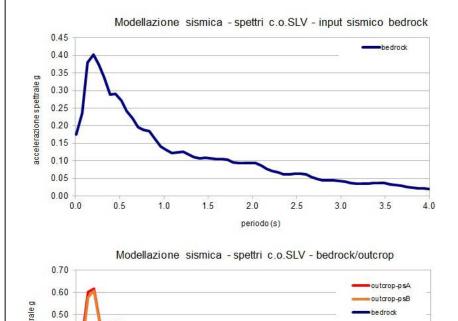


SPETTRI DI RISPOSTA SISMICA - componente orizzontale - Stato Limite Vita (SLV)

3.0

2.5

3.5



0.40

0.30

0.00

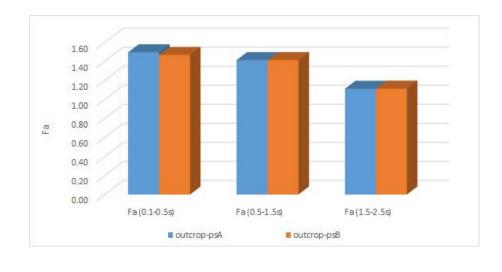
1.0

1.5

2.0

periodo(s)

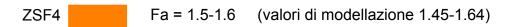
Fattori si amplificazione sismica da modellazione eseguita per i due profili sismostratigrafici (psA e psB), per i vari intervalli di periodo T.



LEGENDA

Zone suscettibili amplificazione sismica locale e relativi valori del parametro di amplificazione Fa





Elaborato 4

Geologi Associati

Dott. F.Sabatini & Dott. T.Uffreduzzi

TERNI 05100 - Via Francesco Rismondo 19

tel. +39074458096 - CF e PI 00637290552

sga@geoss.cu sga@nofessionistipe.ut www.geosss.cu

Studio

scala 1:1000