

**POROVINCIA DI RAVENNA**

**COMUNE DI ALFONSINE**

**"INDAGINE GEOLOGICA A CORREDO DEL PROGETTO DI  
REALIZZAZIONE DI PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DA  
REALIZZARSI IN ALFONSINE VIA RASPONA"**

**RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA**

**AGGIORNAMENTO AL DECRETO DELLA GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA  
ROMAGNA N. 630/19, DGR 476/2021**

**AL D.M. 17.01.2018 (AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE  
COSTRUZIONI»))**

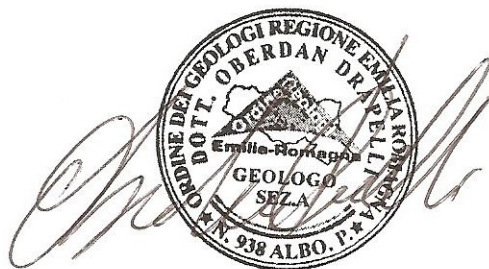
**INTEGRAZIONI**

**COMMITTENTE: CONSORZIO AGRARIO DI RAVENNA SOC COOP A R.L  
VIA MADONNA DI GENOVA 39  
COTIGNOLA**



**REDATTO:**

**DRAPELLI DR. OBERDAN – GEOLOGO –  
N°938 ORDINE REGIONALE DELL'EMILIA ROMAGNA**



REV.	0	EMISSIONE GIUGNO 2021		
	1	REV SETTEMBRE 2021		
	2	REV NOVEMBRE 2021		

**DRAPELLI DR. OBERDAN –GEOLOGO-  
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE  
RAVENNA, VIA CERCHIO, 57  
email oberdandrapelli@gmail.com  
TEL E FAX 0544 202700 CELL. 338 8439633  
C.F. DRP BDN 68T22 H199Z P.IVA 01442260392**

## INTEGRAZIONE

Oggetto: Richiesta di approvazione di Piano Urbanistico Attuativo (PUA) di iniziativa privata con valore di PDC per l'intervento di "Costruzione del Nuovo Consorzio Agrario"  
Convocazione Conferenza di servizi in data del 05-11.

Tale richiesta consiste nell'aggiornamento della relazione alla DGR 476/21; L'aggiornamento riguarda la selezione di nuovi segnali (accelerogrammi) di riferimento per le analisi di risposta sismica locale negli studi di terzo livello. Rispetto ai precedenti indirizzi, approvati con DGR 630/2019, la differenza consiste quindi nella sostituzione dell'Allegato A4.

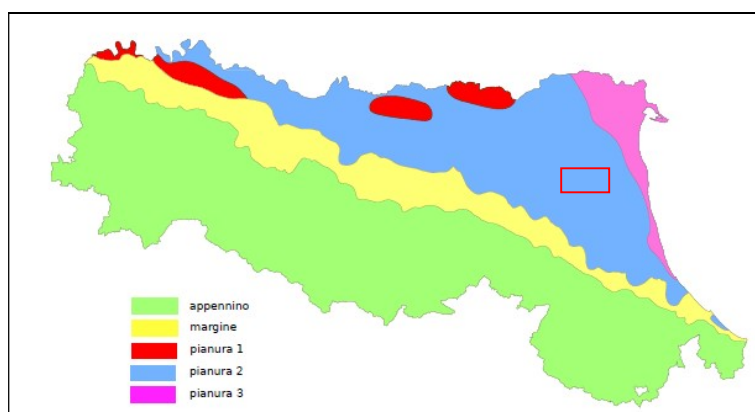
## ELEMENTI di MICROZONAZIONE SISMICA

**Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica** (DGR n.630/2019 modificati dal DGR 476/2021)

**F.A. P.G.A.:** rapporto tra massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ .

**F.A. S.I.:** Intensità spettrale di Housner, indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudo velocità relative ai tre intervalli

**PIANURA 2:** settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.; Considerando una  $V_s$  30 di inferiore 200 m/sec (come indicato dalla relazione geofisica allegata) si sono ottenuti i seguenti Fattori di Amplificazione:



I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $TR=475$  anni, con smorzamento  $\zeta=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)

- intensità spettrale

$$SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$$

dove  $A$  è lo spettro di risposta in accelerazione,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento<sup>2</sup>; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SA1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SA2</b>	0,4 s	0,8 s
<b>SA3</b>	0,7 s	1,1 s
<b>SA4*</b>	0,5 s	1,5 s

- intensità spettrale

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$$

dove  $V$  è lo spettro di risposta in velocità,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SI1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SI2</b>	0,5 s	1,0 s
<b>SI3*</b>	0,5 s	1,5 s

\*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.  
N.B.: nei casi di diminuzione dei fattori di amplificazione per bassi valori di  $V_sH$  o  $V_s30$ , causata da un significativo comportamento non lineare dei suoli, i valori riportati nelle tabelle sono mantenuti ancorati ai valori di amplificazione massima.

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

## VERIFICA MONODIMENSIONALE AMPLIFICAZIONE LOCALE

Il modello geologico di sottosuolo e gli esiti litologici e meccanici ottenuti dalle prove geognostiche e geofisiche, consentono l'elaborazione di una modellazione numerica di risposta sismica. Si è applicato STRATA, un programma realizzato per calcolare la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno variabili in funzione del livello deformativo. Nello specifico si è applicato un metodo di analisi definito lineare elastico, ritenuto sufficientemente adeguato per gli scopi del presente elaborato, dove le proprietà elastiche e lo smorzamento sono mantenuti costanti. La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di STRATA si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

## ELABORAZIONE DEL MODELLO SISMICO

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs). In questo senso la stratigrafia fino a 20 metri di profondità e la stima della velocità media di propagazione delle onde di taglio è estrapolata attraverso la rielaborazione congiunta dei risultati delle prove HVSR, delle prove penetrometriche CPTU e dall'analisi del modello geologico profondo. Il bedrock sismico è impostato alla profondità di circa -260 m dal p.c., in corrispondenza del tetto dell'intervallo alluvionale denominato "Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore" (AEI) del Pleistocene medio, caratterizzato da potenti intercalazioni sabbiose alluvionali. La potenza complessiva di questa unità stratigrafica è valutata di oltre 200 metri, così come estrapolabile dalle sezioni geologiche della B/D geognostica della Regione Emilia-Romagna

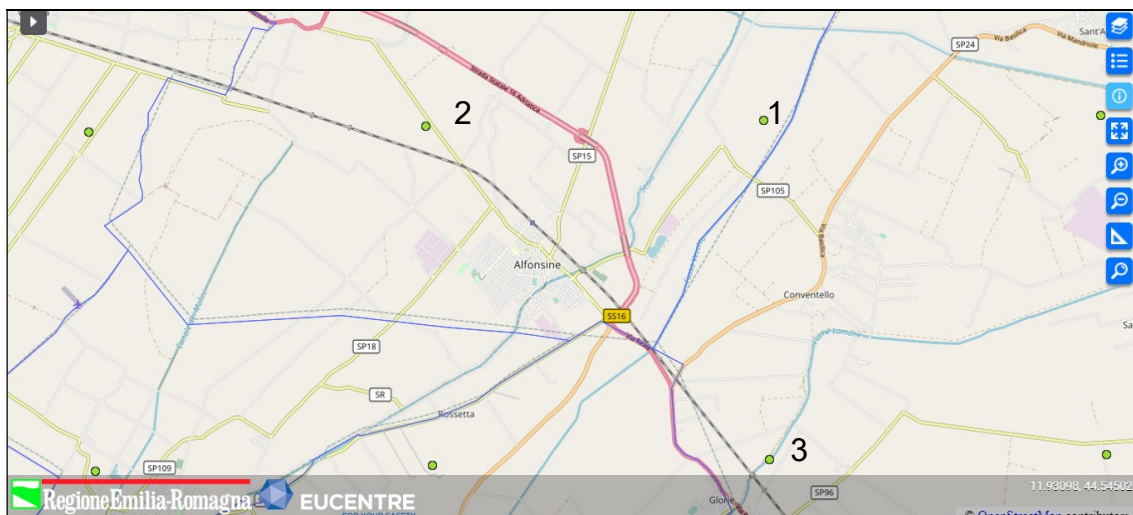
Di seguito sono stati inseriti degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale.

### COME INDICATO NELL'ALLEGATO 4:

#### SEGNALI DI RIFERIMENTO PER LA STIMA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE NEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Gli accelerogrammi di riferimento per il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello di approfondimento sono disponibili nella piattaforma WebGIS: <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da EUCENTRE. Dalla piattaforma è possibile scaricare l'input sismico selezionato per ciascun nodo del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia-Romagna considerato dalle NTC08 (D.M. 14.01.2008) e NTC18 (D.M. 17.01.2018). L'input sismico è disponibile per i periodi di ritorno di 101, 475 e 975 anni ed è espresso in termini di un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC08. Nella sezione dedicata agli indirizzi per la microzonazione sismica del sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale, <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/indirizzi->

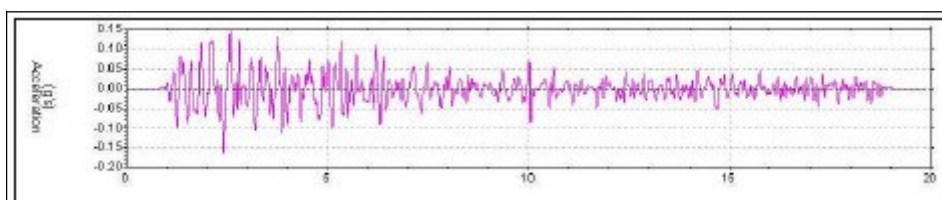
per studi di microzonazione sismica, è disponibile un documento che illustra la procedura utilizzata per la definizione degli accelerogrammi e come scaricare gli accelerogrammi dalla piattaforma WebGIS



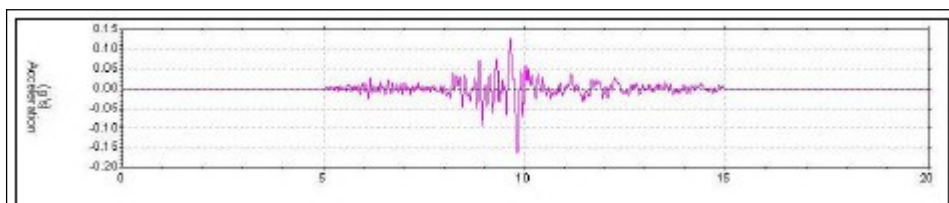
## UBICAZIONE ACCELEROGRAMMI

Accelerogramma RER -

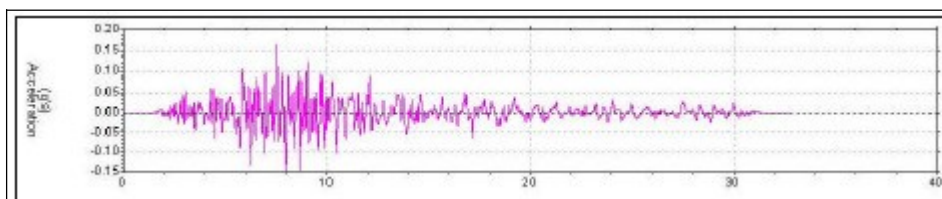
1



2

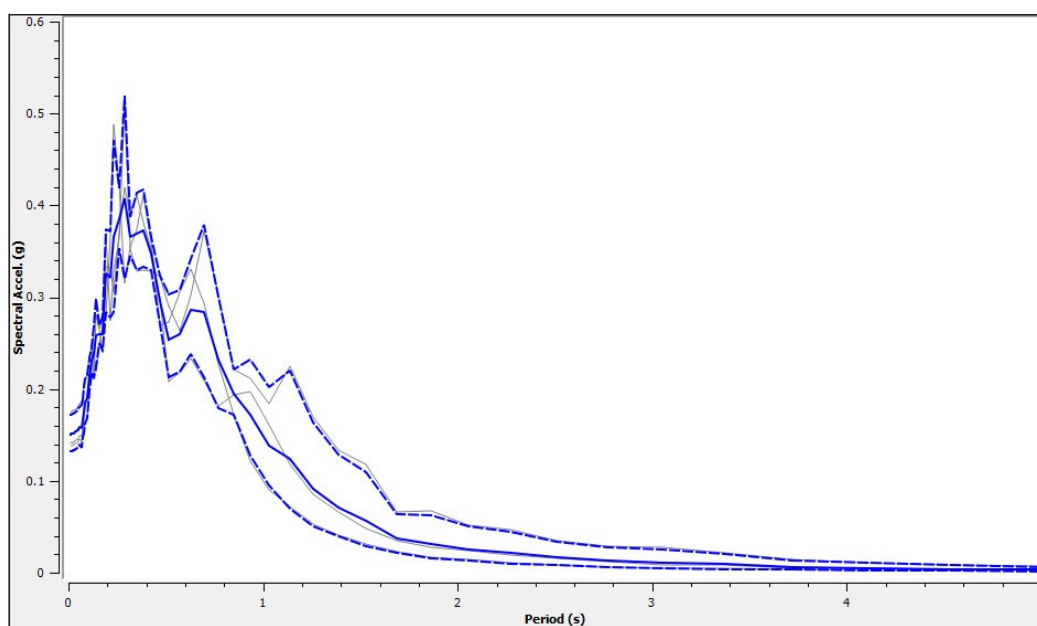


3



## ELABORAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE

Attraverso l'elaborazione tramite il software STRATA è stato possibile valutare la risposta sismica del sito. Nel seguente diagramma è riportato lo spettro di risposta in accelerazione; le linee grigie rappresentano i segnali degli input sismici di riferimento, la linea continua blu rappresenta la mediana, mentre le linee tratteggiate blu indicano i valori mediana  $\pm$  log deviazione standard.

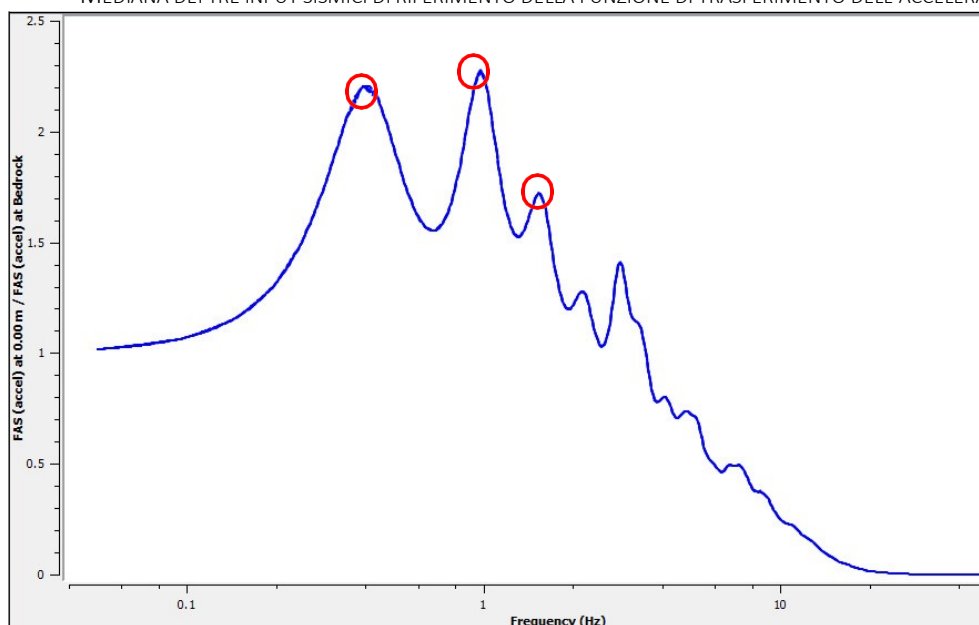


SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE CON ASSI IN SCALA LINEARE

La figura successiva riporta invece l'andamento delle amplificazioni locali in funzione delle frequenze del moto di vibrazione dell'impulso sismico, del fattore di smorzamento  $D$ , del rapporto tra le impedenze sismiche dei sismostrati. La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico può essere amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali  $f_n$  di vibrazione del deposito. In questo senso, molto importante risulta la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale, in corrispondenza della quale la funzione di amplificazione assume un valore massimo. Dalle funzioni di amplificazione ricavate dalle elaborazioni risulta che la frequenza fondamentale assume un valore locale di 0,98 Hz con amplificazione 2,27; sono state individuate anche due frequenze secondarie pari a 0,40 e 1,54 Hz con amplificazione, rispettivamente 2,20 e 1,71. È infatti noto come le strutture siano caratterizzate da differenti modi di vibrazione, in

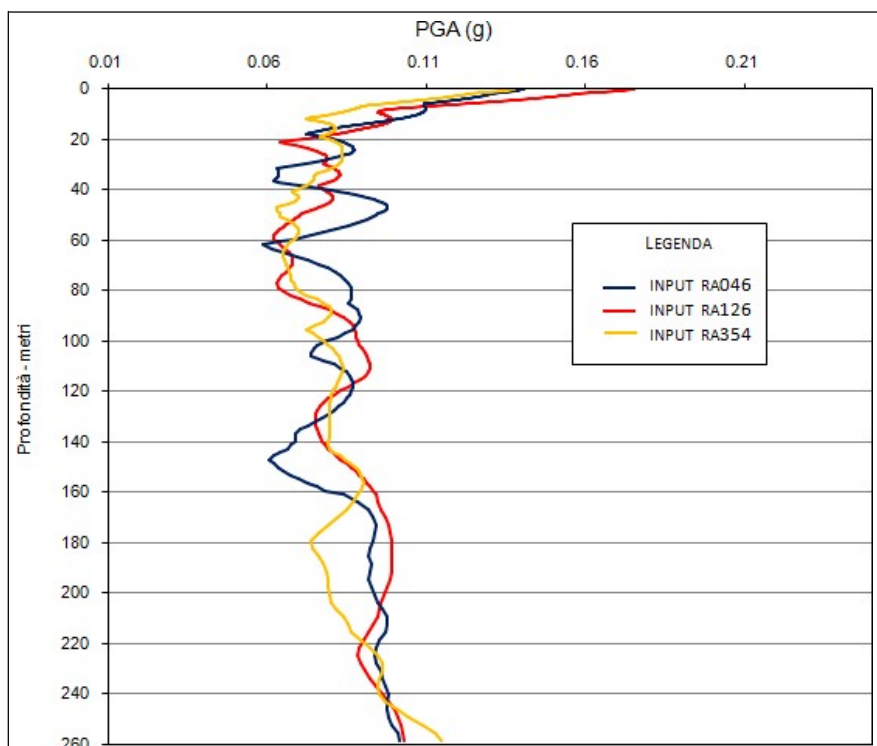
funzione di molti parametri tra cui l'elevazione, la tipologia, il materiale costruttivo, etc. Dal punto di vista analitico, la vibrazione di un edificio è governata soprattutto dalla sua altezza ed esiste una relazione empirica che lega la frequenza di vibrazione di un edificio e la sua altezza ( $f = 10/n$  piani). La coincidenza tra frequenze di risonanza naturale del terreno e frequenze di vibrazione delle strutture può dunque causare pericolose amplificazioni nel caso di impulsi ciclici dovuti ad un evento sismico (effetto di "doppia risonanza"); la modellazione numerica evidenzia la possibilità di picchi di amplificazione significativi solo a frequenze di poco superiori a circa 1 Hz. In generale, ciò può indurre effetti di "doppia risonanza" in edifici con più di 7-8 piani.

MEDIANA DEI TRE INPUT SISMICI DI RIFERIMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DELL'ACCELERAZIONE



La modellazione consente, inoltre, la valutazione dell'amplificazione locale intesa come PGA/PGA0, ossia come rapporto dell' $Ag_{max}$  al suolo (calcolata con STRATA) rispetto all' $Ag$  di riferimento del terremoto (per Alfonsine = 0,161g).





ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DI PICCO PER I TRE INPUT SISMICI DI RIFERIMENTO IN FUNZIONE DELLA PROFONDITA'

Dai risultati, in cui è riportato l'andamento con la profondità del fattore di amplificazione, si evidenzia che il rapporto  $PGA/PGA_0$  considerando l'input 126 (il più cautelativo al suolo) risulta pari a  $FA = 1,25$ , dunque inferiore al fattore di amplificazione semplificato locale estrapolabile dalla delibera RER ( $FA = 1,80$ ). In altre parole la modellazione di risposta consente di elaborare il profilo equivalente della variazione della  $a_g$  di picco dal tetto del pseudobedrock sismico fino alla superficie

Pertanto dopo l'elaborazione della risposta sismica le accelerazioni risultano essere:

$$a_{max} = a_g * ss = 0.16 * 1.25 = 0.20$$

Con questo valore di amplificazione si è poi stimato il valore dell'indice di potenziale liquefazione.

RESTANO VALIE LE CONSIDERAZIONI E I CALCOLI SIA SUL PERICOLO DI LIQUEFAZIONE SIA SUGLI EFFETTI LOCALI DEI CEDIMENTI POST SISMICI EFFETTUATI NELLA RELAZIONI PRECEDENTI.

RAVENNA NOVEMBRE 2021

REDATTO:

DOTT. GEOLOGO OBERDAN DRAPELLI

